UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

PROGRAMA DE POSGRADO EN CIENCIAS FÍSICAS

CATÁLOGO DE CURSOS Y TEMARIOS

Planes de estudio:

- Maestría en Ciencias (Física)
- Maestría en Ciencias (Física Médica)
- Doctorado en Ciencias (Física)

Grados que se otorgan:

- Maestro(a) en Ciencias (Física)
- Maestro(a) en Ciencias (Física Médica)
- Doctor(a) en Ciencias (Física)

Campos de Conocimiento:

- Física Cuántica, Atómica y Molecular
- Física de Altas Energías, Física Nuclear, Gravitación y Física Matemática
- Física Estadística y Sistemas Complejos
- Física Médica y Biológica
- Materia Condensada y Nanociencias
- Medios Contínuos
- Óptica y Fotónica

Entidades académicas participantes:

- Centro de Nanociencias y Nanotecnología
- Facultad de Ciencias
- Instituto de Astronomía
- Instituto de Ciencias Aplicadas y Tecnología
- Instituto de Ciencias Físicas
- Instituto de Ciencias Nucleares
- Instituto de Energías Renovables
- Instituto de Física
- Instituto de Investigaciones en Materiales

Modificación del Programa de Posgrado en Ciencias Físicas.

- Fecha de la aprobación del Consejo Académico de Posgrado: 8 de agosto de 2019.

Posgrado en Ciencias Físicas
ÍNDICE DE TEMARIOS DE CURSOS

MAESTRÍA EN CIENCIAS (FÍSICA) 7

Actividades obligatorias (aspectos técnico metodológicos) 8

Laboratorio Avanzado 9

Seminario de Investigación I 11

Seminario de Investigación II 13

Cursos Básicos (obligatorios de elección) 15

Electrodinámica Clásica I 16

Física Estadística I 19

Mecánica Clásica I 22

Mecánica Cuántica I 26

Cursos Introductorios por Campo de Conocimiento (obligatorios de elección) 29

Física Cuántica, Atómica y Molecular. 30

Caos Cuántico 31

Física Atómica I 33

Física Atómica y de Láseres 35

Física Molecular 38

Fundamentos de Espectroscopía Atómica, Molecular y sus aplicaciones 41

Introducción a Fenómenos Cuánticos de muchos Cuerpos 44

Introducción a la Óptica Cuántica 47

Introducción a la Química Cualitativa 50

Introducción a la Química Cuántica Computacional 52

Laboratorio de Materia Ultrafría 55

Física de Altas Energías, Física Nuclear, Gravitación y Física Matemática 57

Cosmología 58

Estructura Nuclear y Hadrónica 61

Física de Partículas Elementales 63

Geometría Diferencial y Topología para Físicos I 66

Métodos de la Física Experimental de Altas Energías 71

Reacciones Nucleares 74

Relatividad General 76

Teoría Cuántica de Campos I 79

Física Estadística y Sistemas Complejos 82

Física Estadística Computacional 83
Física Estadística II 86
Física No Lineal y Sistemas Complejos I 89
Física Médica y Biológica 93
Biofísica y Biología Molecular de la Célula 94
Física Biológica 97
Física Radiológica en Medicina 100
Fundamentos de Dosimetría de la Radiación Ionizante 103
Materia Condensada y Nanociencias 107
Estado Sólido 108
Estructura Electrónica de los Materiales 111
Física de Nanoestructuras 115
Métodos Experimentales I 118
Medios Continuos 120
Acústica de Fluidos 121
Flujos Astrofísicos 124
Introducción a la Física de Plasmas 127
Mecánica de Fluidos 130
Principio de Diagnósticos en Plasmas 134
Teoría Cinética de Plasmas 137
Óptica y Fotónica 140
Fundamentos de Fotónica 141
Fundamentos de Óptica 144
Introducción a la Óptica Cuántica 147
Láseres y Optoelectrónica 150
Óptica de Fourier 153
Cursos Avanzados por Campo de Conocimiento (optativos) 156
Para todos los campos de conocimiento 157
Temas Selectos 158
Física Cuántica, Atómica y Molecular. 160
Correlaciones Cuánticas 161
Física atómica II 163
Información Cuántica 165

Óptica Cuántica 168
F*ísica de Altas Energías, Física Nuclear, Gravitación y Física Matemática* 171
Aplicaciones Astrofísicas y Cosmológicas de la Relatividad General 172
Aspectos Geométricos de la Mecánica Cuántica 175
Astropartículas 178
Correspondencia Holográfica 181
Geometría Diferencial y Topología para Físicos II 185
Cuantización de Teorías de Norma 188
Modelo Estándar Electrodébil 190
Interacciones Fuertes 194
Introducción a la Física de Neutrinos 197
Introducción a la Teoría de Cuerdas 200
Métodos Numéricos 203
Montecarlo y Análisis de Datos en Física Experimental de Altas Energías 208
Relatividad General Avanzada 211
Relatividad Numérica 214
Simetrías en Física 217
Supersimetría 219
Teoría de Campos en Fondos Curvos 222
Teoría Cuántica de Campos II 224
Física Estadística y Sistemas Complejos 231
Física Estadística Fuera del Equilibrio 232
Física No Lineal y Sistemas Complejos ll 237
Procesos Estocásticos 240
Redes Complejas 242
Punto de vista Cinético de la Física Estadística 244
Sistemas Dinámicos No Lineales y Caos 248
Teoría de Líquidos 251
Física Médica y Biológica 254
Aplicaciones Biomédicas de las Ondas de Choque 255
Bases Fundamentales para el Estudio de las Interacciones Lípido-Proteína 258
Física de la Dosimetría en Campos de Radiación con Alta Densidad de Ionización 263
Física de la Medicina Nuclear e Imagen Molecular 273

