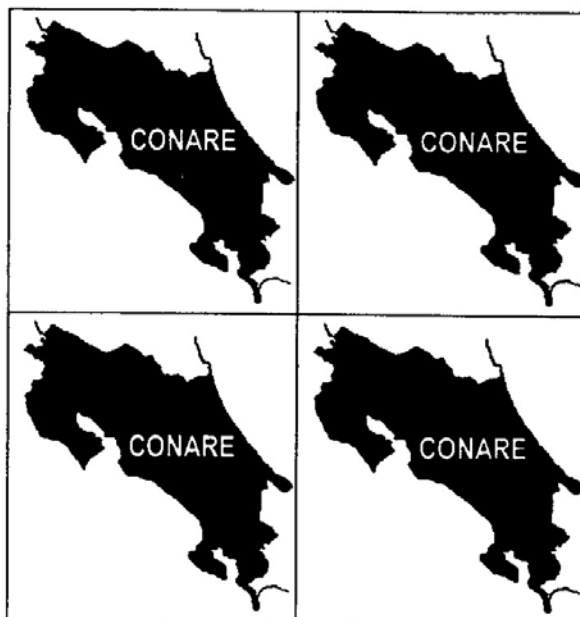


CONSEJO NACIONAL DE RECTORES OFICINA DE PLANIFICACION DE LA EDUCACION SUPERIOR



*Dictamen sobre la propuesta de creación de la Maestría en
Física Médica de la Universidad Nacional*

OPES-1/2009 Consejo Nacional de Rectores, Oficina de Planificación de la Educación Superior
Dictamen sobre la propuesta de creación de la Maestría en Física Médica de
la Universidad Nacional / Ofic. Académica. – San José CR. : La Oficina 2009.
63 h. ; 28 cm.

1. FISICA MÉDICA. 2. PLAN DE ESTUDIOS. 3. PROGRAMA DE LOS CURSOS.
2. DEMANDA SOCIAL. 3. FINANCIAMIENTO DEL POSGRADO. 4. CREDITOS DE
LA MAESTRIA. 5. GRADO ACADEMICO. I. Cox Alvarado, Alexander. II. Título.

Presentación

El estudio que se presenta en este documento, (OPES-1/2009) se refiere al dictamen sobre la propuesta de creación de la Maestría en Física Médica de la Universidad Nacional.

El dictamen fue realizado por el M. Sc. Alexander Cox Alvarado, Investigador IV de la División Académica de la Oficina de Planificación de la Educación Superior (OPES). La revisión del documento estuvo a cargo del M. Ed. Fabio Hernández Díaz, Jefe de la División citada.

El presente dictamen fue aprobado por el Consejo Nacional de Rectores en la sesión 02-2009, artículo 6, inciso c, celebrada el 10 de febrero de 2009.

José Andrés Masís Bermúdez
Director OPES

**DICTAMEN SOBRE LA PROPUESTA DE CREACIÓN DE LA MAESTRÍA EN
FÍSICA MÉDICA DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL**

Índice

	Página
1. Introducción	1
2. Demanda social	2
3. Desarrollo académico y de la investigación en el campo de la Física Médica	5
4. Las características académicas del futuro posgrado	6
5. Los académicos que laborarán en el posgrado	12
6. Autorización de la unidad académica para impartir posgrados	13
7. Los recursos físicos y administrativos con que contará el posgrado para su funcionamiento.	13
8. Conclusiones	15
9. Recomendaciones	15
Anexo A: Plan de estudios	17
Anexo B: Programas de los cursos	20
Anexo C: Encargados de la Cátedra de los cursos	54
Anexo D: Encargados de la Cátedra y sus grados académicos	56

1. Introducción

La solicitud para impartir la *Maestría en Física Médica* en la Universidad Nacional (UNA) fue solicitada al Consejo Nacional de Rectores por el señor Rector de la UNA, Dr. Olman Segura Bonilla, en nota R-2973-2008, con el objeto de iniciar los procedimientos establecidos en el *Fluxograma para la creación de nuevas carreras o la modificación de carreras ya existentes*¹. El CONARE, en la sesión 39-2008, del 25 de noviembre de 2008, acordó que la Oficina de Planificación de la Educación Superior (OPES) realizara el estudio correspondiente.

La unidad académica base de la Maestría será el Departamento de Física de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. La *Maestría en Física Médica* será de modalidad profesional.

La Maestría se impartirá con el énfasis en *Radioterapia*. En el Departamento de Física se piensa abrir en un futuro cercano los énfasis de *Medicina Nuclear* y *Radiodiagnóstico*. La diferencia en los tres énfasis consistirá en el servicio donde los estudiantes realicen la residencia hospitalaria.

Cuando se proponen posgrados nuevos se utiliza lo establecido en el documento *Metodología de acreditación de programas de posgrado: Especialidad Profesional, Maestría y Doctorado*². En esta metodología se toman en cuenta siete grandes temas, que serán la base del estudio que realice la OPES para autorizar los programas de posgrado que se propongan. Estos son los siguientes:

- La demanda social para el posgrado que se propone.
- El desarrollo académico del área de estudios en que se enmarca el posgrado.
- El desarrollo de la investigación en el campo de estudios del posgrado.

- Las características académicas del futuro posgrado.
- Los académicos que laborarán en el posgrado.
- Los recursos personales, físicos y administrativos con que contará el posgrado para su funcionamiento.
- El financiamiento del posgrado.

A continuación se analizarán cada uno de estos aspectos.

2. Demanda social

Sobre la demanda social, la Universidad Nacional envió el siguiente resumen:

“Al cabo de un detallado análisis y contactos con diversos segmentos de la sociedad, se ha identificado un área de la física aplicada donde existe un notorio déficit de profesionales: la utilización de avances científicos y tecnológicos en el campo de la medicina, particularmente en el empleo de las radiaciones en el campo de la oncología, el radiodiagnóstico y la medicina nuclear, enmarcadas en el área de la Física Médica.

Una vez identificada el área de interés, el Consejo Académico del Departamento de Física nombró una comisión encargada de analizar más profundamente la actividad de la física médica en Costa Rica y las características que debe reunir el profesional requerido en este campo. El plan de estudios presentado a continuación es el resultado de sendas discusiones con los equipos de radioterapia del Hospital México y el Hospital San Juan de Dios, la Gerencia de la Caja Costarricense del Seguro Social (CCSS), el Centro de Desarrollo Estratégico e Información en Salud y Seguridad Social (CENDEISS) y el análisis de las recomendaciones del Organismo Internacional de Energía Atómica y de la OMS.

Pertinencia de la propuesta

El impacto social y cultural de la ciencia y la tecnología y el surgimiento de las llamadas tecnologías de la información durante la segunda mitad del siglo XX enmarcan la mundialización de todas las áreas del quehacer humano. En este contexto con frecuencia se ha puesto en evidencia, en el campo científico tecnológico, la escasa pertinencia del proceso educativo con las necesidades de la sociedad. Las sociedades enfrentan una crisis educacional provocada, en parte, por la distancia entre los avances en ciencia y tecnología y la lentitud de respuesta y adaptación a la innovación y al cambio por parte de las estructuras educacionales. El diagnóstico es particularmente cierto en Costa Rica, donde es notoria

la escasez de profesionales en las nuevas áreas ligadas a las ciencias físicas aplicadas.

El Departamento de Física de la UNA amplía la oferta académica de la educación superior pública formulando una carrera de Física Aplicada para formar profesionales capaces de sustentar las necesidades de desarrollo del país que promoverá una relación mutuamente benéfica entre la academia y la sociedad. En una primera etapa este plan de estudios ha sido formulado para solventar la notoria carencia de profesionales en una de las áreas de la física aplicada con mayor desarrollo e impacto social: la Física Médica. En estos tiempos en que se fomenta el tratamiento del conocimiento como un simple valor sujeto a las leyes del mercado y su privatización (Barnett, 1994), es oportuno que la educación pública costarricense atienda la formación de profesionales en este campo.

Tendencias mundiales

El aumento de la incidencia del cáncer y la creciente necesidad de personal calificado y equipo de radioterapia y radiodiagnóstico han sido identificados por el Organismo Internacional de Energía Atómica como las limitantes más serias, tanto en países industrializados como en desarrollo, del tratamiento efectivo y la detección temprana de la enfermedad. El OIEA, en 2002, previó un aumento de 5 millones de pacientes por año que requerirán tratamiento de radioterapia, en parte como una consecuencia del aumento en la expectativa de vida a nivel mundial. El dramático incremento en el número de casos de cáncer ya está poniendo a prueba los limitados recursos de los países en desarrollo, donde unos 5000 equipos de tratamiento adicionales son necesarios para cubrir las necesidades actuales. Según la Organización Mundial de la Salud, 84 millones de personas morirán de cáncer en los próximos 10 años si no se toman medidas.

Picado Mata y otros señalan que las necesidades mínimas de aplicación de radioterapia en cualquier país deberían cubrir el 50 % de los nuevos casos de cáncer, añadiendo un 15% que representa la persistencia de pacientes que pasan de un año a otro, y que la experiencia mundial indica que la ubicación centralizada de servicios y financiamiento con una perspectiva nacional funciona y es costo-efectiva.

Para atender el problema, el OIEA señala que no es suficiente la instalación de nuevos equipos de radioterapia o de diagnóstico. Es indispensable contar con personal suficientemente entrenado y capacitado en dosimetría, monitoreo, control de calidad y regulación, como partes integrales de cualquier tratamiento médico que utilice radiación ionizante. El cuadro siguiente describe las necesidades mínimas de personal en radioterapia recomendadas por la OMS, OPS y el OIEA.

**Requerimientos mínimos de personal para radioterapia
OMS-OPS-Comisión Energía Atómica⁹**

PERFIL DEL PUESTO	NÚMERO NECESARIO
Jefe Oncología-Radioterapia	1 por centro
Radioterapeuta-oncólogo	1 por 200-250 pacientes tratados/año
Físico en radiación	1 por 400 pacientes tratados/año
Grupo planificador del tratamiento	
Dosimetrista	1 por 300 pacientes tratados/año
Técnico en moldes	1 por 600 pacientes tratados/año
Técnicos en radioterapia	
Supervisor	1 por centro
Técnicos tratamiento	2 por equipo megavoltaje (25 ptes/día/equipo)
Técnicos simulación	2 por 500 pacientes simulados/año
Técnicos braquiterapia	Según necesidades
Asistente técnico de tratamiento	1 por 300-400 pacientes tratados/año
Enfermeras	1 por 300 pacientes tratados/año
Ingeniero de mantenimiento	1 por cada 2 equipos megavoltaje
Personal de apoyo Trabajador social, nutricionista, terapeuta físico	Según necesidades

Situación Nacional

El cáncer es la segunda causa de mortalidad en Costa Rica, con una tasa que varía entre 7.9 y 8.5 casos por cada 10000 habitantes, antecedida sólo por enfermedades del sistema circulatorio. Cada año se registran 8000 casos nuevos de cáncer y se espera que las cifras aumenten con el aumento de la expectativa de vida en los próximos años.

**Proyección Incidencia Cáncer en Costa Rica
Años 1995 a 2010**

Año	Hombres	Mujeres	Total
1995	2568	2935	5503
1996	2738	3212	5950
1997	2801	3340	6141
1998	3059	3683	6742
1999	3327	3792	7119
2000	3150	3888	7038
2001	3259	4075	7334
2002	3372	4270	7642
2003	3489	4475	7964
2004	3610	4690	8299
2005	3735	4915	8649
2006	3864	5150	9014
2007	3998	5398	9395
2008	4136	5657	9793
2009	4279	5928	10207
2010	4428	6212	10640

Fuente: Dirección Actuarial y de Planificación Económica de la CCSS

Según estudios de la CCSS, la radioterapia es el campo de la física médica que requiere atención con mayor urgencia. El número de pacientes que requieren tratamiento de radioterapia que no pueden ser atendidos por la CCSS pasará, en las

condiciones actuales, de 1384 en el 2005 a 1702 en el 2010. Costa Rica cuenta con servicios de radioterapia en dos centros de salud públicos y en algunos privados. Los dos hospitales estatales equipados son el Hospital San Juan de Dios y el Hospital México. En ambas instituciones es notoria la falta de personal nacional capacitado, situación que llevó a un lamentable accidente de sobreirradiación en el año 1996 en el Hospital San Juan de Dios. Varias personas murieron como consecuencia del accidente y Costa Rica pasó a formar parte de la lista de países donde han ocurrido accidentes graves con radiaciones ionizantes (OIEA 1998).

A pesar de que han transcurrido más de diez años desde el accidente del Hospital San Juan de Dios, y aunque en 1998 se publicó el Decreto Ejecutivo N° 27-166-S que declara inopia de Profesionales y Técnicos en Radioterapia, las instituciones públicas de educación superior no han reaccionado para resolver la situación. Desde hace varios años la necesidad de profesionales en el área ha sido suplida por medio de la contratación de personal extranjero, principalmente de Cuba y más recientemente de Perú, que reside temporalmente en Costa Rica. A pesar de los esfuerzos realizados, la oferta de la CCSS aún no logra satisfacer los requerimientos de equipo y personal para radioterapia: el 27% de los tratamientos de radioterapia entre 1999 y 2003 fue administrado por servicios privados con un costo total de \$ 1 824 054 (costo unitario de \$ 2478) para la CCSS.”³

3. Desarrollo académico y de la investigación en el campo de la Física Médica

La Universidad Nacional envió el siguiente resumen sobre el desarrollo académico y de la investigación en el campo de la Física:

“Lejos de elaborar una propuesta basada exclusivamente en las experiencias exitosas de sus académicos y en el desarrollo endógeno de sus actividades actuales, el Departamento de Física ha enfocado la formulación de este plan de estudios para dar respuesta a necesidades educativas de Costa Rica y la región centroamericana claramente identificadas.

El Departamento de Física tiene más de 30 años de experiencia en actividades académicas de docencia, extensión e investigación. Ha impartido cursos de servicio para estudiantes de Biología, Enseñanza de la Matemática y Enseñanza de las Ciencias, Estudios Generales, Geografía, Informática, Topografía, Medicina Veterinaria, Ciencias Agrarias y Química Industrial, así como talleres de capacitación y difusión a nivel nacional y centroamericano en varias áreas de la física aplicada.

La investigación y la extensión en física aplicada ha sido el ámbito donde los físicos de la UNA han acumulado experiencia. Se han desarrollado cuatro áreas en las que los investigadores publican rutinariamente y son líderes en el ámbito nacional, obteniendo varios reconocimientos locales e internacionales: Ciencia de Materiales, Educación y Enseñanza de la Física, Energía Solar y Oceanografía. Cabe destacar los premios recibidos por los investigadores del Departamento de

Física a nivel nacional e internacional por su contribución en el campo de la energía solar, así como resaltar los aportes en el área de la oceanografía física proporcionando información en tiempo real a las comunidades pesqueras de las zonas costeras y a la población en general. Debe resaltarse también las importantes contribuciones realizadas en el área de las ciencias de materiales, nanociencias y la aplicación de las radiaciones ionizantes a la salud, la industria y el medio ambiente.