Física de la Imagen por Resonancia Magnética 277
Introducción a la Mecanotransducción: Mecánica Celular, Señales y Tecnología 282
Laboratorio Clínico Avanzado de Radiodiagnóstico 288
Laboratorio Clínico Avanzado de Radioterapia 291
Modelos Matemáticos en Biología y Medicina 297
Principios Físicos del Ultrasonido Médico de Diagnóstico 300
Procesamiento y Análisis de Imágenes 304
Radioisótopos en Medicina y Biología 307
Análisis de Señales Cerebrales y otros Sistemas Complejos 310
Materia Condensada y Nanociencias 313
Estado Sólido Avanzado 314
Física de Semiconductores 317
Introducción a la Óptica Cuántica 320
Métodos Experimentales II 324
Superconductividad 327
M*edios Continuos* 330
Acústica no lineal 331
Dinámica de Fluidos Computacional 334
Dinámica de Fluidos Geofísicos 337
Elasticidad 339
Estabilidad y Turbulencia 341
Fluidos no Newtonianos 344
Flujo Viscoso Lento 347
Óptica y Fotónica. 350
Información Cuántica 351
Óptica Geométrica 355
Óptica no Lineal 358
Polarización y Polirametría 361
MAESTRÍA EN CIENCIAS (FÍSICA MÉDICA). 364
Cursos obligatorios 365
Física de Radiaciones y Dosimetría 366
Introducción a la Anatomía y Fisiología Humana 369
Introducción a la Instrumentación y Señales 372

Laboratorio de Dosimetría 375
Principios de Biología Celular 378
Física de la Imagen Radiológica 382
Física de la Radioterapia 385
Protección Radiológica 388
Residencia Hospitalaria 396
Seminario de Investigación I 399
Seminario de Investigación II 401
Cursos optativos 403
Aplicaciones Biomédicas de las Ondas de Choque 404
Biofísica y Biología Molecular de la Célula 407
Física Biológica 410
Física de la Dosimetría en Campos de Radiación con Alta Densidad de Ionización 413
Física de la Imagen por Resonancia Magnética 417
Física de la Medicina Nuclear e Imagen Molecular 420
Modelos Matemáticos en Biología y Medicina 424
Procesamiento y Análisis de Imágenes 429
Introducción a la Mecanotransducción: Mecánica Celular, Señales y Tecnología 432
Laboratorio Clínico Avanzado de Radioterapia 438
Laboratorio Clínico Avanzado de Radiodiagnóstico 441
Laboratorio Clínico de Radiocirugía y Técnicas Avanzadas de Radioterapia 444
Principios Físicos del Ultrasonido Médico de Diagnóstico 447
Radioisótopos en Medicina y Biología 454
Análisis de señales Cerebrales y otros Sistemas Complejos 457
Temas Selectos de Física Biológica 460
Temas Selectos de Física Médica 462

MAESTRÍA EN CIENCIAS (FÍSICA)

ACTIVIDADES OBLIGATORIAS (ASPECTOS TÉCNICO METODOLÓGICOS)

	UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO **PROGRAMA DE POSGRADO EN CIENCIAS FÍSICAS** **MAESTRÍA EN CIENCIAS (FÍSICA)**				
Laboratorio Avanzado					
Clave	**Semestre 1**	**Créditos 6**	**Campo de conocimiento**	**Todos los campos (dependiendo de las prácticas seleccionadas)**	
Modalidad	**Curso () Taller ( ) Lab (x) Sem ( )**			**Tipo**	**T ( ) P (x) T/P ( )**
Carácter	**Obligatorio (x) Optativo ( )** **Obligatorio E ( ) Optativo E ( )**			**Horas**	
Duración del programa		**semestral**		**Semana**	**Semestre**
				Teóricas: 0	**0**
				Prácticas: 3	**48**
				Total: 3	**48**

Objetivo general:
El alumno aplicará la metodología y técnicas de la física experimental.

Objetivos específicos:
Tener conocimiento de la metodología y técnicas de la física experimental.

Índice temático

	Tema	**Horas semestre**	
		Teóricas	**Prácticas**
1	**Laboratorio Avanzado**	**0**	**48**
	Total	**0**	**48**
	Suma total de horas	**48**	

Contenido Temático	
	Tema y subtemas
	El laboratorio tiene una estructura modular y estará compuesto por el número de prácticas que determinará cada semestre el Comité Académico. Cada práctica deberá incluir las siguientes etapas: **ETAPA 1:** En la que el alumno llevará a cabo la investigación de los antecedentes, fundamentos físicos y aspectos más importantes del experimento a desarrollar, **ETAPA 2:** En la que el alumno desarrollará en detalle la práctica en el laboratorio**.** **ETAPA 3:** Dedicada para la elaboración y entrega del reporte de la práctica Cada semestre se integrará un banco de prácticas con las propuestas de los profesores y grupos de investigación. Con base al listado Autorizado por el Comité Académico los alumnos podrán seleccionar las prácticas a realizar. El Laboratorio Avanzado se evalúa con base en los reportes escritos de cada una de las prácticas realizadas por el alumno. La calificación asignada al Laboratorio

	Avanzado será Aprobado o No Aprobado. La aprobación global del Laboratorio Avanzado requiere que el alumno apruebe cada una de las prácticas realizadas.

Estrategias didácticas		Evaluación del aprendizaje	
Exposición	x	Exámenes parciales	
Trabajo en equipo		Examen final	
Lecturas		Trabajos y tareas	
Trabajo de investigación	x	Presentación de tema	
Prácticas (taller o laboratorio)	x	Participación en clase	
Prácticas de campo		Asistencia	x
Aprendizaje por proyectos		Rúbricas	
Aprendizaje basado en problemas		Portafolios	
Casos de enseñanza		Listas de cotejo	
Otras (especificar)		Otras (especificar)	

Bibliografía básica:

- La bibliografía dependerá del tema que se aborde en el Laboratorio Avanzado

Bibliografía complementaria:

- La bibliografía dependerá del tema que se aborde en el Laboratorio Avanzado

Perfil profesiográfico:

Quienes impartan esta actividad deberán contar con el grado de Maestro(a) o Doctor(a) o con la dispensa de grado otorgada por el Comité Académico, en alguna disciplina afín a los contenidos de esta actividad académica; experiencia académica o profesional relacionadas con la docencia en los campos del conocimiento del Programa. Tener producción académica o profesional reciente, demostrada con obra académica o profesional reconocida. Manejo y conocimiento de técnicas de enseñanza y aprendizaje.

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

PROGRAMA DE POSGRADO EN CIENCIAS FÍSICAS
MAESTRÍA EN CIENCIAS (FÍSICA)

Seminario de Investigación I					
Clave	**Semestre 3**	**Créditos 4**	**Campo de conocimiento**	**Todos los campos (dependiendo de las prácticas seleccionadas)**	
Modalidad	**Curso () Taller ( ) Lab () Sem (x)**			**Tipo**	**T (x) P ( ) T/P ( )**
Carácter	**Obligatorio (x) Optativo ( )** **Obligatorio E ( ) Optativo E ( )**			**Horas**	
Duración del programa	**Semestral**			**Semana**	**Semestre**
				Teóricas: 2	**32**
				Prácticas: 0	**0**
				Total: 2	**32**

Objetivo general:
El alumno identificará los elementos teóricos y metodológicos, necesarios, para elaborar y desarrollar una propuesta sólida del trabajo de investigación que le permitirá graduarse, independientemente de la modalidad de graduación elegida.

Objetivos específicos:

- Revisar los contenidos básicos de los trabajos de investigación de maestría desarrollados por otros alumnos.
- Presentar los contenidos básicos y orientación de las teorías y metodologías necesarias para la elaboración de los temas de investigación, a fin de que se consideren y particularicen en el trabajo de investigación.
- Tener conocimiento del estado del arte de su tema de investigación, en particular con referencia a las teorías y metodologías mediante las cuáles se aborda su estudio.

Índice temático

	Tema	**Horas semestre**	
		Teóricas	**Prácticas**
1	**Seminario de Investigación**	**32**	**0**
	Total	**32**	**0**
	Suma total de horas	**32**	

Contenido Temático	
	Tema y subtemas
Unidad 1	**Seminario de Investigación**
	El Seminario de Investigación consiste en reuniones semanales del alumno con el tutor principal en las que se discutirán y plantearán diferentes aspectos relacionados con el trabajo de investigación que realiza el alumno. El seminario se evalúa con base a: 1) Una plática o seminario que el alumno presentará ante su Comité Tutor. 2) Un reporte escrito que incluye el avance semestral en el proyecto de investigación. El reporte se anexará al informe del alumno e incluirá el protocolo para el proyecto de graduación de maestría a concluir durante el siguiente semestre. La calificación asignada al Seminario de Investigación será Aprobado o No Aprobado.

Estrategias didácticas		Evaluación del aprendizaje	
Exposición	x	Exámenes parciales	
Trabajo en equipo		Examen final	
Lecturas		Trabajos y tareas fuera del aula	x
Trabajo de investigación	x	Presentación de tema	
Prácticas (taller o laboratorio)		Participación en clase	x
Prácticas de campo		Asistencia	x
Aprendizaje por proyectos		Rúbricas	
Aprendizaje basado en problemas		Portafolios	
Casos de enseñanza		Listas de cotejo	
Otras (especificar)		Otras (especificar)	
Ejercicios fuera del aula	x	Reporte escrito del seminario	
Lecturas obligatorias	x		

Bibliografía básica:

- La bibliografía dependerá del tema que se aborde en el proyecto de investigación del alumno

Bibliografía complementaria:

- La bibliografía dependerá del tema que se aborde en el proyecto de investigación del alumno

Perfil profesiográfico:

Quienes impartan esta actividad deberán contar con el grado de Maestro(a) o Doctor(a) o con la dispensa de grado otorgada por el Comité Académico, en alguna disciplina afín a los contenidos de esta actividad académica; experiencia académica o profesional relacionadas con la docencia en los campos del conocimiento del Programa. Tener producción académica o profesional reciente, demostrada con obra académica o profesional reconocida. Manejo y conocimiento de técnicas de enseñanza y aprendizaje.

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

PROGRAMA DE POSGRADO EN CIENCIAS FÍSICAS
MAESTRÍA EN CIENCIAS (FÍSICA)

Seminario de Investigación II

Clave	Semestre 4	Créditos 4	Campo de conocimiento	Todos los campos (dependiendo de las prácticas seleccionadas)
Modalidad	Curso () Taller ( ) Lab () Sem (x)		Tipo	T (x) P ( ) T/P ( )
Carácter	Obligatorio (x) Optativo ( ) Obligatorio E ( ) Optativo E ( )		Horas	
Duración del programa	Semestral		Semana	Semestre
			Teóricas: 2	32
			Prácticas: 0	0
			Total: 2	32

Objetivo general:
El alumno integrará y organizará la información de su trabajo final de investigación para concluirlo, presentarlo formalmente y graduarse.

Objetivos específicos:

- Conjuntar las partes que componen la estructura de un trabajo de investigación de calidad académica.
- Reconocer las características de sintaxis básicas, que se deben considerar para elaborar el trabajo final de investigación.
- Presentar el trabajo final de investigación para una revisión previa a la exposición de éste.