En los últimos años el Departamento de Física ha incorporado una nueva generación de jóvenes físicos que, junto a los investigadores más experimentados, han conformado un grupo dinámico capaz de impulsar nuevas líneas de desarrollo académico. La efectividad mostrada por el Departamento de Física de la UNA en el campo de la física aplicada lo califica como un grupo profesional idóneo para conducir esta iniciativa en el país.”

4. Las características académicas del futuro posgrado

4.1 Objetivos de la Maestría

Objetivos generales

- Formar profesionales proactivos y con sólida formación académica, en física médica a nivel de maestría, para solventar el déficit existente en radioterapia, radiodiagnóstico y medicina nuclear a nivel nacional y regional.
- Fomentar la investigación de punta en el tema del cáncer por medio de modelos biofísicos y biomatemáticos.
- Mejorar la calidad de los servicios de Radioterapia y eventualmente, cuando se aprueben los énfasis respectivos, de Medicina Nuclear y Radiodiagnóstico.
- Promover la investigación en la Física Médica.
- Solventar el déficit de profesionales en Física Médica en Costa Rica.
- Establecer redes de cooperación entre instituciones académicas y de salud.

4.2 Perfil profesional

Según la Universidad Nacional el graduado de la Maestría tendrá los siguientes saberes conceptual, procedimental y actitudinal:

Saber conceptual:

El estudiante manejará los siguientes conceptos propios de la disciplina de la Física Médica:

- Física de las radiaciones: Física de la radiación ionizante, Física de la radiación no ionizante, Ultrasonido, Radiación electromagnética, Resonancia magnética.
- Dosimetría de radiaciones: Cantidades dosimétricas, Detección y medida de la radiación.
- Radiobiología: Efectos de la radiación a nivel biológico, Biología humana, Radiosensibilidad factores que la afectan y recuperación. Efectos genéticos de la radiación ionizante. Oncogénesis. La ley de Bergonié y Tribondeau. Radiobiología molecular y celular. Mutaciones producidas por la radiación. Radiólisis del agua. Efectos directos e indirectos. Teoría de la curva de supervivencia. Las relaciones dosis-respuesta de la radiación. Los conceptos de LET, RBE, OER Efectos diferidos, Biología del cáncer.
- Biomedicina: Bioquímica y Biología. Anatomía. Fisiología.
- Aplicaciones clínicas de la Radioterapia, del Radiodiagnóstico y la Medicina Nuclear: teleterapia, braquiterapia, equipos de teleterapia, adquisición de datos, descriptores de los haces terapéuticos, perfiles, campos, calibración de haces. Producción de Rx, colimación, radiografía digital y TAC. La gamma cámara, detección de radio-fármacos, Estudios de SPECT y PET.
- Protección Radiológica: introducción a la protección radiológica, caracterización de las fuentes de radiación, filosofía de la protección radiológica, protección contra la radiación externa e interna, riesgos de la radiación no ionizante, requisitos de seguridad en radiodiagnóstico, radioterapia y medicina nuclear. organización requisito y diseño de instalaciones.
- Instrumentación: características generales de los detectores, señales en física nuclear y su transmisión, electrónica para el procesado de señales, selección de pulsos y técnicas de coincidencia, detectores de centelleo, fotomultiplicadores, detectores de ionización en gases.

- Física de las Imágenes Médicas: el diagnóstico radiológico por radiaciones ionizantes. el cuarto de revelado en el departamento de radiodiagnóstico, unidades de rayos X con fluoroscopia y cine-fluorografía, unidades de rayos x para mamografía, tomografía axial computarizada, imágenes médicas en medicina nuclear, el diagnóstico radiológico por radiaciones no ionizantes.
- Radioterapia: dosimetría clínica de la teleterapia, dosimetría clínica de la braquiterapia, técnicas de planificación digitalizada.
- Radiodiagnóstico: procesamiento de imágenes médicas, dosimetría clínica en radiodiagnóstico, control de calidad en radiodiagnóstico.
- Medicina nuclear: instrumentación en medicina nuclear, procesamiento de imágenes en medicina nuclear, tomografía por emisión de fotones (SPECT), dosimetría clínica en medicina nuclear.
- Electrónica y Señales: Electrónica analógica, Electrónica digital, Señales y sistemas de comunicación en medicina.
- Planificación y Evaluación de casos Clínicos: transferencia de datos desde el TAC, definición de conceptos importantes, introducción a correcciones aplicadas por los sistemas de planificación (isodosis, método TAR, método BATHO), combinación de haces, sistemas de software y algoritmos de cálculo. Commissioning.
- Procedimientos y Técnicas especiales en Radioterapia: irradiación estereotáctica, escáneres en tomografía y emisión positrónica.
- Modelos Biomédicos y biología matemática: introducción a modelos dinámicos, modelos en medicina, control en sistemas biológicos y medicina, modelos teóricos, implementación de modelos.
- La Energía Solar y la Salud: cantidad y calidad de la radiación solar, instrumentación en energía solar, radiación solar total en diferentes lugares de costa rica. radiación ultravioleta en costa rica, absorción reflexión y transmisión, de la radiación solar en diferentes materiales especial énfasis se le dará el tejido humano. efectos de la radiación solar.

Adicionalmente, el graduado:

- Conoce el espacio laboral en que se desarrolla el profesional en Física Médica desde la perspectiva del desarrollo de su énfasis en Costa Rica.
- Conoce acerca de la perspectiva ética, social y humana del profesional en Medicina en Costa Rica.
- Conoce las técnicas básicas para lograr una comunicación verbal y escrita efectiva en su disciplina.
- Tiene buen dominio del idioma inglés en lectura, escritura, audición y expresión oral.

Saber Procedimental:

El graduado de la Maestría en Física Médica:

- Identifica un problema y formula estrategias para su solución.
- Interpreta información nueva
- Realiza valoraciones sensatas ante situaciones imprevistas o inusuales
- Transmite opiniones científicas de forma clara y precisa.
- Detecta errores y toma medidas correctivas en su campo de acción.
- Sabe procesar información no sólo para lograr un diagnóstico sino para anticipar y prever situaciones.
- Promueve el desarrollo de proyectos que integren distintas áreas del conocimiento.
- Aplica modelos matemáticos para la resolución de problemas de diagnóstico y radioterapia.
- Utiliza diferentes técnicas de comunicación para expresarse en forma efectiva.
- Utiliza datos y algoritmos adecuados para emitir el más eficiente diagnóstico.
- Identifica y gestiona los recursos básicos de las unidades de radioterapia, radiodiagnóstico y medicina nuclear de hospitales y clínicas.
- Identifica y mantiene los principales componentes y periféricos de los equipos.
- Utiliza tecnología avanzada de informática y telecomunicaciones.

Actitud y compromiso profesional

El graduado de la Maestría en Física Médica:

- Tiene conciencia y compromiso de su identidad profesional.
- Participa activamente en la reflexión crítica sobre su campo de trabajo y en la toma de decisiones.
- Utiliza la física como herramienta para la transmisión de conocimiento y generación de nuevo conocimiento en el ámbito de la medicina.
- Demuestra iniciativa para incorporar nueva tecnología en las organizaciones de salud.
- Actúa consecuentemente con los principios de respeto a la diversidad.
- Participa y promueve el logro de principios del desarrollo sostenible en su institución y en su comunidad.
- Aplica consecuentemente los principios y las buenas prácticas de protección y seguridad radiológicas.
- Participa activamente al trabajar en equipos interdisciplinarios y multidisciplinarios.
- Muestra creatividad y autonomía en el desarrollo de su labor.
- Tiene habilidad y capacidad analítica
- Tiene capacidad de trabajar bajo presión.

4.3 Requisitos de ingreso y de permanencia

Según la Universidad Nacional, los requisitos de ingreso son los siguientes:

- Poseer un Bachillerato Universitario en Física, Química, Ingeniería Eléctrica o Ingeniería Química.
- Tener un manejo instrumental del inglés.

La permanencia en la Maestría está determinada por lo que establece al respecto el Reglamento del Sistema de Estudios de Posgrado de la Universidad Nacional. Además, se establece lo siguiente:

“El estudiante deberá matricular la totalidad de cursos en cada ciclo y tiene como requisito cumplir con una serie de tareas programadas, proyectos y estudios de caso en varios cursos. Los cursos de cada trimestre son requisito para el siguiente y así sucesivamente.”⁴

4.4 Plan de estudios, programas, duración, requisitos de graduación y diploma a otorgar

El plan de estudios de la maestría, presentado en el Anexo A, consta de 64 créditos y tiene una duración de cinco trimestres. Las actividades del plan de estudios son las siguientes:

- Diez cursos obligatorios de tres créditos cada uno.
- Tres cursos obligatorios de cuatro créditos cada uno.
- Dos cursos optativos de tres créditos.
- Una residencia hospitalaria de dieciséis créditos.

La residencia hospitalaria variará según el énfasis escogido. De momento sólo se ofrecerá el énfasis en Radioterapia. La residencia es una etapa de entrenamiento de quince semanas donde el estudiante trabajará en una institución hospitalaria por 44 horas semanales supervisado por un equipo de tres profesores. Además, tendrá 4 horas semanales de clase. El estudiante realizará una investigación aplicada sobre un caso específico relacionado con el énfasis escogido. Se presentará un informe escrito sobre la investigación, el cual se deberá defender públicamente.

Los programas de los cursos se muestran en el Anexo B.

Se establece como requisito de graduación la aprobación de todas las actividades del plan de estudios. Se otorgará el diploma de *Maestría en Física Médica con énfasis en Radioterapia*. Se prevé la creación de dos énfasis adicionales, en *Medicina Nuclear* y en *Radiodiagnóstico*, los cuales deberán ser aprobados por el CONARE una vez que se presenten los recursos físicos e infraestructura con que se contará para que los estudiantes realicen las residencias hospitalarias.

4.5 Vinculación de las actividades de docencia, investigación y extensión o acción social

Sobre la vinculación de la Maestría con las actividades de investigación y extensión, la UNA envió la siguiente información:

“La maestría promoverá la investigación desde el primer curso. La investigación estará estrechamente ligada a la práctica hospitalaria pues el diseño del tratamiento o el diagnóstico requieren, para cada caso particular, las habilidades y las competencias de la investigación científica.

La residencia hospitalaria es un componente esencial del plan de estudios es el entrenamiento de campo, donde se discutirán y analizarán casos clínicos en el equipo multidisciplinario que incluye médicos, técnicos y físicos.

La vinculación de las actividades de docencia, investigación y extensión están íntimamente interrelacionadas en esta oferta académica, el estudiante tendrá la oportunidad de calibrar in situ equipos, hacer monitoreo de radiación en instituciones hospitalarias e industriales o en aplicaciones ambientales, dado que el proyecto de investigación de *Física aplicada a Radiaciones, Salud y la Industria* del Departamento de Física está equipado solventemente para dar apoyo a la maestría en esas áreas.”⁵

5. Los académicos que laborarán en el posgrado

Los requerimientos mínimos para el personal docente que participa en una maestría profesional son los siguientes:

- El personal académico debe poseer al menos el nivel académico de Maestría debidamente reconocido y equiparado, si fuese del caso.
- Los profesores del posgrado deben tener una dedicación mínima de un cuarto de tiempo.

Los profesores de los cursos de la *Maestría en Física Médica* son los que se indican en el Anexo C. En nota FCEN-DF-37-2009, del Coordinador de la Maestría propuesta, se indica la intención de contratar a varios de los profesores propuestos con posgrado en Física Médica de forma estable, una vez se encuentre funcionando la Maestría.

En el Anexo D se indica el título y grado del diploma respectivo de posgrado de cada uno de los profesores. Todas las normativas vigentes se cumplen.

6. Autorización de la unidad académica para impartir posgrados

El Departamento de Física nunca ha impartido posgrados. Cuando se establecen posgrados nuevos en una unidad académica, se utiliza lo establecido en el documento *Metodología a emplear en el estudio de carreras de posgrado* (OPES-22/1978). Esta metodología toma en cuenta el grado académico, la experiencia, la dedicación y el número de idiomas que dominan los académicos. Estas variables se presentan en el Cuadro N °1. El puntaje total obtenido es de 99,6, muy superior al mínimo de 80 establecido en el documento mencionado.

7. Los recursos físicos y administrativos con que contará el posgrado para su funcionamiento.

Los recursos administrativos y secretariales serán provistos por el Departamento de Física. En cuanto a recursos financieros y físicos, los estudiantes llevarán a cabo las horas de práctica de los cursos en el Hospital México. El Departamento de Física también contará con un laboratorio de diagnóstico para pacientes ambulatorios. La residencia hospitalaria en el énfasis de Radioterapia será realizada tanto en el Hospital México como en el Hospital San Juan de Dios. Los equipos de ambos se muestran en el siguiente cuadro:

**Equipo de radioterapia disponible por Hospital en la CCSS
Año 2004**

HOSP. SAN JUAN DE DIOS	HOSPITAL MÉXICO
1 Bomba de Cobalto	2 Bombas de Cobalto
1 Simulador 2D	1 Simulador 2D
1 Planificador 3D	1 Planificador 3D
	1 Acelerador Lineal
	1 Unidad de tratamiento superficial
	1 Red de comunicación Lantis
	1 TAC simulador
	1 Braquiterapia de alta tasa

Fuente: Información suministrada por los Jefes de Servicio de Radioterapia

Cuadro N° 1

PUNTAJE DEL DEPARTAMENTO DE FÍSICA DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL. 2008

Profesor	Formación		Dedicación		Experiencia		Idiomas	Ptos.
	<u>Grado</u>	<u>Ptos.</u>	<u>Jornada</u>	<u>Ptos.</u>	<u>Años</u>	<u>Ptos.</u>	<u>Idiomas</u>	
Daniel Ballesteros Sakson	D.	100	TC	100	27	100	Inglés, francés	4
Ronald Barboza Soto	D.	100	TC	100	34	100	Inglés, portugués	4
Carlos Brenes Rodríguez	M.	90	TC	100	27	100	Inglés, portugués	4
Alejandro Gutiérrez Echeverría	M.	90	TC	100	26	100	Inglés, italiano	4
Evelio Hernández Pérez	Lic.	80	TC	100	41	100	Inglés, portugués	4
Roberto Moya Montero	M.	90	TC	100	29	100	Inglés	2
Carlos Rodríguez Aguilera	M.	90	TC	100	27	100	Inglés, ruso y francés	6
Shyam S. Nandwani Pahuja	D.	100	TC	100	38	100	Inglés, hindi	4
Svetlana Nikolav Nikolava	M.	90	TC	100	32	100	Inglés, ruso	2
Javier Vargas Oviedo	M.	90	½ TC	70	25	100	-	0
Jaime Wright Gilmore	M.	90	TC	100	32	100	Inglés, italiano	2
Promedios		91,8		97,3		100,0		3,3
Puntaje total		99,6						

FUENTE: Departamento de Física, Universidad Nacional, 2008

En nota PE-60.241-08, del 27 de noviembre de 2008 (Anexo E), el Presidente Ejecutivo de la Caja Costarricense del Seguro Social, Dr. Eduardo Doryan Garrón, manifiesta el interés de la institución de contar con profesionales con posgrado en Física Médica para así “de esta forma expandir los servicios de tratamiento de cáncer en Costa Rica”. Asimismo, el doctor Doryan indica que la Caja está anuente a “facilitar sus instalaciones hospitalarias, para lo cual entre las dos instituciones se estarían coordinando las acciones necesarias”.