Índice temático

	Tema	Horas semestre	
		Teóricas	Prácticas
1	Seminario de Investigación	32	0
	Total	32	0
	Suma total de horas	32	

Contenido Temático	
	Tema y subtemas
Unidad 1	**Seminario de Investigación**
	El Seminario de Investigación consiste en reuniones semanales del alumno con el tutor principal en las que se discutirán y plantearán diferentes aspectos relacionados con el trabajo de investigación que realiza el alumno. El seminario se evalúa con base a: 1) Una plática o seminario que el alumno presentará ante su Comité Tutor. 2) Un reporte escrito que incluye el avance semestral en el proyecto de investigación. El reporte se anexará al informe del alumno e incluirá el borrador final del proyecto de graduación de maestría a concluir durante ese semestre. La calificación asignada al Seminario de Investigación será Aprobado o No Aprobado.

Estrategias didácticas		Evaluación del aprendizaje	
Exposición	x	Exámenes parciales	
Trabajo en equipo		Examen final	
Lecturas		Trabajos y tareas fuera del aula	x
Trabajo de investigación	x	Presentación de tema	
Prácticas (taller o laboratorio)		Participación en clase	x
Prácticas de campo		Asistencia	x
Aprendizaje por proyectos		Rúbricas	
Aprendizaje basado en problemas		Portafolios	
Casos de enseñanza		Listas de cotejo	
Otras (especificar)		Otras (especificar)	
Ejercicios fuera del aula	x	Reporte escrito del seminario	
Lecturas obligatorias	x		

Bibliografía básica:

- La bibliografía dependerá del tema que se aborde en el proyecto de investigación del alumno

Bibliografía complementaria:

- La bibliografía dependerá del tema que se aborde en el proyecto de investigación del alumno

Perfil profesiográfico:

Quienes impartan esta actividad deberán contar con el grado de Maestro(a) o Doctor(a) o con la dispensa de grado otorgada por el Comité Académico, en alguna disciplina afín a los contenidos de esta actividad académica; experiencia académica o profesional relacionadas con la docencia en los campos del conocimiento del Programa. Tener producción académica o profesional reciente, demostrada con obra académica o profesional reconocida. Manejo y conocimiento de técnicas de enseñanza y aprendizaje.

ACTIVIDADES OBLIGATORIAS DE ELECCIÓN (TEMAS DE FÍSICA BÁSICA)

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

PROGRAMA DE POSGRADO EN CIENCIAS FÍSICAS
MAESTRÍA EN CIENCIAS (FÍSICA)

Electrodinámica Clásica I						
Clave	**Semestre 1**	**Créditos 8**	**Campo de conocimiento**	**Todos los campos de conocimiento**		
Modalidad	**Curso (X) Taller ( ) Lab ( ) Sem ( )**			**Tipo**	**T (X) P ( ) T/P ( )**	
Carácter	**Obligatorio ( ) Optativo ( )** **Obligatorio E (X) Optativo E ( )**			**Horas**		
Duración del programa	**Semestral**			**Semana**	**Semestre**	
				Teóricas: 4	**Teóricas: 64**	
				Prácticas: 0	**Prácticas: 0**	
				Total: 4	**Total: 64**	

Objetivo general:

El alumno profundizará en los conceptos básicos de la electrodinámica clásica, así como adquirirá los conocimientos necesarios para continuar con la formación especializada en esta área.

Objetivos específicos:

Entender claramente el carácter unificado de los fenómenos eléctricos y magnéticos, tanto desde el punto de vista físico como matemático.

Índice temático

	Tema	**Horas semestre**	
		Teóricas	**Prácticas**
1	Ecuaciones de Maxwell	16	0
2	Propiedades dinámicas y leyes de conservación	6	0
3	Ondas electromagnéticas	14	0
4	Radiación	14	0
5	Formulación Covariante de la Electrodinámica	14	0
	Total	**64**	**0**
	Suma total de horas	**64**	

Contenido Temático	
	Tema y subtemas
Unidad 1.	**Ecuaciones de Maxwell**
1.1	Las ecuaciones de Maxwell en el vacío
1.2	Potenciales electromagnéticos, conservación de la carga e invariancia de norma

1.3	Límite estático: electrostática y magnetismo. Función de Green y desarrollo multipolar
1.4	Polarización y magnetización. Las ecuaciones macroscópicas. Tensor dieléctrico y ecuaciones constitutivas
Unidad 2.	**Propiedades dinámicas y leyes de conservación**
2.1	Balance de energía (Teorema de Poynting)
2.2	Balance de momento (tensor de esfuerzos)
2.3	Balance de momento angular
Unidad 3.	**Ondas electromagnéticas**
3.1	Ecuación de onda para campos electromagnéticos
3.2	Ondas planas, polarización y parámetros de Stokes
3.3	Reflexión y refracción
3.4	Ondas no monocromáticas y descomposición espectral
3.5	Propagación de ondas en medios dispersivos y medios conductores. Velocidades de fase y de grupo
Unidad 4.	**Radiación**
4.1	Solución de la ecuación de onda con fuentes, potenciales retardados
4.2	Desarrollo multipolar de los campos de radiación (radiación dipolar eléctrica, dipolar magnética y cuadrupolar eléctrica)
4.3	Distribución espectral de la radiación
4.4	Potenciales de Lienard-Wiechert y campos electromagnéticos de cargas puntuales
4.5	Radiación sincrotónica
Unidad 5.	**Formulación Covariante de la Electrodinámica**
5.1	Invariancia y covariancia de la electrodinámica
5.2	Transformación de Lorentz de las fuentes, potenciales y campos
5.3	Ecuación de continuidad y ecuación para el cuadripotencial electromagnético
5.4	Ecuaciones de Maxwell en forma covariente
5.5	Formulación Lagrangiana y Hamiltoniana para partículas relativistas en campos electromagnéticos

Estrategias didácticas		**Evaluación del aprendizaje**	
Exposición	X	Exámenes parciales	X
Trabajo en equipo		Examen final	X
Lecturas	X	Trabajos y tareas	X
Trabajo de investigación	X	Presentación de tema	
Prácticas (taller o laboratorio)		Participación en clase	X
Prácticas de campo		Asistencia	X
Aprendizaje por proyectos		Rúbricas	
Aprendizaje basado en problemas	X	Portafolios	
Casos de enseñanza		Listas de cotejo	
Otras (especificar)		Otras (especificar)	

Bibliografía básica:

- Jackson J. D., Classical electrodynamics 3rd. edition, John Wiley and sons, New York, 1999.
- Vanderlinde J., Classical electromagnetic theory 2nd. edition, Kluwer, New York, 2004.
- Barut A. O., Electrodynamics and classical theory of fields and particles, Dover, New York, 1980.
- Greiner W., Classical Electrodynamics, Springer-Verlag,1998.
- Bredov, M. y Otros, Electrodinámica clásica, Editorial Mir, Moscú,1986.
- Schwinger J., DeRaad L.L., Milton K.A., y Tsai W.Y., y Otros, Classical electrodynamics, Perseus Reading Massachusetts, 1998.
- Panofsky. W. K. H. y Phillips, M., Classical electricity and magnetism, 2nd. edition, Addison-Wesley, 1972.

Bibliografía complementaria:

- Good, R. H. y Nelson, T. J., Classical theory of electric and magnetic fields, Academic Press, New York, 1971.
- Thide, B., Electromagnetic field theory, Upsilon Books, **http://www.plasma.uu.se/CED/Book, 2001.**
- Melia F., Electrodynamics, The University of Chicago Press, Chicago and London, 2001.
- Zangwill A., Modern Electrodynamics Cambridge University Press, 2013.

Perfil profesiográfico:

Quienes impartan esta actividad deberán contar con el grado de Maestro(a) o Doctor(a) o con la dispensa de grado otorgada por el Comité Académico, en alguna disciplina afín a los contenidos de esta actividad académica; experiencia académica o profesional relacionadas con la docencia en los campos del conocimiento del Programa. Tener producción académica o profesional reciente, demostrada con obra académica o profesional reconocida. Manejo y conocimiento de técnicas de enseñanza y aprendizaje.

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

PROGRAMA DE POSGRADO EN CIENCIAS FÍSICAS
MAESTRÍA EN CIENCIAS (FÍSICA)

Física Estadística I

	Semestre 1	**Créditos 8**	**Campo de conocimiento**	Todos los campos de conocimiento	
Modalidad	**Curso (x) Taller ( ) Lab ( ) Sem ( )**			**Tipo**	**T (x) P ( ) T/P ( )**
Carácter	**Obligatorio ( ) Optativo ( )** **Obligatorio E (x) Optativo E ( )**			**Horas**	
Duración del programa	**Semestral**			**Semana**	**Semestre**
				Teóricas: 4	**Teóricas: 64**
				Prácticas: 0	**Prácticas: 0**
				Total: 4	**Total: 64**

Objetivo general:

El alumno profundizará en los conocimientos básicos de la física estadística, adquiriendo así, una visión más amplia y actualizada del tema.

Objetivos específicos:

a) Desarrollar los fundamentos de la física estadística de equilibrio para sistemas clásicos y cuánticos y su relación con la termodinámica.
b) Aplicar estos fundamentos a sistemas ideales.
c) Identificar los fundamentos del estudio de las transiciones de fase.
d) Estudiar algunos casos representativos de sistemas con interacción.
e) Analizar a los sistemas alejados del equilibrio y su evolución hacia el equilibrio, a través de la teoría cinética y los procesos estocásticos.

Índice temático

	Tema	**Horas semestre**	
		Teóricas	**Prácticas**
1	**Fundamentos de la Física Estadística**	**10**	**0**
2	**Conjunto Microcanónico**	**6**	**0**
3	**Conjunto Canónico**	**6**	**0**
4	**Estadística de Maxwell-Boltzmann**	**4**	**0**
5	**Conjunto Gran Canónico**	**6**	**0**
6	**Gases ideales cuánticos**	**8**	**0**
7	**Transiciones de fase**	**8**	**0**
8	**Introducción a sistemas con interacción**	**8**	**0**
9	**Evolución hacia el equilibrio e irreversibilidad**	**8**	**0**
	Total	**64**	**0**
	Suma total de horas	**64**	

Contenido Temático	
	Tema y subtemas
Unidad 1.	**Fundamentos de la Física Estadística**
1.1	Conceptos de probabilidad y variables aleatorias
1.2	Descripciones mecánica y termodinámica de los sistemas físicos
1.3	Leyes de la termodinámica
1.4	Potenciales termodinámicos
1.5	Postulados fundamentales de la Física Estadística: sistemas clásicos y cuánticos
1.6	Concepto de ergodicidad
1.7	Límite termodinámico
1.8	Evolución temporal de la densidad de probabilidad: Teorema de Liouville
Unidad 2.	**Conjunto Microcanónico**
2.1	Espacio de fases y estados cuánticos de un sistema macroscópico
2.2	Conexión con la termodinámica: Entropía y temperatura
2.3	Aplicación al gas ideal clásico y al paramagnetismo
2.4	Paradoja de Gibbs
2.5	Modelo del sólido de Einstein
Unidad 3.	**Conjunto Canónico**
3.1	Distribución de Boltzmann
3.2	Función de partición
3.3	Conexión con la termodinámica: Potencial de Helmholtz
3.4	Fluctuaciones de energía
3.5	Teorema de equipartición y teorema del virial
3.6	Aplicación al sistema de dos niveles
Unidad 4.	**Estadística de Maxwell-Boltzmann**
4.1	Estadística de los números de ocupación
4.2	Gases de fotones y de fonones
Unidad 5.	**Conjunto Gran Canónico**
5.1	Potencial químico
5.2	Distribución gran canónica
5.3	Conexión con la termodinámica: Potencial de Landau
5.4	Estadísticas cuánticas: bosones y fermiones
5.5	Fluctuaciones de densidad
5.6	Límite clásico de las estadísticas cuánticas
Unidad 6.	**Gases ideales cuánticos**
6.1	Gas de electrones en los metales
6.2	Función y temperatura de Fermi
6.3	Condensación de Bose Einstein: Temperatura y densidad críticas
6.4	Propiedades termodinámicas del gas de Bose-Einstein
6.5	Gas de fotones: termodinámica de la radiación
6.6	Modelo del sólido de Debye
6.7	Gas de fonones
Unidad 7.	**Transiciones de fase**
7.1	Transiciones de primer orden: transición líquido-vapor
7.2	Transiciones continuas
7.3	Teoría de Ginzburg-Landau
7.4	Parámetro de orden y exponentes críticos
Unidad 8.	**Introducción a sistemas con interacción**
8.1	Gases reales
8.2	Ecuación de van der Waals
8.3	Desarrollo del virial
8.4	Ferromagnetismo
8.5	Modelo de Ising