Todos los costos de la Maestría serán cubiertos por los estudiantes. La *Maestría en Física Médica* será autofinanciada.

8. Conclusiones

- La propuesta cumple con la normativa aprobada por el CONARE en el *Convenio para crear una nomenclatura de grados y títulos de la Educación Superior Estatal*, en el *Convenio para unificar la definición de crédito en la Educación Superior* y con los procedimientos establecidos por el *Fluxograma para la creación de nuevas carreras o la modificación de carreras ya existentes* ¹ y en la *Metodología de acreditación de programas de posgrado: Especialidad Profesional, Maestría y Doctorado* ².

9. Recomendaciones

Con base en las conclusiones del presente estudio, se recomienda lo siguiente:

- Que se autorice a la Universidad Nacional para que imparta la *Maestría en Física Médica con énfasis en Radioterapia*.
- Que la Universidad Nacional envíe al CONARE, cuando la tenga, la información necesaria para la apertura de los otros dos énfasis, en *Medicina Nuclear* y en *Radiodiagnóstico*.

- Que la Universidad Nacional realice evaluaciones internas durante el desarrollo de la carrera.
- Que la OPES considere la evaluación de la carrera propuesta después de cinco años de iniciada.

1) Aprobado por CONARE en la sesión N°02-04 del 27 de enero de 2004 y sustituye de esta manera al Fluxograma anterior, aprobado por el CONARE en 1976 y modificado en 1977.

2) Aprobada por el CONARE en la sesión 19-03, artículo 2, inciso c), del 17 de junio de 2003.

3, 4 y 5) Maestría Profesional en Física Médica, Universidad Nacional, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, 2008.

ANEXO A

**PLAN DE ESTUDIOS DE LA MAESTRÍA EN FÍSICA MÉDICA
DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL**

ANEXO A

PLAN DE ESTUDIOS DE LA MAESTRÍA EN FÍSICA MÉDICA DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL

CICLO Y NOMBRE DEL CURSO	CRÉDITOS
<u>Primer trimestre</u>	<u>12</u>
Física de las radiaciones	3
Dosimetría de radiaciones	3
Radiobiología	3
Biomedicina	3
<u>Segundo trimestre</u>	<u>12</u>
Aplicaciones clínicas de la radioterapia	3
Aplicaciones clínicas de radiodiagnóstico	3
Aplicaciones clínicas de la medicina nuclear	3
Protección radiológica	3
<u>Tercer trimestre</u>	<u>12</u>
Instrumentación	3
Física de las imágenes médicas	3
Optativa	3
Optativa	3
<u>Cuarto trimestre</u>	<u>12</u>
Radioterapia	4
Radiodiagnóstico	4
Medicina nuclear	4
<u>Quinto trimestre</u>	<u>16</u>
<i>Residencia hospitalaria</i>	16
<i>Total de créditos de la Maestría</i>	64

Nota: En *itálica* se muestran los cursos del énfasis.

Lista de cursos optativos:

Electrónica y señales

Planificación y evaluación de casos clínicos

Procedimientos y técnicas especiales en radioterapia

Modelos biomédicos

Biología matemática

La energía solar y la salud

ANEXO B

**PROGRAMAS DE LOS CURSOS DE LA MAESTRÍA
EN FÍSICA MÉDICA DE LA UNIVERSIDAD
NACIONAL**

ANEXO B

PROGRAMAS DE LOS CURSOS DE LA MAESTRÍA EN FÍSICA MÉDICA DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL

Nombre del curso: FÍSICA DE LAS RADIACIONES

Número de créditos: 3

Descripción:

En este curso se pretende proveer los fundamentos físicos de la radiación ionizante (cubriendo interacciones de los fotones, interacción de partículas y medición de radiaciones) y no ionizante (cubre ultrasonido, la radiación electromagnética, incluyendo aplicaciones de láser) utilizadas en diagnóstico clínico y para terapia. En la parte práctica manipulará en el laboratorio los detectores dosímetros.

Objetivos:

Al finalizar el curso el estudiante estará en capacidad de:

- Comprender y usar la física de radiaciones tanto en la formación de imágenes como en el tratamiento de enfermedades.
- Aplicar las técnicas de radiación no ionizante al campo de la Medicina.
- Empezar una investigación (supervisada) a nivel de postgrado.

Contenidos:

FÍSICA DE LA RADIACIÓN IONIZANTE

Radiactividad. Desintegración nuclear y energía de desintegración. Estadísticas de las desintegraciones nucleares y Ley del decaimiento exponencial. Constante de desintegración. Periodo de semidesintegración y vida media. Actividad específica. Unidades de actividad: Becquerel, múltiplos y submúltiplos, equivalencias. Cálculo de la actividad de una fuente en función del tiempo. Métodos gráficos. Utilización de tablas. Transformaciones radiactivas sucesivas. Equilibrio radiactivo. Series radiactivas naturales. Nucleídos artificiales. Radiactividad artificial. Teoría de la desintegración, emisión, energía y espectros, niveles nucleares. Emisión beta. Energía y espectros. Neutrino. Captura electrónica. Rayos X característicos y electrones de Auger. Emisión gamma. Conversión interna e isomería nuclear. Ionización específica. Excitación. Frenado. Sección eficaz microscópica. Camino libre medio. Interacción de la radiación directamente ionizante. Interacción elástica e inelástica con núcleos y electrones. Poderes de frenado. Bremsstrahlung y su dependencia con el número atómico. Ley de Bragg. Interacción de la radiación electromagnética. Efecto fotoeléctrico, Dispersión Rayleigh e Interacción Compton, formación de pares. Coeficiente de atenuación, factor de multiplicación (build-

up); Radiación de aniquilación y Distribución Espectral. Naturaleza física de los rayos x. Origen características espectrales. Energía efectiva. Filtración. Espesor hemi-reductor. La formación de la imagen radiológica desde el punto de vista de la interacción. La importancia relativa de las interacciones y las mediciones experimentales de la sección eficaz. Aplicación práctica en filtrado de rayos, selección de materiales para el maniquí, diseño de detectores, etc. Interacción de neutrones: Reacciones nucleares, dispersión elástica e inelástica, atenuación de un haz de neutrones.

FISICA DE LA RADIACIÓN NO IONIZANTE ULTRASONIDO

Características del ultrasonido. Producción, propagación y detección del ultrasonido. Interacciones del ultrasonido con la materia. (en materiales simples y en materiales que asemejan a tejidos). Pulsos y difracción. El principio pulso-eco. Formación de imágenes. Efecto Doppler. Propiedades acústicas de los tejidos humanos. Transductores.

RADIACIÓN ELECTROMAGNÉTICA

Principios generales de la teoría electromagnética. Fuentes de radiación, interacción con medios semejantes a los tejidos. Riesgos y aplicaciones médicas de: La Radiofrecuencia, Las microondas, La radiación Infrarroja, La Radiación Visible y la Ultravioleta. Atención particular se le dará al láser.

RESONANCIA MAGNÉTICA

Niveles de energía, efectos del campo magnético. El sistema de spines. Fenómenos de precesión y relajación. Secuencia de pulsos. Reparación de inversión y spin eco. Gradientes de campo.

Bibliografía:

- Burcham. Nuclear Physics. 1996
Evans R.D, The atomic nucleus, McGraw-Hill, 1955; R.E. Krieger, Malabar F.L, 1982.
J. E. Turner, Atoms, radiation, and radiation protection, John Wiley and Sons. 1995.
F. H. Attix, Introduction to radiological physics and radiation dosimetry, John Wiley and Sons, 1986.
F. M. Khan, The physics of radiation therapy, 2nd edition, Williams & Wilkins, 1994.
H. E. Johns y J. R. Cunningham, The physics of radiology, 4th edition, Charles C. Thomas, 1983.
S. Webb, Adam Hilger (editors) The physics of medical imaging, 1988.

Nombre del curso: DOSIMETRÍA DE RADIACIONES

Número de créditos: 3

Descripción:

Con este curso se introduce al estudiante en conceptos teóricos y métodos experimentales para el cálculo y la práctica de medición de la dosis por radiaciones ionizantes. Estos conceptos son de aplicación en medicina, protección radiológica y física de detectores.

Objetivos:

Al finalizar el curso el estudiante estará en capacidad de:

- Determinar las diferentes magnitudes radiométricas y dosimétricas.
- Dominar el empleo de diferentes técnicas y medios de dosimetría
- Empezar una investigación (supervisada) a nivel de postgrado.

Contenidos:

Cantidades dosimétricas

Magnitudes radiométricas y dosimétricas. Magnitudes estocásticas y no estocásticas. Flujo, Afluencia y tasa de afluencia (de partículas y de energía). Energía impartida y energía absorbida. Exposición y tasa de exposición. Kerma y tasa de kerma en aire. Dosis absorbida y tasa de dosis absorbida. Relaciones kerma-exposición (fotones), energía media de ionización (W/e), fluencia y dosis (electrones), Relación kerma-dosis absorbida. Equilibrio Electrónico. Coeficientes de absorción de energía. Poderes de frenado máxicos. Teoría Bragg-Gray de la cavidad. Poderes de frenado relativos. Comparación de las dosimetrías electrónica, fotónica y neutrónica. Factores de corrección requeridos. Estándares de dosis. Estándares primarios. Red de Laboratorios Secundarios. Ejercicios y problemas.

Detección y medida de la radiación.

Detectores de gas, de centelleo, estado sólido y líquidos. Cámaras de ionización (de dedal, tipo Farmer. Cámaras plano-paralelas). Dosímetros de radiación; detector proporcional y geiger. Detectores por centelleo, semiconductores y para neutrones. Dosímetros de área. Monitores de contaminación. Dosimetría externa. Magnitudes empleadas en la dosimetría personal. Diseño, utilización y calibración de dosímetros personales. Dosimetría interna. Magnitudes dosimétricas. Programa de monitores. Criterios generales y características deseadas para la selección de un instrumento de medición. Dependencia direccional y energética de los detectores. El calorímetro como instrumentación de laboratorio. Dosimetría TLD, empleo para auditorías y mediciones in vivo. Dosímetros semiconductores, aplicaciones. Dosimetría fílmica, tipos de películas, aplicaciones. Dosimetría química; dosímetro de Fricke. Uso práctico de instrumentos.

Bibliografía:

- F. H. Attix, Introduction to radiological physics and radiation dosimetry, John Wiley and Sons, 1986.
- S. Webb, Adam Hilger (editors) The physics of medical imaging, 1988.
- J. A. Sorenson y M. E. Phelps, The physics of nuclear medicine, 2nd edition, Grune & Stratton, 1987.
- F. M. Khan, The physics of radiation therapy, 2nd edition, Williams & Wilkins, 1994.
- H. E. Johns y J. R. Cunningham, The physics of radiology, 4th edition, Charles C. Thomas, 1983.
- Delaney C.F.G, Finch E.C. Radiation detectors. Clarendon Press, Oxford, 1992.

Nombre del curso: RADIOBIOLOGÍA

Número de créditos: 3

Descripción:

Se introduce al estudiante en consideraciones de los efectos de la radiación ionizante en la célula, en el tejido orgánico y en el ser humano. Se enfatiza en aquellos efectos íntimamente relacionados con al tratamiento del cáncer.

Objetivos:

Al finalizar el curso el estudiante estará en capacidad de:

- Comprender desde el punto de vista biológico la respuesta de la materia orgánica a las radiaciones.
- Analizar los mecanismos de interacción entre la radiación ionizante y el tejido vivo.
- Evaluar los efectos biológicos producidos por la radiación.
- Determinar a priori los síntomas y las consecuencias tanto de una sobreirradiación como de una hipodosis.

Contenidos:

Efectos de la radiación a nivel: a) de tejidos, b) subcelular, c) molecular. La biología humana: La composición molecular. La célula humana. Los. Radiosensibilidad y recuperación. Efectos genéticos de la radiación ionizante. Oncogénesis.

Las respuestas humanas a la radiación ionizante. La ley de Bergonié y Tribondeau. Los factores físicos que afectan la radiosensibilidad: Transferencia lineal de energía. La eficacia biológica relativa. Fraccionamiento y protractión. Factores biológicos que afectan la radiosensibilidad: efecto del oxígeno, la edad, el sexo, agentes químicos. Radiobiología molecular y celular. La irradiación de macromoléculas: macromoléculas de síntesis. Efectos de la radiación sobre el ADN. Mecanismos de reparación del ADN. Cromosomas. Mutaciones producidas por la radiación. Radiólisis del agua. Efectos directos e indirectos. La teoría del blanco. Cinética de la supervivencia celular: Modelo de blanco único e impacto único. Modelo de blanco múltiple e impacto único. Recuperación. Efectos sobre el ciclo celular. Teoría de la curva de supervivencia. Las relaciones dosis-respuesta de la radiación: La relación dosis-respuesta lineal. La relación dosis-respuesta no lineal. La relación dosis-respuesta cuadrática. El modelo lineal cuadrático. Los conceptos de LET, RBE, OER y relación entre ellos. Efectos precoces de la radiación. Letalidad de la radiación aguda: Síndrome prodrómico. Período de latencia. Síndrome hematológico. Síndrome gastrointestinal. Síndrome del sistema nervioso central. Efectos hematológicos. Efectos citogenéticos: Cariotipo normal. Aberraciones cromosómicas por un solo impacto. Aberraciones cromosómicas por múltiples impactos. Cinética de las aberraciones cromosómicas. Efectos diferidos. Efectos hísticos locales: Piel. Cromosomas. Acortamiento de la esperanza de vida. Riesgos estimados: Riesgo relativo, Exceso de riesgo, Riesgo absoluto. Neoplasias inducidas por radiación: Leucemia y cáncer. Riesgo total de neoplasias malignas. Radiación y embarazo: Efectos sobre la fertilidad. Irradiación en el útero. Efectos genéticos. Biología del cáncer: Naturaleza in vivo de las células de los tumores malignos. Tratamiento de neoplasias: Respuesta diferencial Tejido normal versus tejido tumoral. Fraccionamiento del tiempo de dosis, diferentes esquemas de

fraccionamientos y efectividad de los mismos, micro-fraccionamiento CHART. Factores de riesgo; radiación ambiental, radiación médica, otras fuentes artificiales.

Bibliografía:

Alberts B., Bray D., Lewis J., Raff M., Roberts K., Watson J.D., Molecular biology of the cell, Garland Publ., 1994.

Dowd S. B., (ed.), Practical radiation protection and applied radiobiology, W. B. Saunders, 2° edition, 1999.

Duncan W. y Nias A. H. Clinical radiobiology, Churchill Livingstone, 1977.

Hall E. J. Radiobiology for the radiologist. Lippincott, Williams and Wilkins, 4° edition. 1994.

Johns H. E., Cunningham J. R., The physics of radiology, 4° edition, Charles C. Thomas, 1983.

United Nations, Sources and effects of ionizing radiation: United Nations Scientific Committee on the effect of atomic radiation (UNSCEAR). Report to the General Assembly, with Scientific Annexes–Sources, 2000.

Steel G. Basic clinical Radiology. Arnold eds. 3th ed. 2002

Nombre del curso: BIOMEDICINA

Número de créditos: 3

Descripción:

Con este curso se desea proveer una introducción a los sistemas del cuerpo desde el nivel celular hasta llegar a las funciones del cuerpo cubriendo características fisiológicas y médicas.