Unidad 9.	Evolución hacia el equilibrio e irreversibilidad
9.1	Irreversibilidad de la evolución macroscópica de un sistema físico
9.2	Evolución espontánea de un sistema físico aislado o en contacto con un foco térmico
9.3	Origen físico de la irreversibilidad
9.4	Teoría cinética elemental: Distribución de velocidades de Maxwell
9.5	Caminante aleatorio en tiempo discreto y continúo usando ecuación maestra
9.6	Ecuación de Langevin y movimiento browniano: Relación con la ecuación de difusión

Estrategias didácticas		Evaluación del aprendizaje	
Exposición	x	Exámenes parciales	x
Trabajo en equipo		Examen final	x
Lecturas	x	Trabajos y tareas	x
Trabajo de investigación		Presentación de tema	
Prácticas (taller o laboratorio)		Participación en clase	
Prácticas de campo		Asistencia	
Aprendizaje por proyectos		Rúbricas	
Aprendizaje basado en problemas	x	Portafolios	
Casos de enseñanza		Listas de cotejo	
Otras (especificar)		Otras (especificar)	

Bibliografía básica:

- Introducción a la Física Estadística, Leopoldo García-Colín, El Colegio Nacional. México, 2008.
- Fundamentals of Statistical and Thermal Physics, F. Reif, Waveland Press, Long Grove, 2009.
- A Modern Course in Statistical Physics, Third Edition, L. E. Reichl, Wiley-VCH, Weinheim, 2009.
- Statistical Mechanics, 3rd Edn., R. K. Pathria y P. D. Beale, Elsevier, Amsterdam, 2011.
- Statistical Mechanics, D. A. McQuarrie, University Science Books, Sausalito, 2000.

Bibliografía complementaria:

- Introduction to Statistical Physics, S.R.A. Salinas, Springer-Verlag, New York, 2000.
- Mecánica Estadística, J. J. Brey Ábalo, J. de la Rubia Pacheco y J. de la Rubia Sánchez, Cuadernos de la UNED, Universidad Nacional de Educación a Distancia, Madrid, 2001.
- Statistical Mechanics: A Survival Guide, A. M. Glazer y J. S. Wark, Oxford University Press, Oxford, 2001.
- Statistical Mechanics for Beginners: A Textbook for Undergraduates, B. L. Gilles, World Scientific, Singapore, 2010.
- Introductory Statistical Mechanics, 2nd Edn., R. Bowley y M. Sánchez, Oxford University Press, Oxford, 2010.

Perfil profesiográfico:

Quienes impartan esta actividad deberán contar con el grado de Maestro(a) o Doctor(a) o con la dispensa de grado otorgada por el Comité Académico, en alguna disciplina afín a los contenidos de esta actividad académica; experiencia académica o profesional relacionadas con la docencia en los campos del conocimiento del Programa. Tener producción académica o profesional reciente, demostrada con obra académica o profesional reconocida. Manejo y conocimiento de técnicas de enseñanza y aprendizaje.

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

PROGRAMA DE POSGRADO EN CIENCIAS FÍSICAS
MAESTRÍA EN CIENCIAS (FÍSICA)

Mecánica Clásica I					
	Semestre 1	**Créditos 8**	**Campo de conocimiento**	**Todos los campos**	
Modalidad	**Curso (x) Taller ( ) Lab ( ) Sem ()**			**Tipo**	**T (x) P ( ) T/P ( )**
Carácter	**Obligatorio ( ) Optativo ( )** **Obligatorio E (X) Optativo E ( )**			**Horas**	
Duración del programa		**Semestral**		**Semana**	**Semestre**
				Teóricas: 4	**Teóricas: 64**
				Prácticas: 0	**Prácticas: 0**
				Total: 4	**Total: 64**

Objetivo general:

El alumno profundizará en los conocimientos más importantes de la mecánica clásica, logrando así una mayor destreza en el tema.

Objetivos específicos:

- Completar su formación académica en las formulaciones lagrangiana, hamiltoniana, variacional y de Hamilton-Jacobi de la mecánica clásica, destacando tanto la importancia que tienen en la propia mecánica como en otras ramas de la física.
- Comprender a fondo la relación que existe entre las integrales de movimiento y las simetrías de los sistemas mecánicos.
- Entender que, en el caso de los sistemas integrables, la presencia de las integrales de movimiento conduce a la reducción a cuadraturas del sistema y a un comportamiento físico regular.
- Demostrar la existencia de los sistemas no integrables y las características básicas del movimiento aperiódico o caótico que se presenta en estos sistemas.

Índice temático

	Tema	**Horas semestre**	
		Teóricas	**Prácticas**
1	**Introducción (repaso de mecánica newtoniana)**	**4**	**0**
2	**Formulación lagrangiana**	**6**	**0**
3	**Principios variacionales**	**6**	**0**
4	**Leyes de conservación**	**4**	**0**
5	**Oscilaciones**	**6**	**0**
6	**Cuerpo rígido**	**6**	**0**
7	**Formulaciones Hamiltonianas**	**6**	**0**
8	**Transformaciones canónicas**	**6**	**0**
9	**Teoría de Hamilton-Jacobi**	**6**	**0**
10	**Sistema Integrables**	**6**	**0**
11	**Sistemas no integrables**	**8**	**0**
	Total	**64**	**0**
	Suma total de horas	**64**	

Contenido Temático	
	Tema y subtemas
Unidad 1.	**Introducción (repaso de mecánica newtoniana)**
1.1.	Mecánica vectorial
1.2.	Covariancia y expresión de las ecuaciones de movimiento en componentes
1.3.	Fuerzas Centrales
1.4.	Ejemplos
Unidad 2.	**Formulación lagrangiana**
2.1.	Coordenadas generalizadas, ecuaciones de Euler
2.2.	Problemas con constricciones holonómicas y no holonómicas
2.3.	Principio de D'Alembert. Trabajos virtuales
2.4.	Ejemplos
Unidad 3.	**Principios variacionales**
3.1.	Cálculo de variaciones
3.2.	Principios de Hamilton y Fermat
3.3.	Equivalencia con la formulación lagrangiana
3.4.	Ejemplos
Unidad 4.	**Leyes de conservación**
4.1.	Integrales de movimiento
4.2.	Simetrías y cantidades conservadas
4.3.	Teorema de Noether
4.4.	Ejemplos
Unidad 5.	**Oscilaciones**
5.1.	Oscilaciones pequeñas (lineales). Modos normales
5.2.	Límite de sistemas continuos, densidad lagrangiana, introducción a campos clásicos
5.3.	Oscilaciones no lineales
5.4.	Ejemplos
Unidad 6.	**Cuerpo rígido**
6.1.	Sistemas de referencia no inerciales en la formulación lagrangiana. Fuerzas inerciales
6.2.	Ángulos de Euler
6.3.	Dinámica del cuerpo rígido
6.4.	Ejemplos
Unidad 7.	**Formulaciones Hamiltonianas**
7.1.	Espacio Fase. Estructura simpléctica y coordenadas canónicas
7.2.	Transformada de Legendre.Función Hamiltoniana. Ecuaciones de Hamilton
7.3.	Paréntesis de Poisson y de Lagrange
7.4.	Teoremas de Liouville y de recurrencia de Poincré
7.5.	Ejemplos
Unidad 8.	**Transformaciones canónicas**
8.1.	Transformaciones canónicas y funciones generadoras
8.2.	La evolución temporal como un grupo continuo de transformaciones canónicas
8.3.	Teorema de Noether y simetrías
8.4.	Ejemplos
Unidad 9.	**Teoría de Hamilton-Jacobi**
9.1.	La ecuación de Hamilton
9.2.	La ecuación de la eikonal, analogías entre la mecánica y la óptica
9.3.	La ecuación de Hamilton

9.4.	Ejemplos
Unidad 10.	**Sistema Integrables**
10.1.	Sistemas integrables y su reducción a cuadraturas
10.2.	Variables de Acción y de Ángulo
10.3.	Estructura del flujo hamiltoniano en el espacio fase
10.4.	Ejemplos
Unidad 11.	**Sistemas no integrables**
11.1.	Existencia de los sistemas no integrables
11.2.	Teorema KAM
11.3.	Introducción al caos dinámico
11.4.	Ejemplos

Estrategias didácticas		**Evaluación del aprendizaje**	
Exposición	X	Exámenes parciales	X
Trabajo en equipo		Examen final	X
Lecturas	X	Trabajos y tareas	X
Trabajo de investigación	X	Presentación de tema	
Prácticas (taller o laboratorio)		Participación en clase	X
Prácticas de campo		Asistencia	X
Aprendizaje por proyectos		Rúbricas	
Aprendizaje basado en problemas	X	Portafolios	
Casos de enseñanza		Listas de cotejo	
Otras (especificar)		Otras (especificar)	

Bibliografía básica:

- Rasband S. Neil, Dynamics, John Wiley and Sons,1983.
- Calkin M.G., Lagrangian and Hamiltonian Mechanics, World Scientific, 1996.
- Goldstein H. A. y Otros, Classical Mechanics, Addison Wesley, 2002.
- Landau L. D. y E.M. Lifschitz, Mechanics, 3rd ed., Pergamon Press, Oxford, England,1976.
- Valenzuela José Jorge y Saletan Eugene J., Classical Dynamics: A Contemporary Approach, Cambridge University Press, 1998.

Bibliografía complementaria:

- Arnold V. I., Mathematical Methods of Classical Mechanics, Springer-Verlag, 1989.
- Tabor M., Chaos and Integrability in Nonlinear Systems: an Introduction, John Wiley, 1989.
- Ott E., Chaos in Dynamical Systems, Cambridge University Press, 1993.
- Greiner W., Classical Mechanics II (classical theoretical physics), Springer Verlag, 2001.
- Berry M.V., Regular and Irregular Motion, AIP 46, 1978.
- Marsden J. E. y Ratiu T. S., Introduction to Mechanichs and Symmetry, Springer, 1999.
- MatznerR. A. y Shepley L. S., Classical Mechanics, Prentice Hall, 1991.
- Abraham R. y Marsden J. E., Foundation of Classical Mechanics, Benjamin, Reading Massachusetts, 1978.
- Flores J. y Anaya G., Dinámica del cuerpo rígido, Fondo de Cultura Económica, 1989.
- Percival I. y Richards D., Introduction to Dynamics, Cambridge University Press,1992.
- Baker G. L. y Gollub J. P., Chaotic Dynamics: An Introduction, Cambridge University Press, 1990.
- Dittrich W. y Reuter M., Classical and Quantum Dynamics.
- Problems and Solutions in Mechanics, Yung-Kuo, World Scientific, 1994.