Objetivos:

Al finalizar el curso el estudiante estará en capacidad de:

- Comprender la estructura y función del cuerpo humano y sus alteraciones más comunes.
- Analizar en todos los temas del programa los procesos normales del cuerpo humano.
- Analizar las alteraciones patológicas más comunes y su forma de explorarlas con instrumental clínico.

Contenidos:

Bioquímica y Biología

Estructura proteica y función. Introducción a las enzimas. Bioenergética. Generación y almacenaje de la energía metabólica. Glicólisis del ácido cítrico. Fosforilización oxidativa. Metabolismo de ácidos grasos. Degradación de aminoácidos y el ciclo de la urea. Información genética: Almacenaje, transmisión y expresión. Estructura del ADN y replicación. Síntesis del ARN. Síntesis proteica. Organización de la célula. Estructura y función de la membrana plasmática y de la celular. Organelas. Diversidad de tipos de

células. Diferenciación. Comunicación Celular. Órganos. Mutaciones. Variabilidad genética. Mecanismos de reparación del ADN.

Ciclo celular: Fases del ciclo. Estructura cromosómica y función. División celular. Aberraciones cromosómicas. Citogénesis.

Control de la división celular: Crecimiento normal. Factores que controlan la división celular. Factores de crecimiento. Oncogénesis tumores malignos.

Anatomía

Plan estructural del cuerpo humano: estructura de partes y postura. Estructura y función. Niveles de organización estructural. Terminología básica. Organización a nivel celular y de tejidos: estructura celular y función. Diferenciación Embriológica.

Sistema esquelético: estructura y función de los huesos y crecimiento óseo de articulaciones. Osteología y anatomía radiológica. Sistema muscular, el tono muscular. Estructura y función. Sistema nervioso: estructura y función. La neurona. Receptores y efectores. Circuitos neuronales. Reflejos. Nervios periféricos, espina dorsal, cerebro. Sistemas sensor, motor e integrador. El sistema endocrino. El sistema inmunológico. El sistema cardiovascular. El corazón. Los vasos (sanguíneos y linfáticos). Otros sistemas: digestivo. Respiratorio. Urinario. Reproductivo. Anatomía topográfica: cabeza y cuello, tórax, Abdomen, Pelvis y perineo.

Fisiología

Fisiología general: propiedades de los sistemas vivos. Teoría celular. Transportes biológicos. Excitabilidad y transmisión sináptica en células neurales y musculares. Contracción muscular. Sistema nervioso autónomo. Sangre. Corazón y circulación: ciclo cardíaco. Electrofisiología del corazón. Electrocardiograma. Vasos sanguíneos. Intercambio de fluidos a través de vasos capilares. Presión sanguínea. Flujos arteriales, flujos venosos y flujo capilar. Flujo glomerular. Respiración: Mecanismos de la respiración. Volúmenes respiratorios. Intercambio gaseoso, el pulmón, transporte de oxígeno. Transporte de dióxido de carbono. Control de la respiración. El riñón, balance hídrico y de sales. Electrofisiología del cerebro. Encefalograma. Electrofisiología neuromuscular. Electrofisiología de la retina. Retinograma. Potenciales evocados. Tejidos del cuerpo humano y su estructura.

Metabolismo de los órganos.

Metabolismo cerebral. Metabolismo del corazón. Metabolismo del músculo y del hueso.

Bibliografía:

Berne, R.M., Levy. M.N. *Physiology*, Mosby Year Book. St. Louis, Boston, USA, 1993.

Francone J., *Anatomía y fisiología*, Ed. Interamericana, Mc. Graw-Hill, 1990.

Ganong W.F., *Fisiología médica, el manual moderno*, 1992.

Greenstein, B., Greenstein A., *Medical biochemistry at a glance*, Blackwell Science, London, 1996.

Guyton A.C., *Tratado de fisiología médica*, Ed. Interamericana, 1991.

Voet D., *Bioquímica*, edición. Omega, Barcelona, 1992.

Nombre del curso: APLICACIONES CLÍNICAS DE LA RADIOTERAPIA

Número de créditos: 3

Descripción:

Este curso pretende brindar formación al estudiante en las aplicaciones clínicas de las radiaciones. Se mostrará la relación entre conceptos físicos y clínicos importantes en la aplicación de las radiaciones ionizantes y se llevará a la práctica diagnósticos terapéuticos.

Objetivos:

Al finalizar el curso el estudiante estará en capacidad de:

- Brindar una descripción general de las aplicaciones de la radiación para radioterapia en ambiente clínico.
- Dominar las características fundamentales de los diferentes sistemas terapéuticos utilizados en radioterapia, así como los principios físicos en que se basan.
- Aplicar y evaluar las calibraciones que se realizan en sistemas diagnósticos y terapéuticos.
- Aplicar los procedimientos de Control de Calidad en la Radioterapia

Contenidos:

Introducción general a las aplicaciones de la radiobiología en radioterapia. Conferencias sobre el equipo de tratamiento, la dosimetría, la planificación de tratamiento. Modalidades de Tratamiento con Radioterapia: Teleterapia, Braquiterapia. Equipos de teleterapia: unidades de kilovoltaje, Unidades de cobalto, aceleradores lineales. Haces de fotones y electrones. Modelos de distribución de Dosis de haces de fotones y electrones. Adquisición de datos del haz. Descriptores fundamentales de haces terapéuticos: PDD, TAR, SAR, TMR, TPR, SMR, BSF. Parámetros que influyen en curvas de isodosis en maniquí de agua. Región de equilibrio. Penumbra. Perfiles de dosis, simetría y homogeneidad. Combinación de campos. Efectos de angulación y filtros en cuña. Campos irregulares. Correcciones por distancia e inhomogeneidades. Calibración de haces de fotones y electrones.

Bibliografía:

- Attix, F., Introduction Radiation Dosimetry. (1994)
Cunningham, J., The Physics of Radiology, 4th Ed., (Charles Thomas Publisher, Springfield, Philadelphia). 1983.
Horton, J., Handbook of Radiation Therapy Physics, (Prentice Hall, Engelwood Cliffs, NJ). 1987.
Khan, F., The Physics of Radiation Therapy, (Williams & Wilkins). 1994

Nombre del curso: APLICACIONES CLÍNICAS DE RADIODIAGNÓSTICO

Número de créditos: 3

Descripción:

Este curso pretende brindar formación al estudiante en las aplicaciones clínicas de las radiaciones. Se mostrará la relación entre conceptos físicos y clínicos importantes en la aplicación de las radiaciones ionizantes con fines diagnósticos y terapéuticos.

Objetivos:

Al finalizar el curso el estudiante estará en capacidad de:

- Dar una descripción general de las aplicaciones de la radiación para radiodiagnóstico en ambiente clínico.
- Dominar las características fundamentales de los diferentes sistemas terapéuticos utilizados en radiodiagnóstico, así como los principios físicos en que se basan.
- Aplicar y evaluar las calibraciones que se realizan en sistemas diagnósticos y terapéuticos.
- Aplicar los procedimientos de Control de Calidad en Radiodiagnóstico

Contenidos:

Producción de Rayos X y diseño del tubo. Colimación de haces. Interacción de fotones con la materia, contraste radiográfico. Estructura de las películas radiográficas y pantallas intensificadoras. Contraste y reducción de dispersión, resolución en las imágenes. Radiografía digital y TAC. Aplicaciones de la dosimetría y controles de calidad.

Bibliografía:

Attix, F., Introduction Radiation Dosimetry. (1994)

Cunningham, J., The Physics of Radiology, 4th Ed., (Charles Thomas Publisher, Springfield, Philadelphia). 1983.

Horton, J., Handbook of Radiation Therapy Physics, (Prentice Hall, Engelwood Cliffs, NJ). 1987.

Khan, F., The Physics of Radiation Therapy, (Williams & Wilkins). 1994.

Nombre del curso: APLICACIONES CLÍNICAS DE LA MEDICINA NUCLEAR

Número de créditos: 3

Descripción:

Este curso pretende brindar formación al estudiante en las aplicaciones clínicas de las radiaciones. Se mostrará la relación entre conceptos físicos y clínicos importantes en la aplicación de las radiaciones ionizantes con fines diagnósticos y terapéuticos.

Objetivos:

Al finalizar el curso el estudiante estará en capacidad de:

- Dar una descripción general de las aplicaciones de la Medicina Nuclear en ambiente clínico.
- Dominar las características fundamentales de los diferentes sistemas terapéuticos utilizados en Medicina Nuclear, así como los principios físicos en que se basan.
- Aplicar y evaluar las calibraciones que se realizan en sistemas diagnósticos y terapéuticos.
- Aplicar los procedimientos de Control de Calidad en Medicina Nuclear

Contenidos:

Descripción de la gamma cámara. Imágenes planares y topográficas. Especificaciones para el adecuado funcionamiento de la Gamma Cámara. Análisis de datos. Modo de detección de radio-fármacos. Interpretación de estudios clínicos. Estudios In vitro. Descripción y demostraciones de estudios de SPECT. Descripción de PET (Positron Emission Tomography).

Bibliografía:

- Attix, F., Introduction Radiation Dosimetry. (1994)
Cunningham, J., The Physics of Radiology, 4th Ed., (Charles Thomas Publisher, Springfield, Philadelphia). 1983.
Horton, J., Handbook of Radiation Therapy Physics, (Prentice Hall, Engelwood Cliffs, NJ). 1987.
Khan, F., The Physics of Radiation Therapy, (Williams & Wilkins). 1994

Nombre del curso: PROTECCIÓN RADIOLÓGICA

Número de créditos: 3

Descripción:

El participante adquirirá una visión general de la protección radiológica en el área médica, los conocimientos básicos para establecer y manejar un programa de protección radiológica hospitalaria, así como las referencias bibliográficas actualizadas que permitan desarrollar los aspectos específicos que requiera en el ejercicio de su función profesional.

Objetivos:

Al finalizar el curso el estudiante estará en capacidad de:

- Emplear las magnitudes radiométricas y dosimétricas.
- Aplicar los conceptos fundamentales de la protección radiológica en la práctica médica.
- Calcular dosis particulares y colectivas a partir de mediciones experimentales.

- Reconocer los principios de optimización en seguridad de un trabajo clínico con el empleo de radiaciones ionizantes y no ionizantes.
- Realizar el cálculo de blindaje necesario para una instalación radiactiva con fines médicos.
- Implementar los requisitos de PR en los servicios de: Radioterapia, Radiodiagnóstico, y Medicina nuclear.
- Evaluar los sistemas de PR en los servicios de: Radioterapia, Radiodiagnóstico, y Medicina nuclear.
- Implementar las normas y medidas para el trabajo con las: a) instalaciones de Radioterapia, de Radiodiagnóstico b) fuentes abiertas, así como la gestión de desechos radiactivos.

Contenidos:

Introducción a la protección radiológica

El problema de la protección radiológica (individuo-campo-fuente). Funciones generales del físico médico relacionadas con la protección radiológica. Caracterización de efectos biológicos: Efectos deterministas, ejemplos, valores umbral. Efectos estocásticos, ejemplos, concepto de riesgo. Factor de calidad y factores de ponderación por radiación. Equivalente de dosis y dosis equivalente. Equivalente de dosis ambiental, direccional y personal. Factores de ponderación por tipo de tejido. Dosis efectiva. Ejercicios y problemas.

Repaso de interacción de la radiación con la materia

Partículas cargadas pesadas. Poder de frenado. Electrones. LET, alcance, radiación de frenado. Fotones (coeficientes de atenuación y de absorción). Neutrones, dispersión elástica y reacciones nucleares

Caracterización de las fuentes de radiación

Estructura nuclear, inestabilidad nuclear y procesos de transformación nuclear, (alfa, beta, gamma) esquemas y espectros. Carta de nucleídos y tabla de isótopos. Fuentes de neutrones, de rayos X y aceleradores de partículas. Leyes del decaimiento radiactivo, equilibrio secular y transiente, series radiactivas. Calibración de las fuentes, contenido de un certificado de calibración. Exposición a las fuentes de radiación: Fuentes naturales: Rayos cósmicos y radionucleídos, radiación terrestre y radón, valores promedio de las dosis anuales. Fuentes antropogénicas: Exposición ocupacional y médica. El problema de las dosis bajas de radiación. Determinación de la contaminación interna con radionucleídos: conteo corporal parcial y total.

Filosofía de la protección radiológica

La Comisión Internacional de Protección Radiológica, origen y funciones. Las normas y guías emitidas por el Ministerio de Salud. Normas para radiodiagnóstico y para radioterapia. El OIEA y las Normas Básicas Internacionales de Seguridad. Marco conceptual de la protección radiológica. Sistema de protección para las prácticas. Sistema de protección para las intervenciones. Dosis equivalente. Magnitudes dosimétricas usadas para especificar situaciones con y sin receptor. Índices de dosis. Dosis equivalente efectiva. Dosis comprometida. Dosis colectiva y Dosis colectiva

comprometida, Dosis efectiva personal a profundidad. Características de la protección radiológica en la práctica médica. Estimación del riesgo potencial en la práctica médica. Definición de exposición médica. Principios de justificación. Justificación genérica de un procedimiento definido. Justificación de un procedimiento para un paciente individual. Principio de optimización. Optimización en la exposición médica. Consideraciones relativas al diseño de locales. Garantía de calidad en las exposiciones médicas. Registros. Investigaciones de exposiciones médicas accidentales. Intervención. Exposición ocupacional. Exposición del público. Exposición de voluntarios. Accidentes y emergencias. Prevención. Planes de emergencia.

Protección contra la radiación externa

Tiempo, distancia y blindaje. Campo de radiación debido a fuentes puntuales, lineales y superficiales. Atenuación de la radiación. Factor de incremento. Cálculo de blindajes para radiación gamma. Gráficas de atenuación. Contenido de la memoria analítica para una instalación. Barreras primarias y secundarias. Seguridad de las fuentes selladas, prueba de fuga. Coeficientes de conversión para el cálculo de magnitudes operacionales, dosimétricas y de protección. Principios generales del cálculo de blindaje. Cálculo de blindaje frente a rayos X y radiación beta. Cálculo de blindaje frente a radiación neutrónica.

Protección contra la irradiación interna

Contaminación e incorporación de material radiactivo. Control de fuentes abiertas, recepción, almacenamiento y contabilidad del material radiactivo. Manejo de fuentes abiertas, reglas de laboratorio. Manejo y disposición de desechos. Accidentes y control de la contaminación. Descontaminación y límites de contaminación superficial. Registros. Dosimetría interna.

Riesgos de la radiación no ionizante

Ondas de radiofrecuencia, microondas, ondas electromagnéticas de baja frecuencia, radiación ultravioleta, exposición máxima permisible, monitoreo y protección, ultrasonido (clasificación, efectos biológicos, monitoreo y protección). Láser: tipos y clasificación de riesgos, efectos biológicos, medición de la exposición, exposición máxima permisible y límite de la emisión accesible, monitoreo y protección

Protección radiológica en la clínica

Cultura de seguridad y garantía de calidad. Criterios generales para la protección del personal, del paciente y del público.

Radioterapia

Requisitos de seguridad de las fuentes y equipos empleados en teleterapia y braquiterapia. Requisitos del diseño de las salas de tratamiento. Características de la vigilancia radiológica individual y de área. Requisitos para la exposición médica. Causas probables e investigaciones de una exposición médica accidental. Accidentes radiológicos ocupacionales y planes de emergencia.

Radiodiagnóstico

Requisitos de seguridad de los equipos de rayos X empleados. Requisitos del diseño de las salas. Características de la vigilancia radiológica individual y de área. Empleo de medios individuales de protección. Requisitos para la exposición médica. Impacto de las características del haz de rayos X en la magnitud de la dosis administrada al paciente. Procedimientos de operación que minimizan la dosis administrada al paciente en las diferentes modalidades diagnósticas. Exposición médica accidental: investigación, registro y comunicación. Causas probables e investigaciones de una exposición médica accidental.

Medicina Nuclear

Organización y gestión en las instalaciones de medicina nuclear. Requisitos para el diseño de las instalaciones de medicina nuclear. Exposición ocupacional. Equipos de protección radiológica necesarios. Riesgos de irradiación externa. Riesgos de contaminación interna. Medidas de protección radiológica. Control de las fuentes. Recepción y apertura de bultos radiactivos. Dosimetría personal. Vigilancia radiológica de áreas. Procedimientos de operación. Exposición médica. Justificación. Optimización. Consideraciones relativas a la operación. Calibración. Dosimetría clínica. Niveles orientativos. Restricciones de dosis. Alta de pacientes con radiofármacos incorporados. Investigaciones de exposiciones médicas accidentales. Emergencias radiológicas en medicina nuclear. Identificación de las situaciones potenciales de emergencias.

Bibliografía:

- Cember, Herman - *Introduction to Health Physics*, Pergamon Press, 1983.
- ICRP Publication 74 - Conversion Coefficients for use in Radiological Protection against External Radiation, 1997.
- ICRP Publication 60 - 1990 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection, 1990.
- ICRP Publication 34. Radiological Protection of the patient in Diagnostic Radiology, Pergamon Press. Oxford (1982).
- ICRP Publication 73. Protection and Safety in Medicine. Pergamon Press. Oxford (1996).
- ICRU Report 47 - Measurement of dose Equivalents from External Photon and Electron Radiations, 1992.
- ICRU Report 60 - Radiation Quantities and Units, 1998.
- Knoll Glenn F. - *Radiation Detection and Measurement*, 3ª Ed. John Wiley & Sons, 2000.
- OIEA - Normas Básicas Internacionales de Seguridad para la protección contra la radiación ionizante y para la seguridad de las fuentes de radiación, Safety Series 115, 1997.
- NCRP Report No. 49 - Structural Shielding Design and Evaluation for Medical use of X Ray and Gamma Rays of Energies up to 10 MeV, 1976
- IAEA. International Basic Safety Standard for Protection against Ionizing Radiation and for the Safety of Radiation Sources. IAEA, Vienna (1994).
- Turner, J.E. - *Atoms, Radiation, and Radiation Protection*, John Wiley & Sons, 1995.

Nombre del curso: INSTRUMENTACIÓN

Número de créditos: 3

Descripción:

En este curso se introduce al estudiante en la detección y medida de cualquier tipo de radiación (fotones, neutrones, partículas cargadas, iones pesados, etc.) lo cual requiere, en primer lugar, de un conocimiento básico de los procesos fundamentales que tienen lugar cuando la radiación atraviesa la materia. Estos procesos son la base de todos los sistemas de detección de partículas y al mismo tiempo determinan cuál ha de ser el detector idóneo. Se estudian los detectores: gaseosos, de ionización, proporcionales, Geiger-Muller, de centelleo y sus aplicaciones.

Objetivos:

Al finalizar el curso el estudiante estará en capacidad de:

Reconocer y aplicar las técnicas de detección de la radiación tanto en Física Nuclear, como en Física de Partículas.

Contenidos:

El paso de la radiación a través de la materia

Introducción. Conceptos básicos. Pérdida de energía de las partículas en colisiones atómicas. Fórmula de *Bethe y Bloch*. Alcance. Radiación de *Cherenkov*. Pérdida de energía de electrones y positrones. Difusión coulombiana múltiple. *Stragglings* energético. Distribución de pérdida de energía. Interacción de fotones. La interacción de los neutrones.

Características generales de los detectores

Fundamentos básicos. Sensibilidad. Respuesta del detector. Resolución en energía. Factor de *Fano*. Función respuesta de un detector. Tiempo de respuesta de un detector. Eficiencia de un detector. Tiempo muerto.

Señales en física nuclear

Terminología. Señales analógicas y digitales. Señales rápidas y lentas. Ancho de banda.

Transmisión de señales

Impedancia de los instrumentos. El cable coaxial. Ecuación ondulatoria en una línea coaxial. El cable ideal. Reflexiones Terminación de cables. Ajuste de impedancias. Pérdida de señal en un cable coaxial.

Electrónica para el procesado de señales

Preamplificadores. Amplificadores. Filtrado y conformación de señales. Redes conformadoras en amplificadores. Amplificadores sesgados. Dilatadores de pulsos.

Puertas lineales. Módulos *Fan out* y *Fan in*. Líneas de retraso. Discriminadores. Discriminadores diferenciales (SCA). Conversores analógico-digitales (ADC) Analizadores multicanal. Conversores digital-analógicos. Conversores temporales a amplitud (TAC). Frecuencímetros. Unidades de coincidencia. Unidades lógicas. *Flip-flops*. Registros. Generadores de puertas y retrasos. Circuitos simples.

Selección de pulsos y técnicas de coincidencia

Sistemas de conteo. Selección de altura de pulsos. Espectroscopia con analizadores multicanal. Técnicas de coincidencia. Determinación simultánea de coincidencias y selección de altura de pulsos. Discriminación por forma del pulso.

Métodos de medida de intervalos temporales

Introducción. Tiempo de tránsito y *jitter*. Métodos de determinación temporal. Métodos analógicos de determinación temporal. Métodos digitales de determinación temporal. Calibración del sistema de medidas temporales.

Tratamiento estadístico de datos experimentales

Introducción. Errores sistemáticos y accidentales. Estimación del error de una magnitud. Función densidad de probabilidad. Distribuciones de probabilidad. Estimación de parámetros. Ejemplos y aplicaciones. Ajuste de curvas.

Detectores de centelleo

Introducción. Características generales. Centelleadores orgánicos. Cristales inorgánicos. Centelleadores gaseosos. Vidrios. Respuesta luminosa. Eficiencia intrínseca para radiaciones.

Fotomultiplicadores

Elementos básicos. Espectro de un fotoelectrón (S.E.R.). Parámetros de operación. Respuesta y resolución temporales. Ruido de los *PMs*. Factores externos. Estabilidad de la ganancia.

Montaje y operación de centelleadores

introducción. Recolección de la luz. Acoplamiento centelleador - PM. Montaje de un centelleador. Operación de los contadores de centelleo.

Detectores de ionización en gases

Principio básico de operación. Detectores gaseosos de ionización. Fenómenos de ionización y transporte en gases. Transporte de electrones e iones en gases. Formación de la avalancha. Contadores gaseosos. Cámaras proporcionales de multihilos. Cámaras de proyección temporal (TPC). Detectores líquidos de ionización (LID).

Bibliografía:

G.F. Knoll. "Radiation Detection and Measurement." *John Wiley and Sons, 1979. Segunda Edición 1989.*

R.C. Fernow. "Introduction to experimental particle physics." *Cambridge University Press*, 1992.

L. Lyons. "Statistics for nuclear and particle physicist" *Ed. Cambridge University Press*.

N. Tsoulfanidis "Measurement and detection of radiation" *Hemisphere Publishing Corporation*. 1983.

W.F. Horniak "Nuclear structure" *Academic Press*. 1975.

Nombre del curso: FÍSICA DE LAS IMÁGENES MÉDICAS

Número de créditos: 3

Descripción:

En este curso se pretende brindar al estudiante una sólida formación en imágenes médicas tanto con radiaciones ionizantes como no ionizantes e instruirlo en las bases de Imagenología con: tomografía axial computada, medicina nuclear, resonancia magnética y ultrasonido y, por supuesto, con los tópicos relevantes del uso de las computadoras y las aplicaciones clínicas.

Objetivos:

Al finalizar el curso el estudiante estará en capacidad de:

- Comprender los métodos matemáticos que permiten reconstruir imágenes de cortes o imágenes 3D
- Explicar el principio físico en que se basan los diferentes medios de Radiodiagnóstico
- Reconocer los principios físicos de los principales métodos de obtención de imágenes en el diagnóstico médico: la radiología convencional por R.X., la Radiología Digital, la Tomografía Axial Computarizada, Imágenes por Ultrasonidos, Imágenes por Resonancia Magnética e Imágenes en Medicina Nuclear
- Caracterizar cada medio de diagnóstico.
- Reconocer las características de los radiofármacos y su empleo para el diagnóstico de las diferentes patologías.
- Integrar los conocimientos adquiridos de instrumentación, adquisición y procesamiento de estudios de Medicina Nuclear a la solución de problemas clínicos concretos.
- Evaluar los métodos de control de calidad de las diferentes técnicas de obtención de imágenes.

Contenidos

El Diagnóstico Radiológico por Radiaciones Ionizantes.

Unidades de Rayos X Convencionales y Afines

Principios físicos básicos de la imagen radiológica obtenida en Rayos X (analógica y digital). Formación de la imagen y resolución espacial, Contraste, Ruido, MTF, Indefinición, Distorsión geométrica, Artefactos y causas en la imagen, Técnicas de reducción de dispersión, Discriminación de la energía. La calidad de la imagen en la Técnica Radiográfica. Factores que la afectan. Filtración y filtro hemi-reductor. Descripción de Unidades. Tubos y generadores. La Tomografía Convencional (lineal).

Principios físicos. Procesamiento posterior de la imagen. Color display, Substracción, AHE, USM, LPF, HPF. Dosis en estudios convencionales de Rayos X.

El cuarto de revelado en el departamento de radiodiagnóstico

El proceso fotográfico y la sensibilidad de las placas. Características del contraste en la película. Control de la densidad radiográfica. Latitud y sensibilidad de contraste. La imagen latente. Revelado, resolución y detalles radiográficos. Tipos de películas. Imagen impresa en papel. CRT, Display estéreo y holográfico. Evolución en el revelado de películas. Procesos químicos. Revelado manual y métodos alternativos del revelado. Las pantallas intensificadoras. Construcción. Principios de luminiscencia en pantallas. Tipos de pantallas. Características de la pantalla. Combinaciones entre pantalla y película. Cuidados de la pantalla.

Unidades de Rayos X con fluoroscopia y cine-fluorografía

Descripción de Unidades. Principios físicos de la imagen por fluoroscopia. Producción y Características de la imagen. Los intensificadores de imágenes. Ruido, Resolución y Contraste. Monitorización de la imagen fluoroscópica. Principios físicos de la xerografía. Principios físicos de la cinefluorografía. Dosis en fluoroscopia y en cine-fluorografía. Radiología en tiempo real: radiología intervencionista

La imagen digital por Rayos X

Principios físicos de la imagen digital. Características. Radiografía digital. Densitometría Ósea. Fluoroscopia digital. Sistemas de comunicación y archivo de imágenes digitales. Ventajas y desventajas de la imagen digital.

Unidades de rayos X para mamografía

Principios físicos de la mamografía - Descripción de Unidades. Receptores de imagen. Principios físicos de la xerox-radiografía. Riesgos y beneficios de la mamografía. Maniqués y parámetros que intervienen en el control de calidad de mamografías. La dosis en mamografías.

Tomografía Axial Computarizada

Principios físicos de la Tomografía Computada - Conceptos fundamentales - Propiedades. Descripción de unidades y funcionamiento - Distinción de las diferentes generaciones de Tomografía Computada. Componentes de los sistemas de Tomografía Computada. La formación de la imagen en la Tomografía Computada. TAC helicoidal y TAC multicorte. La fase de obtención de la imagen de Tomografía Computada, corte tomográfico, colimación, filtración, detectores, funcionamiento y características. La fase de reconstrucción de la imagen de Tomografía Computada. La fase de conversión de la imagen digital a la imagen analógica. Parámetros que intervienen en la imagen de Tomografía Computada, Contraste, Ruido espacial, detección de alto y bajo contraste. NEQ. DQE. Resolución y MTF. Maniqués y parámetros que intervienen en el control de calidad de Tomografía Computada. Dosis en Tomografía Computada.

Medicina Nuclear

Fundamentos en la formación de la imagen en la Medicina Nuclear. Radio nucleídos utilizados en Medicina Nuclear. Generadores. Características. Colimación, detectores, funcionamiento y características. Estadística en el conteo de isótopos. Conteo de muestras y estudios de volumen. Contadores de centelleo, captación tiroidea. Vida media biológica efectiva. Dosis de radiación por radionucleídos en medicina nuclear. Métodos de reconstrucción de las imágenes. Radionucleídos. Fundamentos básicos del empleo de radionucleídos para el diagnóstico. Evolución histórica. Aplicaciones imagenológicas y no imagenológicas. Principales aplicaciones de las técnicas radioisotópicas para el estudio de órganos y sistemas.

El diagnóstico Radiológico por Radiaciones No Ionizantes

Ultrasonido

Principios físicos del diagnóstico por Ultrasonido: Interacción con la materia, efecto Doppler. Naturaleza. Potencia e intensidad acústica. Reflexión acústica. Absorción y atenuación acústica. Generación y detección de US: Transductores en Ultrasonido. Propiedades del Haz de Ultrasonido. Métodos de funcionamiento. Descripción de equipos para Ultrasonido. Efectos biológicos. Maniqués y parámetros que intervienen en el control de calidad en unidades de Ultrasonido. Test de aceptación. Técnicas de ultrasonido. Principio físico de los sistemas de ultrasonido. Sistemas sencillos y complejos de ultrasonido. Particularidades del empleo del ultrasonido en diferentes patologías. Aplicaciones terapéuticas de los US. Aplicaciones diagnósticas: Generalidades, principio de la ecografía. Ecografías B, TM, Doppler, Doppler Duplex y 3D

Resonancia Magnética

Principios físicos del diagnóstico por Resonancia Magnética. Conceptos fundamentales. Propiedades magnéticas de la materia. El spin nuclear a la magnetización del voxel. Excitación por un pulso de radiofrecuencia y detección de la señal: aspectos prácticos en el trabajo con antenas. La relajación nuclear: Estudio y significado de los parámetros básicos: Ciclos de fase. Gradientes de campo, relajación y tiempos de T1, T2 y T2*. Localización espacial. Las secuencias estándar de pulsos IR, SE, GE en la obtención de imágenes. Aspectos prácticos en la preparación de las secuencias. Reconstrucción de la imagen. Diagrama para la obtención de la imagen de tomografía por Resonancia Magnética en secuencia SE. Descripción de equipos de Resonancia Magnética. El espacio K. Las secuencias rápidas y ultrarrápidas. Bases físicas y consideraciones clínicas. Maniqués y parámetros que intervienen en el control de calidad de tomógrafos de Resonancia Magnética. Angiografía por Resonancia Magnética. Técnicas "in flow" y técnicas de contraste de fase. Espectroscopia y su utilidad clínica. Posibilidades de las técnicas intervencionistas guiadas por RM y/o las imágenes funcionales. Espectroscopia por RM. Efectos biológicos, riesgos y precauciones en RM. Algoritmos analíticos en reconstrucción de la imagen. Algoritmos algebraicos en reconstrucción de la imagen. Algoritmos estadísticos iterativos en reconstrucción de la imagen.

Bibliografía:

Attix, F., Introduction Radiation Dosimetry. (1994)

Cunningham, J., The Physics of Radiology, 4th Ed., (Charles Thomas Publisher, Springfield, Philadelphia). 1983.

Harold Elford Johns and John Robert Cunningham, The Physics of Radiology, Fourth Edition, 1996

Herman G.T. editor Image Reconstruction from projections, Springer Verlag, 1979.

Koutcher J.A. and Burt C.T, Principles of imaging by nuclear magnetic resonance, J. Nucl. Med. 25(1984) 371-382.

Kember NF editor. Medical radiation detectors - fundamentals and applied aspects, Institute of Physics Publishing, 1994.

Foster MA y Hutchinson J.M, Practical NMR imaging. IRL Press, 1987.

Knoll G. F. Radiation detection and measurements, Wiley and Sons, 1989.

Barrett H. y Swindell W. Radiological imaging - the theory of image formation, detection and processing, Academic Press, 1996.

Bushberg J. T., Seibert J. A., Leidholdt E. M. y Boone J. M., The essential physics of medical imaging, Williams and Wilkins, 1994.

Webb S editor The physics of medical imaging, Adam Hilger, 1988.

Dowsett D. J., Kenny P. A., Johnston R. E... The physics of diagnostic imaging. Chapman and Hall Medical, 1998.

Johns H.E. and Cunningham J.R. The physics of radiology, Charles C Thomas, 1983.

J. Bushberg, J. Seibert, E. Leidholdt, J. Boone: The essential Physics of medical imaging, Ed. Lippincott Williams & Wilkins

Nombre del curso: RADIOTERAPIA

Número de créditos: 4

Descripción:

Este curso pretende brindar al estudiante una sólida formación en imágenes médicas tanto con radiaciones ionizantes como no ionizantes e instruirlo en las bases de Imaginología con: tomografía axial computada, medicina nuclear, resonancia magnética y ultrasonido y, por supuesto, con los tópicos relevantes del uso de las computadoras y las aplicaciones clínicas.

Posibles tópicos de investigación incluyen el desarrollo de métodos para mejorar la radioterapia; investigación de IMRT para la dinámica de entrega cercana; TC de mega voltaje; reconstrucción 3D de Fuentes de braquiterapia desde un localizador de imágenes de TC y la conjunción de estudios físico/clínicos de nueva tendencia in radioterapia.

Objetivos:

Al finalizar el curso el estudiante estará en capacidad de:

- Aplicar los procedimientos y métodos de garantía de calidad de unidades de teleterapia, así como en el manejo de la instrumentación destinada a estos fines.
- Aplicar los procedimientos y métodos de garantía de calidad de unidades de braquiterapia, así como en el manejo de la instrumentación destinada a estos fines.
- Realizar la planificación de tratamiento de teleterapia a pacientes virtuales con una patología determinada. Participar en la elaboración de casos reales.

- Realizar el control de la calidad del proceso de planificación.
- Calcular Tiempos o Unidades Monitor para tratamientos.

Contenidos:

Generalidades de Radioterapia

Protocolos dosimétricos. Formalismos. Reportes TRS277 y TRS381. Especificación de la calidad del haz. Incertidumbre en las medidas absolutas y relativas de dosis. Cálculo del tiempo de tratamiento (unidades monitor). Ejemplos. Pruebas de aceptación del equipamiento de teleterapia. Puesta en servicio. Recomendaciones de procedimientos de Control de Calidad. Establecimiento de un Programa de Garantía de Calidad del equipamiento de teleterapia y Braquiterapia. Radionucleídos más usados en Braquiterapia, características, especificación de la intensidad. Tipos de fuentes, distribución de dosis. Modalidades de braquiterapia. Tasas de dosis. Tópicos especiales: Terapia con haces conformados, moldes, cuñas y Colimadores multilaminares. Nuevos procedimientos: IMRT, IGRT, Radioterapia intra-operatoria, Radiocirugía estereotáxica, Terapia neutrónica. Equipos alternativos, gamma-nife.

Dosimetría clínica de la teleterapia

Aspectos generales de Radioterapia Clínica. Fraccionamiento. Tratamientos equivalentes, empleo de modelos LQ. Recomendaciones para la especificación y reporte de dosis. Requerimientos de exactitud. Fuentes de incertidumbre en la dosis administrada. Proceso de planificación en teleterapia. Adquisición de los datos del paciente. Simuladores, TAC para planificación. Técnicas de localización y simulación. Verificación de la administración del tratamiento. Películas y Placas portales, dosimetría in vivo. Procedimientos para la planeación manual en teleterapia. Terapia con electrones. Aplicaciones clínicas. Planificación computarizada de tratamientos. Garantía de calidad de los equipos, según normativas internacionales.

Dosimetría clínica de la Braquiterapia

Modalidades de tratamientos con braquiterapia. Características de las fuentes. Especificación de su intensidad. Calibración. Medición en aire y en cámaras de pozo. Aceptación y puesta en servicio de fuentes. Autorradiografías. Aplicadores de braquiterapia. Tipos, controles. Métodos de localización de las fuentes. Aplicaciones clínicas. Sistemas dosimétricos: Paris, Manchester, Quimby. Planeación manual y computarizada de tratamientos con braquiterapia. Tasa de Dosis. HDR vs. LDR. Modelos Radiobiológicos. Equipos de Carga Remota. Equipos con fuentes miniaturizadas. PDR. Pruebas de aceptación de equipos de carga remota. Garantía de Calidad en Braquiterapia.

Técnicas de planificación digitalizada

Procesos de Planificación en Teleterapia. Adquisición de los datos del paciente Técnicas de localización y simulación. Técnicas con bloqueadores, compensadores. Verificación de la administración del tratamiento. Planificación Computarizada de tratamientos. Controles de Calidad de los Sistemas computarizados de Planificación. Principales técnicas de planificación por localizaciones anatómicas: cabeza y cuello, SNC, mama, pulmón, esófago, partes blandas y huesos, HDG, próstata, tumores ginecológicos, recto y

vejiga, testículos y pene, TBI, otros. Aspectos de Radiobiología en Teleterapia. Fraccionamiento. Modelos. Garantía de Calidad del proceso de planificación. Planeación computarizada de casos típicos. Cálculo de tratamientos equivalentes mediante Modelo L-Q

Bibliografía:

John & Cunningham: The Physics of Radiology. 4th ed., 1983
ICRU Report No. 42, Use of Computers in External Beam Radiotherapy Procedures with High-Energy Photons & Electrons, (International Commission on Radiation Units and Measurements, Washington, DC). 1987.
Khan, F., The Physics of Radiation Therapy, (Williams & Wilkins). 1994.
Williamsom: Brachytherapy Physics. 1994
AAPM Report No. 21, Specification of Brachytherapy Source Strength, (American Institute of Physics, New York). 1987
ICRU Report No. 38, Dose & Volume Specifications for Reporting Intracavitary Therapy in Gynecology, (International Commission on Radiation Units and Measurements, Washington, DC). 1985
Absorbed Dose Determination in External Beam Radiotherapy: An International Code of Practice for Dosimetry based on Standards of Absorbed Dose to Water (TRS-398), IAEA. Vienna, 2000.
The Use of Plane-Parallel Ionization Chambers in High-Energy Electron and Photon Beams (TRS-381), IAEA, Vienna, 1997
Absorbed Dose Determination in Photon and Electron Beams (TRS-277), IAEA, Vienna, 1997
AAPM TG-43
Godden, T., Physical Aspects of Brachytherapy, (Adam Hilger). 1988.
Practical Treatment Planning. 1995

Nombre del curso: RADIODIAGNÓSTICO

Número de créditos: 4

Descripción:

En este curso los estudiantes aprenderán la instrumentación y procedimientos para la operación, calibración y aseguramiento de la calidad en radiodiagnóstico. El curso cubre instrumentación, procesamiento de imágenes y dosimetría clínica en Radiodiagnóstico y aseguramiento de la calidad en radiodiagnóstico.

Investigación en Física del Radiodiagnóstico

Posibles tópicos de investigación incluyen el desarrollo de métodos para mejorar la precisión y/o reducir la exposición del pacientes a la exposición; desarrollo de métodos computacionales para la interpretación de los datos de la imagen; análisis y evaluación de los componentes del sistema de imagen; y la conjunción de estudios físico/clínicos de nueva tendencia in radiodiagnóstico.

Objetivos:

- Enseñar en forma teórico-práctica la generación, composición y análisis de imágenes para diagnóstico médico.
- Desarrollar habilidades en los procedimientos y métodos de garantía de calidad de unidades de Radiodiagnóstico, así como en el manejo de la instrumentación destinada a estos fines.
- Realizar el control de calidad de los diferentes factores que inciden en un servicio de Radiografía por Rayos X
- Realizar comparaciones de estudios radiológicos
- Dominar los diferentes métodos de dosimetría clínica en RD.

Contenidos:

Procesamiento de imágenes médicas

Percepción y detección de imágenes. Introducción. Fisiología de la visión humana. Imágenes como sistemas lineales o estocásticos. Cámaras. Propiedades. Sensibilidad y resolución. Visualización. Propiedades de imágenes digitales. Conceptos básicos. Digitalización, representación, vecindad. Convolución. Transformada de Fourier discreta y rápida. Propiedades. Muestreo. 'Aliasing'. Estadística. Ruido. Adquisición de imágenes médicas. Tomografía Axial Computada. Resonancia Magnética Nuclear. Cámara Gamma y sistemas SPECT. Tomografía por Emisión de Positrones. Ultrasonido. Reconstrucción de imágenes tomográficas a partir de proyecciones. Análisis y tratamiento de imágenes digitales. Operaciones y algoritmos. Restauración de imágenes. Filtros. Segmentación. Registro. Control de Calidad. Estimación de calidad de imagen. Función transferencia de modulación. Relación señal-ruido. Curvas ROC. Almacenamiento y transferencia de imágenes. Formatos digitales. Protocolos de comunicación. Sistemas de archivo y comunicación de imágenes (PACS). Redes.

Dosimetría clínica en radiodiagnóstico

Magnitudes empleadas en dosimetría clínica. Medición y estimación de dosis en pacientes de Radiodiagnóstico. Sistemas de comprobación de dosis. Laboratorios Secundarios. Rondas de intercomparación.

Control de calidad en radiodiagnóstico

Control de calidad del revelado y cuarto oscuro. Control de calidad de películas, pantallas y combinaciones de estas. Control de calidad del haz de radiación. Control de calidad de la geometría de irradiación. Control de calidad de generadores de rayos X. Control de calidad de la imagen radiológica. Control de calidad en mamografía. Control de calidad en tomografía computarizada. Maniqués y parámetros que intervienen en el control de calidad de unidades fluoroscópicas.

Bibliografía:

National Radiological Protection Board, Dosimetry Working Party of the Institute of Physical Sciences in Medicine, National protocol for patient dose measurements in diagnostic radiology, , England, 1992.

ICRP-Publication 34, Protection of the Patient in Diagnostic Radiology, , Pergamon Press (1982)

NCRP Report No. 99, Quality Assurance for Diagnostic Imaging, (1988)

Sociedad Española de Física Médica. Protocolo Español de Control de Calidad en Radiodiagnóstico (1996).

AAPM Report No. 25, Protocols for the radiation safety surveys of diagnostic radiological equipment, USA (1988).

OPS Publicación Científica No. 469. Garantía de Calidad en Radiodiagnóstico. Washington 1984.

Nombre del curso: MEDICINA NUCLEAR

Número de créditos: 4

Descripción:

Este curso está diseñado para proveer una experiencia profunda en la físico-clínica de las emisiones tomográficas, y sus aplicaciones, los estudiantes aprenderán la instrumentación y procedimientos para la operación, calibración y aseguramiento de la calidad de los sistemas de emisión tomográfica. El curso cubre producción de isótopos, instrumentación, procesamiento de imágenes y dosimetría en medicina nuclear.

Investigación en Física de la Medicina Nuclear

Posibles tópicos de investigación incluyen el de desarrollo de métodos para mejorar la precisión diagnóstica; desarrollo de SPECT y PET; mejoramiento de las técnicas de reconstrucción de la imagen; análisis y evaluación de los componentes del sistema de imagen; y la conjunción de estudios físico/clínicos de nueva tendencia en Medicina Nuclear.

Objetivos:

Describir los principios de funcionamiento de los diferentes equipos empleados en la Medicina Nuclear.

Realizar el control de calidad de los diferentes sistemas experimentales que se emplean en Medicina Nuclear.

Describir los diferentes métodos que se emplean en la formación de una imagen.

Saber realizar el procesamiento de una imagen y el tratamiento de la información correspondiente.

Saber emplear un sistema SPECT en diferentes patologías clínicas.

Contenidos:

Generalidades de Medicina Nuclear

Principios físicos de la Medicina Nuclear - Conceptos fundamentales - Propiedades - Tipos: Sistema planar, SPECT, PET, y Características, Control de calidad de cada sistema. Aplicaciones clínicas de cada sistema. Descripción de unidades y funcionamiento - La cámara de rayos gamma - Activímetros - Evolución en los instrumentos de Medicina

Nuclear - Tipos y Características. Maniqués y parámetros que intervienen en el control de calidad en Medicina Nuclear.

Dosimetría interna (MIRD). Cálculos para terapia con radionucleídos. Test de aceptación. Funciones del físico médico en la Medicina Nuclear. Características y producción de los radionucleídos empleados en la Medicina Nuclear. Conceptos básicos de Radiofarmacia. Características de los radiofármacos. Marcaje de fármacos. Desarrollo de un radiofármaco. Generadores de ^{99m}Tc . Propiedades del Tecnecio. Radiofármacos de ^{99m}Tc . Radiofármacos de Yodo. Emisores de positrones. Forma física y administración de los radiofármacos. Mecanismos de localización de los radiofármacos. Aplicaciones de los Radiofármacos en Medicina Nuclear: Evaluación del sistema nervioso central. Radiofármacos para imágenes cardiovasculares. Evaluación de la función pulmonar. Radiofármacos utilizados en el estudio renal. Radiofármacos utilizados en el estudio óseo. Radiofármacos en el diagnóstico de los procesos inflamatorios infecciosos. Radiofármacos Terapéuticos: Radiofármacos en terapia. Radionucleídos terapéuticos. Propiedades de los radiofármacos terapéuticos. Criterios de Selección. Terapia Tumoral. Terapia paliativa del dolor.

Instrumentación en medicina nuclear

Principios de funcionamiento y descripción de activímetros, scanners lineales, sondas detectoras, cámaras de centelleo planares, sistemas SPECT, contadores de muestras de centelleo sólidos y líquidos, cámaras computarizadas. Parámetros de funcionamiento. Control de calidad del equipamiento utilizado en medicina nuclear: chequeos de aceptación, de referencia y de rutina. Maniqués, fuentes y accesorios. Procedimientos de garantía de la calidad. Mantenimiento preventivo y correctivo. Descripción de Nuevos equipos y Técnicas: PET, función del ciclotrón.

Procesamiento de imágenes en medicina nuclear

Formación de la imagen por una cámara de centelleo. Imagenología computarizada en Medicina Nuclear. Digitalización de la imagen centelleográfica. Adquisición de la imagen centelleográfica: interfaces de adquisición, parámetros que caracterizan la calidad de la imagen, formatos de adquisición y criterios de selección, estudios estáticos, dinámicos y gatillados, criterios estadísticos para la adquisición de una imagen estática, criterios temporales para la adquisición de estudios dinámicos, criterios de parada para la adquisición de estudios gatillados. Procesamiento de la información centelleográfica: objetivos, filtrado de imágenes, creación de regiones de interés, creación de curvas, modelación y creación de imágenes paramétricas funcionales.

Tomografía por emisión de fotones (SPECT)

Reconstrucción de un volumen tomográfico a partir de proyecciones. Parámetros que caracterizan la calidad de la imagen de SPECT. Factores instrumentales y operacionales que influyen en la calidad de la imagen de SPECT. Problemas relacionados con la cuantificación de la imagen de SPECT: atenuación de la radiación, dispersión, efecto de volumen parcial. Correcciones. Métodos de visualización del volumen tomográfico. Sistemas procesadores en medicina Nuclear.

Dosimetría clínica en medicina nuclear

Método de las fracciones absorbidas. Actividad acumulativa. Constante de equilibrio. Dosimetría clínica en aplicaciones de diagnóstico: Evaluación de un caso. Dosimetría en aplicaciones terapéuticas. Factores que afectan la estimación de dosis. Modelos de estimación dosimétrica. Método de los kernels puntuales de convolución. Modelos

radiobiológicos. Modelo TDF. Modelo Lineal Cuadrático. Optimización de la terapia con radionucleídos. Micro-dosimetría.

Programa de clases prácticas

1. Laboratorio de fuentes abiertas:

Cuarto caliente y cuarto tibio. Manejo de soluciones radiactivas. Precauciones propias del trabajo con materiales radiactivos. Medidas de seguridad convencional y radiológicas. Transporte de soluciones. Blindajes, rótulos, registro. Preparación de soluciones, diluciones. Manejo de Residuos luego del trabajo.

2. Desintegración radiactiva:

Medición de actividad de una muestra radiactiva y del fondo. Tratamiento estadístico de series de mediciones de la misma muestra.

3. Interacción de la radiación con la materia:

Medición de espectros energéticos. Retrodispersión, dispersión, atenuación. Simulación tipo Montecarlo de espectros energéticos mediante software SIMIND.

4. Activímetros:

Control de calidad de activímetros. Inspección física. Prueba de la precisión y de la exactitud. Prueba de la linealidad de la respuesta a la actividad. Prueba de la respuesta de fondo. Verificación de la reproducibilidad. Verificación de la respuesta de fondo.

5. Control de calidad radiofármacos.

Control de Calidad en tecnecio: marcación de ^{99m}Tc -Sestamibi (TLC, agua-acetato), molibdeno en eluido.

6. Colimadores:

Características físicas de los diversos colimadores. Determinación de la sensibilidad, resolución y linealidad de colimadores. Cambio de colimadores.

7. Procesamiento de imágenes planares:

Procesamiento imágenes planares estáticas: normalización, cambio de tamaño de matriz, magnificación, suavizado espacial, regiones de interés. Procesamiento imágenes dinámicas. Creación de histogramas. Procesamiento imágenes gatilladas. Análisis de Fourier.

8. Algoritmos de reconstrucción:

Reconstrucción de imágenes tomográficas empleando retroproyección filtrada. Uso de filtros. Frecuencia de corte. Reconstrucción de imágenes tomográficas empleando métodos iterativos. Reconstrucción 3D. Registro y fusión de imágenes.

9. Control de calidad en cámara gamma planar y SPECT:

Control de calidad. Prueba de la uniformidad del campo intrínseca y del sistema. Prueba de la sensibilidad planar. Resolución espacial. Resolución energética. Centro de rotación. Resolución espacial y uniformidad (fantomas Carlson y Jaszczak) tomográfica. Corrección por atenuación.

10. Control de calidad en Tomografía por emisión de positrones:

Control de calidad en PET. Corrección de fondo. Normalización y eficiencia axial. Corrección de tiempo muerto. Calibración de SUV. Resolución espacial y uniformidad. Creación de mapas para corrección de atenuación (blank scan).

11. Dosimetría interna:

Cálculo de actividad acumulada y tiempos de residencia mediante método de imágenes conjugadas anterior-posterior. Aplicación de software MIRDOSE para cálculo de dosis absorbida

Bibliografía:

- M.P. Sandler, J.A. Paton, R.E. Coleman, A. Gottschalk, F.J. Wackers y P.B. Hoffer, Diagnostic Nuclear Medicine, Williams & Wilkins, 1996.
- H. Wagner, Z. Szabo, J. Buchanan, Principles of Nuclear Medicine, W. B. Saunders Company, 1995.
- R. Chandra, Nuclear Medicine Physics: the basics, William & Wilkins, 1998.
- B. Bendreim, D. Townsend, The theory and Practice of 3D PET, Kluwer Academic Publishers, 1998.
- J. Dutriex, A. Desgrez, B. Bok y C. Chevalier, Física y Biofísica: Radiaciones, Editorial AC, 1980.
- M. Levi de Cabrejas, Tomografía en Medicina Nuclear, Edición de la Aurora, 1999.
- Autoridad Regulatoria Nuclear, Radioprotección en las aplicaciones médicas de las radiaciones ionizantes, 2000.
- R- Fraxedas, M. Borrón, et. al. Curso de Medicina Nuclear. MINSAP. 1998.
- C. Sánchez. "Tomografía por emisión de fotones". 1999.
- C. Cabal. Principios de la Resonancia Magnética Nuclear. Universidad de Oriente. 1995.
- Alfonso, R., Brandan, M., Brunetto, M., Castellanos, E., DaCruz, J. y F. Gutt, 2007: El Físico Médico: Criterios para su Formación Académica, Entrenamiento Clínico y Certificación, Reporte del Proyecto ARCAL LXXXIII, IAEA, Viena, 62 pp.
- Barnett, R., 1994: The Limits of Competent: Knowledge, Higher Education and Society, Open University Press, Maidenhead, UK.
- International Atomic Energy Agency, 2005: Program of Action for Cancer Therapy, Vienna, 3 pp.
- International Atomic Energy Agency, 2007: El Físico Médico: Criterios para su Formación Académica, Entrenamiento Clínico y Certificación,
- Organización Mundial de la Salud, 2006: *World Cancer Day: Global action to avert 8 million cancer-related deaths by 2015*, Comunicado de Prensa, Ginebra.
- Podgorsak, E.B., 2005: Radiation Oncology Physics: A Handbook for Teachers and Students, International Atomic Energy Agency, Publishing Section, Vienna, 696 pp.

Cursos Optativos

Nombre del curso: ELECTRÓNICA Y SEÑALES

Número de créditos: 3

Descripción:

Se trata de realizar un estudio básico de los dispositivos, subsistemas y sistemas electrónicos analógicos y digitales. Del estudio de las propiedades de conducción eléctrica de los materiales semiconductores se llega a las ecuaciones que rigen el comportamiento

de los dispositivos electrónicos básicos. Además se describen los fundamentos de las comunicaciones. Técnicas básicas para el tratamiento y la transmisión de la señal, así como propagación de señales y se presentan aplicaciones especialmente al área médica.

Objetivos:

Al finalizar el curso el estudiante estará en capacidad de:

- Reconocer los dispositivos básicos electrónicos analógicos.
- Manejar circuitos amplificadores básicos y de analizar su comportamiento en el dominio de la frecuencia.
- Diseñar y analizar circuitos con amplificadores operacionales, tanto en aplicaciones lineales como no lineales.
- Diseñar y analizar funciones lógicas con diferentes tipos de puertas lógicas y subsistemas combinacionales.
- Diseñar y manejar de circuitos de pulsos.
- Llevar a cabo la adquisición de señales analógicas y su procesamiento digital.
- Manejar software de simulación de circuitos de alto nivel.
- Manejar la instrumentación básica de laboratorio de electrónica
- Explicar las bases de la modulación de señales.
- Mostrar las técnicas básicas para el tratamiento y la transmisión de señales.
- Reconocer las técnicas de detección de la radiación tanto en Física Nuclear y Espectroscopia, como en Física de Partículas.

Contenidos:

Electrónica analógica

Procesos de conducción en semiconductores. Diodos semiconductores. El transistor BJT. Transistores unipolares. Amplificadores monoetapa. Amplificadores multietapa y realimentación. Amplificador operacional.

Electrónica digital

Álgebra de conmutación. Funciones lógicas. Familias lógicas. Circuitos y subsistemas combinacionales. Circuitos secuenciales I: biestables. Circuitos secuenciales II: registros de desplazamiento, contadores y autómatas. Circuitos temporizadores. Sistemas de adquisición y procesamiento digital de datos.

Señales y sistemas de comunicación en medicina

Conceptos básicos. Representación frecuencial de señales. Teoremas básicos. Modulaciones analógicas, pulsos y digitales. Propagación guiada y no guiada. Comunicaciones digitales de datos. Sistema de comunicación DICOM.

Bibliografía:

Kanaan Kano, SEMICONDUCTOR DEVICES., Prentice Hall 1998
R.L. Boylestad, L. Nashelsky, Ed. ELECTRÓNICA: TEORÍA DE CIRCUITOS. Prentice Hall, 1997

C. Pérez, E. Batalla, M. Iranzo, A. Sebastián, A. Mocholí. ELECTRÓNICA ANALÓGICA INTEGRADA. 1993.

R. Tocci. SISTEMAS DIGITALES. Prentice Hall, 1993.

A. Lloris, A. Prieto, L. Parrilla. SISTEMAS DIGITALES. McGraw-Hill, 2003

W. Tomasi. Sistemas de comunicaciones electrónicas. Ed. Prentice-Hall.

Nombre del curso: PLANIFICACIÓN Y EVALUACIÓN DE CASOS CLÍNICOS

Número de créditos: 3

Descripción:

Es un curso para introducir al estudiante en técnicas de planeación de tratamientos clínicos, involucrando casos típicos y atípicos de simulación. Se utilizan técnicas tridimensionales y se brindan aplicaciones para investigación.

Objetivos:

Al finalizar el curso el estudiante estará en capacidad de:

- Emplear los paquetes de programación para el planeamiento de tratamientos clínicos.
- Diferenciar entre algoritmos de cálculos utilizados en los programas de planeación CLARKSON, PENCIL BEAM, CONVOLUCION, y SUPERPOSICION, entre otros.
- Explicar el principio físico en que se basan las diferentes técnicas de planeación, según su aplicación: 3D-RT, TBI, IMRT, IGRT, TSI.
- Trabajar con la plataforma Linux, en la creación de software clínico aplicable a la radioterapia.
- Iniciar la introducción de técnicas avanzadas de tratamiento y a realizar las previsiones clínicas que correspondan en su planeación (radioterapia intraoperatoria, radiocirugía, tomoterapia, etc).

Contenidos:

- Repaso de definición de volumen: GTV, CTV, PTV, órganos de riesgo.
- Transferencia de datos desde el TAC, introducción a la simulación virtual, DRR.
- Definición de conceptos importantes: Beam's eye view, curvas de isodosis, alteración de perfiles por filtros (cuñas), bolus, DVH.
- Introducción a correcciones aplicadas por los sistemas de planificación, correcciones por irregularidades por el contorno (métodos de variación de isodosis y método de TAR), correcciones por inhomogeneidades (método de TAR, método de BATHO y otros).

- Combinación de haces para aplicaciones clínicas: campos opuestos, campos isocéntricos, normalización y variación de factor de peso, técnicas de caja y de aplicaciones especiales.
- Evaluación de planes: comparación entre planes para un tratamiento aplicando utilidades de los sistemas utilizados y por evaluación de los DVH.
- Conocer sistemas de software y algoritmos de cálculo: algoritmos, modificadores del haz, correcciones por heterogeneidad, disposición de imágenes, optimización de unidad monitor en un tratamiento, grabado y verificación de datos en el sistema; modelado biológico.
- Adquisición de datos y su introducción hacia los sistemas (commissioning): datos del equipo, adquisición de datos del haz, datos del paciente.
- Evaluación de un programa de control de la calidad para sistemas de planificación computadorizados (TPS).
- Comparación y evaluación de diferentes paquetes de software utilizados comercialmente: XiO, PENACLE, THERAPLAN, y otros.

Bibliografía:

American Association of Physicists in Medicine, Comprehensive qa for radiation oncology: Report of Aapm radiation therapy committee task group 40, med. Phys. 21 (1994) 581–618.

American Association of Physicists in Medicine Radiation Therapy Committee task group 53: quality assurance for clinical radiotherapy treatment planning, med. Phys. 25(1998) 1773–1829.

Radiation treatment planning dosimetry verification, AAPM task group 55 report, American institute of physics, new york (1995).

Chao, K.S., Perez, C.A., Brady, L.W., radiation oncology management decisions, Lippincott-Raven, New York (1999).

Clarkson, J., A note on depth doses in fields of irregular shape, br. J. Radiol. 14(1941) 265.

Cunningham, J.R., keynote address: development of computer algorithms for radiation treatment planning, int. J. Radiol. Oncol. Biol. Phys. 16 (1989) 1367–1376.

International commission on radiation units and measurements, use of computers in external beam radiotherapy procedures with high-energy photons and electrons, rep. 42, ICRU, Bethesda, Md (1987).

Prescribing, recording and reporting photon beam therapy, rep. 50, ICRU, Bethesda, Md (1993).

Prescribing, recording and reporting photon beam therapy (supplement to ICRU report 50), rep. 62, ICRU, Bethesda, Md (1999).

Johns, H.E., Cunningham, J.R., The physics of radiology, Thomas, Springfield, Il (1983).

Khan, F.M., The physics of radiation therapy, Lippincott, Williams and Wilkins, Baltimore, Md (2003).

Khan, f.m., Potish, r.a., Treatment planning in radiation oncology, lippincott, williams and wilkins, baltimore, md (1998).

Mackie, t.r., Scrimger, j.w., Battista, j.j., A convolution method of calculating dose for 15-mv x rays, med. Phys. 47 (1985) 188–196.

Milan, j., Bentley, r.e., The storage and manipulation of radiation dose data in a small digital computer, br. J. Radiol. 47 (1974) 115–121.

Sterling, T.D., Perry, h., Katz, l., Automation of radiation treatment planning, br. J. Radiol. 37 (1964) 544–550.

Storchi, P., Woudstra, E, Calculation models for determining the absorbed dose in water phantoms in off-axis planes of rectangular fields of open and wedged photon beams, *phys. Med. Biol.* 40 (1995) 511–527.

Van Dyk, J., Barnett, R.B., Battista, J., “Computerized radiation treatment planning systems”, the modern technology of radiation oncology: a compendium of medical physicists and radiation oncologists (van dyk, j., ed.), Medical Physics Publishing, Madison, Wi (1999) 231–286.

Van Dyk, J., Barnett, R.B., Cygler, J.E., Shragge, P.C., Commissioning and quality assurance of treatment planning computers, *int. J. Radiol. Oncol. Biol. Phys.* 26(1993) 261–273.

Nombre del curso: PROCEDIMIENTOS Y TÉCNICAS ESPECIALES EN RADIOTERAPIA

Número de créditos: 3

Descripción:

En este curso los estudiantes preparan conferencias sobre técnicas especializadas que usualmente requieren modificaciones de los equipos, procedimientos especiales de control y una fuerte participación del personal médico.

Objetivos:

Que los estudiantes preparen conferencias sobre técnicas especializadas que usualmente requieren modificaciones de los equipos, procedimientos especiales de control y una fuerte participación del personal médico.

Contenidos:

Irradiación estereotáctica. Irradiación total del cuerpo. Irradiación electrónica total de la piel. Radioterapia intraoperatoria. Irradiación endocavital rectal. Radioterapia conforme. Radioterapia guiada por imágenes. Radioterapia adaptativa. Radioterapia respiratoria confinada. Tomografía por emisión positrónica Scanners en tomografía y emisión positrónica. Tomografía computada. Fusión de imágenes.

Bibliografía:

Skin Electron Therapy: Techniques and Dosimetry, AAPM Task Group 30 Report, - American Association of Physicists in Medicine, Total APM, New York (1987).

Stereotactic Radiosurgery, AAPM Task Group 42 Report, AAPM, New York (1995).

GILDENBERG, P.L., TASKER, R.R. (Eds), Textbook of Stereotactic and Functional Neurosurgery, McGraw-Hill, New York (1998).

HARTMANN, G., et al., Quality Assurance Program on Stereotactic Radiosurgery, Springer, Berlin (1995).

KHAN, F.M., The Physics of Radiation Therapy, Lippincott, Williams and Wilkins, Baltimore, MD (2003).

McCULLOUGH, E.C., "Intraoperative electron beam radiation therapy (IORT)", *Advances in Radiation Oncology Physics — Dosimetry, Treatment Planning, and Brachytherapy* (PURDY, J., Ed.), American Institute of Physics, New York (1992).

PODGORSAK, E.B., PODGORSAK, M.B., "Stereotactic irradiation", *The Modern Technology in Radiation Oncology: A Compendium for Medical Physicists and Radiation Oncologists* (VAN DYK, J., Ed.), Medical Physics Publishing, Madison, WI (1999) 589–640.

"Special techniques in radiotherapy", *ibid.* pp. 641–693.

STERNICK, E.S. (Ed.), *The Theory and Practice of Intensity Modulated Radiation Therapy*, Advanced Medical Publishing, Madison, WI (1997).

VEETH, J.M., "Intraoperative radiation therapy in treatment of cancer", *Frontiers of Radiation Therapy and Oncology*, Vol. 31, Karger, Basle (1997).

VAN DYK, J., GALVIN, J.M., GLASGOW, G.P., PODGORSAK, E.B., *Physical Aspects of Total and Half Body Irradiation*, Report of Task Group 29, Report No. 17, American Association of Physicists in Medicine, New York (1986).

WEBB, S., *The Physics of Conformal Radiotherapy*, Institute of Physics Publishing, Bristol, United Kingdom (1997).

WOLKOV, H.B., "Intraoperative radiation therapy", *Textbook of Radiation Oncology*, LEIBEL, S.A., PHILIPS, T.L., Eds), W.B. Saunders, Philadelphia, PA (1998).

Nombre del curso: MODELOS BIOMÉDICOS

Número de créditos: 3

Descripción:

Muchos de los tratamientos médicos en seres humanos no pueden ser explorados mediante experimentos empíricos, en esos casos los modelos matemáticos asisten en el diseño y determinación de estrategias de control, manejo y aplicación de tratamientos médicos. El curso enseña al estudiante la construcción, implementación y aplicación de modelos matemáticos y estadísticos comúnmente utilizados en las ciencias de la salud.

Objetivos:

Al finalizar el curso el estudiante estará en capacidad de:

- Entender aspectos de la dinámica en problemas médicos.
- Construir modelos matemáticos para resolver problemas biomédicos.
- Implementar en computadora modelos de simulación.
- Interpretar resultados analíticos y numéricos de modelos matemáticos en sistemas biomédicos.

Contenidos:

Introducción a Modelos Dinámicos.

Descripción de modelos, modelos continuos, modelos discretos, análisis de dinámica de sistemas, métodos numéricos de simulación, construcción de modelos de sistemas biológicos.

Modelos en Medicina.

Modelos de crecimiento de cáncer, modelos de dinámica celular, modelos de control de enfermedades humanas, modelos de control de dosis, modelos epidemiológicos, modelos de control de radioterapia, estimación de parámetros en modelos biomédicos, simulación y validación de modelos biomatemáticos.

Control en sistemas biológicos y medicina.

Introducción a sistemas y control, sistemas de control del proceso clínico, control en terapias de droga, control en radioterapias.

Bibliografía:

Strogatz S.H. 2000. Nonlinear dynamics and Chaos. Westview press
De Vries, G., Hillen, T., Lewis, M., Muller, J., Schonfish B. 2006. A Course in Mathematical Biology: quantitative modelling with mathematical and computational methods. SIAM
Presiozi L. 2003. Cancer Modelling and simulation. CRC
Carson E., Cobelli, C. 2001. Modelling methodology for physiology and medicine Academic press London.

Nombre del curso: BIOLOGÍA MATEMÁTICA

Número de créditos: 3

Descripción:

Se introduce al estudiante al modelamiento matemático de sistemas biológicos. Se hará énfasis en: la elaboración, el análisis, la estimación de parámetros, la resolución tanto analítica como numérica del modelo biomatemático, finalizando con la validación, e interpretación de los resultados obtenidos del modelo.

Objetivos:

Al finalizar el curso el estudiante estará en capacidad de hacer lo siguiente:

- Construir modelos biomatemáticos.
- Analizar modelos biomatemáticos.
- Desarrollar modelos de simulación.
- Estimar y validar parámetros de modelos biomatemáticos.

Contenidos:

Modelos teóricos.

Introducción a modelos discretos, modelos de ecuaciones diferenciales ordinarias, modelos de ecuaciones diferenciales parciales, modelos estocásticos, modelos de autómatas celulares y otros, estimación de parámetros.

Implementación de modelos.

Implementación de modelos en Excel y R. Construcción de modelos de simulación, simulación de modelos discretos y continuos, simulación de modelos estocásticos, uso de máxima verosimilitud para estimación de parámetros.

Bibliografía:

Strogatz S.H. 2000. Nonlinear dynamics and Chaos. Westview press
De Vries, G., Hillen, T., Lewis, M., Muller, J., Schonfish B. 2006. A Course in Mathematical Biology: quantitative modelling with mathematical and computational methods. SIAM
Murray, J.D. 2003. Mathematical Biology. Srpingger-Verlag

Nombre del curso: LA ENERGÍA SOLAR Y LA SALUD

Número de créditos: 3

Descripción:

En este curso se introduce al estudiante en el uso de la instrumentación en energía solar y en el diseño de prototipos solares. Al final del curso el estudiante podrá estimar parámetros de radiación solar, validar e interpretar resultados acerca de la radiación solar en Costa Rica y sus efectos en la salud.

Objetivos:

Al finalizar el curso el estudiante estará en capacidad de:

- Construir dispositivos solares.
- Valorar ventajas y desventajas de la exposición a la energía solar.
- Estimar y valorar parámetros de la radiación ultravioleta en Costa Rica y su incidencia en el cáncer de piel

Contenidos:

El sol en el rango estelar. Cantidad y Calidad de la radiación Solar, Trayectoria del sol. Instrumentación en energía solar. Radiación solar en la estratosfera. Radiación Solar total en diferentes lugares de Costa Rica. Radiación Ultravioleta en Costa Rica, instrumentos para su medición. Absorción Reflexión y transmisión de de la radiación solar en diferentes materiales especial énfasis se le dará el tejido humano. Efectos de la Radiación Solar. Usos de la energía solar para el tratamiento de alimentos.

Bibliografía:

La Física en la Medicina, María Christina Pina Barba, La Ciencia desde México, 1996, pp. 80.
Living with our Sun and Ultraviolet Rays, Arthur C. Giese, Plenum Press, 1976. pp. 178.
Así funciona El SOL, Horacio Tiganelli, Ediciones Colihue, Argentina, 1992, pp. 1- 110.
Cuerpos al Sol, Alicia Mondani, BEAS Ediciones, 1994. pp. 1-119.

La Química Hacia La Conquista Del Sol, Magdalena Ruis de Riepen y C. Mauricio Castro Acuna, la Ciencia/10 para todos, México, 1997. pp. 1-111. ProgFisicaMed08.doc (23 de Set. Del 2008).

Desinfección solar de Agua, SODIS, Notas Tecnicas Suiza y Bolivia, 2002.

Cocina- Horno Solar, Shyam S. Nandwani, Editorial Fundación UNA, Heredia, Costa Rica, pp. 126. 2004.

Diferentes artículos técnicos escritos por el autor.

Diferentes artículos populares escritos por el autor

(www.una.ac.cr/fisica/energiasolar.htm)

Nombre de la actividad: Residencia Hospitalaria en Radioterapia

Número de créditos: 16

Descripción:

La residencia es una etapa de formación de quince semanas donde el estudiante trabajará en una institución hospitalaria por 44 horas semanales. Además, tendrá 4 horas semanales de clase. El estudiante realizará una investigación aplicada sobre un caso específico relacionado con el énfasis escogido. Se presentará un informe escrito sobre la investigación, el cual se deberá defender públicamente.

Durante la residencia, los estudiantes serán supervisados por tres profesores.

Objetivos generales:

- Certificar al educando como un profesional en el área de Radioterapia.
- Planificar la adquisición de nuevo equipamiento en Hospitales y Clínicas.
- Entrenar personal de enfermería y técnicos de la salud.
- Construir e implementar en computadora modelos de simulación y saber estimar y validar los parámetros de dichos modelos.

Además, el estudiante estará en capacidad de:

- Programar casos para ser sometidos a la radioterapia.
- Operar y manejar equipo e instrumental de radioterapia.
- Calibrar equipos y detectores.
- Elaborar un trabajo escrito sobre un caso de radioterapia el cual defenderá públicamente.

ANEXO C

**PROFESORES DE LOS CURSOS DE LA MAESTRÍA EN
FÍSICA MÉDICA DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL**

ANEXO C

PROFESORES DE LOS CURSOS DE LA MAESTRÍA EN FÍSICA MÉDICA DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL

<u>CURSO</u>	<u>PROFESOR</u>
Física de las radiaciones	Shyam S. Nandwani Pahuja
Dosimetría de radiaciones	Anthony Cordero Ramírez
Radiobiología	Carlos Rodríguez Aguilera
Biomedicina	Mario Murillo Ceciliano
Aplicaciones clínicas de la radioterapia	Anthony Cordero Ramírez
Aplicaciones clínicas de radiodiagnóstico	Carlos Rodríguez Aguilera
Aplicaciones clínicas de la medicina nuclear	Isaac Rojas Campos
Protección radiológica	Marvin Rodríguez González
Instrumentación	Anthony Cordero Ramírez
Física de las imágenes médicas	Carlos Rodríguez Aguilera
Radioterapia	Anthony Cordero Ramírez
	Isaac Rojas Campos
Radiodiagnóstico	Marvin Rodríguez González
	Isaac Rojas Campos
Medicina nuclear	Isaac Rojas Campos
	Marvin Rodríguez González
Residencia hospitalaria	Anthony Cordero Ramírez
	Isaac Rojas Campos
	Marvin Rodríguez González
<i>Cursos electivos</i>	
Electrónica y señales	Carlos Rodríguez Aguilera
Planificación y evaluación de casos clínicos	Marvin Rodríguez González
Procedimientos y técnicas especiales en radioterapia	Isaac Rojas Campos
Modelos biomédicos	Tomás de Camino Beck
Biología matemática	Tomás de Camino Beck
Energía solar y la salud	Shyam S. Nandwani Pahuja

ANEXO D

**PROFESORES DE LOS CURSOS DE LA MAESTRÍA EN FÍSICA MÉDICA
DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL Y SUS
GRADOS ACADÉMICOS**

ANEXO D

PROFESORES DE LOS CURSOS DE LA MAESTRÍA EN FÍSICA MÉDICA DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL Y SUS GRADOS ACADÉMICOS

ANTHONY CORDERO RAMÍREZ

Maestría en Física Médica, Universidad de Aberdeen, Escocia.

TOMÁS DE CAMINO BECK

Bachillerato en Biología, Universidad de Costa Rica. Maestría en Computación, Instituto Tecnológico de Costa Rica.

MARIO MURILLO CECILIANO

Especialidad en Cirugía General, Universidad de Costa Rica.

SHYAM S. NANDWANI PAHUJA

Doctorado en Física, Universidad de Roorkee, Uttarakhand, India.

MARVIN RODRÍGUEZ GONZÁLEZ

Maestría en Física Médica, Universidad Nacional Autónoma de México.

CARLOS RODRÍGUEZ AGUILERA

Maestría en Física, Universidad Estatal de Járkov, Ucrania.

ISAAC ROJAS CAMPOS

Bachillerato en Física, Universidad de Costa Rica. Maestría en Radiaciones e Imágenes en Física Radio-Médica, Universidad Paul Sabatier, Francia.

ANEXO E

**NOTA DEL DR. EDUARDO DORYAN SOBRE LA ANUENCIA DE LA CAJA
COSTARRICENSE DEL SEGURO SOCIAL A FACILITAR SUS
INSTALACIONES HOSPITALARIAS PARA EL
DESARROLLO DE LA CARRERA**



CAJA COSTARRICENSE DE SEGURO SOCIAL
PRESIDENCIA EJECUTIVA
Teléfonos: 2295-2541 - 2295-2640 - 2295-2525
Fax 2295-2035 - mail: pr.sejec@ccss.sa.cr
Apartado 10105 San José Costa Rica

CONARE - OPES
División Académica

Recibido por: Melissa Guerrero Villarreal
Fecha: 1-12-08 Hora: 9:00

27 de noviembre 2008
PE-60.421-08

Señor
MSc. Alex Cox Alvarado
OPES-CONARE

Estimado señor:

ASUNTO: Creación Maestría Física Médica.

Para la Caja Costarricense de Seguro Social es de gran interés contar con Físicos Médicos a nivel de posgrado, para garantizar los profesionales requeridos y de esta forma expandir los servicios de tratamiento del cáncer en Costa Rica. Es así como el proyecto de creación de la Maestría en Física Médica del Departamento de Física de la Universidad Nacional (UNA) nos presenta esta oportunidad.

Este plan de estudios contempla el entrenamiento de estudiantes por parte de Físicos Médicos de la Caja Costarricense de Seguro Social (CCSS) en instalaciones hospitalarias, para lo cual entre las dos instituciones se estarían coordinando las acciones necesarias.

Es por lo anterior que como Presidente Ejecutivo de esta Institución, reitero nuestro interés para que este proyecto sea implementado a la mayor brevedad y quedamos a sus órdenes para cualquier información complementaria sobre nuestras necesidades.

Atentamente,


Dr. Eduardo Doryan Garrón
PRESIDENTE EJECUTIVO



Cf. Sr. Olimar Segura, Rector Universidad Nacional
Archivo
01/13