Perfil profesiográfico:

Quienes impartan esta actividad deberán contar con el grado de Maestro(a) o Doctor(a) o con la dispensa de grado otorgada por el Comité Académico, en alguna disciplina afín a los contenidos de esta actividad académica; experiencia académica o profesional relacionadas con la docencia en los campos del conocimiento del Programa. Tener producción académica o profesional reciente, demostrada con obra académica o profesional reconocida. Manejo y conocimiento de técnicas de enseñanza y aprendizaje.

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

PROGRAMA DE POSGRADO EN CIENCIAS FÍSICAS
MAESTRÍA EN CIENCIAS (FÍSICA)

Mecánica Cuántica I					
	Semestre 1	**Créditos 8**	Campo de conocimiento	**Todos los campos de conocimiento**	
Modalidad	**Curso (x) Taller ( ) Lab ( ) Sem ()**			**Tipo**	**T (x) P ( ) T/P ( )**
Carácter	**Obligatorio ( ) Optativo ( )** **Obligatorio E (X) Optativo E ( )**			**Horas**	
Duración del programa		**Semestral**		**Semana**	**Semestre**
				Teóricas: 4	**Teóricas: 64**
				Prácticas: 0	**Prácticas: 0**
				Total: 4	**Total: 64**

Objetivo general:
El alumno profundizará su conocimiento y acrecentará su dominio de la mecánica cuántica, a través de una visión amplia y actualizada de la materia. Tendrá una mejor visión del estado actual de la física cuántica, así como de su impacto en el mundo moderno.

Objetivos específicos:

- Poseer una visión clara de los principios físicos de la mecánica cuántica, buscando un equilibrio entre los aspectos fundamentales y las aplicaciones.
- Dominar varios métodos de la Mecánica Cuántica, los cuales tienen un abanico de aplicaciones en ámbitos diversos de la física, como la física atómica, nuclear, de partículas, materia condensada, óptica, etc.

Índice temático

	Tema	**Horas semestre**	
		Teóricas	**Prácticas**
1	Fundamentos	**14**	**0**
2	Rotaciones y otras simetrías	**14**	**0**
3	Métodos aproximados dependientes del tiempo	**10**	**0**
4	Teoría cuántica de la dispersion	**14**	**0**
5	Introducción al formalismo de segunda cuantización	**12**	**0**
	Total	**64**	**0**
	Suma total de horas	**64**	

Contenido Temático	
	Tema y subtemas
Unidad 1.	**Fundamentos**
1.1.	Repaso de los principios y del formalismo matemático de la mecánica cuántica
1.2.	Esquemas de Schrödinger, Heisenberg y de Interacción
1.3.	Sistemas de dos niveles. Ejemplos
1.4.	Matriz densidad. Sistemas compuestos. Descripción de un subsistema
1.5.	Entrelazamiento. Argumento EPR. Desigualdades de Bell
1.6.	Criptografía cuántica. Teleportación
Unidad 2.	**Rotaciones y otras simetrías**
2.1.	Invariancias del hamiltoniano y leyes de conservación. Transformaciones unitarias y antiunitarias
2.2.	Traslaciones espaciales y temporales
2.3.	Rotaciones y momento angular
2.4.	Formalismo general del momento angular
2.5.	Repaso de la suma de momentos angulares
2.6.	Operadores tensoriales, teorema de Wigner-Eckart
2.7.	Simetrías discretas, paridad e inversión temporal. Degeneración de Kramers
Unidad 3.	**Métodos aproximados dependientes del tiempo**
3.1.	Teoría de perturbaciones dependiente del tiempo
3.2.	Perturbación constante y perturbación armónica
3.3.	Probabilidad de transición. Regla de oro de Fermi
3.4.	Efecto fotoeléctrico
3.5.	Aproximaciones súbita y adiabática. Fase de Berry
Unidad 4.	**Teoría cuántica de la dispersión**
4.1.	Amplitud de dispersión. Sección transversal
4.2.	Solución mediante la función de Green. Ecuación de Lippman-Schwinger
4.3.	La aproximación de Born
4.4.	Dispersión por un potencial de Yukawa. Dispersión de Rutherford
4.5.	Método de ondas parciales. Corrimientos de fase
4.6.	Teorema óptico
Unidad 5.	**Introducción al formalismo de segunda cuantización**
5.1.	Espacio de estados de partículas idénticas
5.2.	Operadores de creación y aniquilación. Operadores de campo
5.3.	Representación de operadores físicos en segunda cuantización
5.4.	Aplicaciones sencillas
5.5.	Cuantización del campo electromagnético, fotones
5.6.	Absorción y emisión de radiación por un átomo. Emisión espontanea
5.7.	Aproximación dipolar

Estrategias didácticas		Evaluación del aprendizaje	
Exposición		Exámenes parciales	X
Trabajo en equipo		Examen final	X
Lecturas	X	Trabajos y tareas	X
Trabajo de investigación		Presentación de tema	
Prácticas (taller o laboratorio)		Participación en clase	X
Prácticas de campo		Asistencia	X
Aprendizaje por proyectos		Rúbricas	
Aprendizaje basado en problemas	X	Portafolios	
Casos de enseñanza		Listas de cotejo	
Otras (especificar)		Otras (especificar)	

Bibliografía básica:

- Sakurai, J. J. & Napolitano, J., Modern Quantum Mechanics, 2nd. ed., Addison-Wesley,
- Readng, Mass, New York, 2011.
- Weinberg, S., Lectures on Quantum Mechanics, 2n. ed., Cambridge University Press, 2015.
- Merzbacher, E., Quantum Mechanics, (3rd. ed.), John Wiley Inc., 1998.
- Cohen-Tannoudji, C., Diu, B. & Laloe, F., Quantum Mechanics, Vol 1 & 2, Wiley, 1991
- De la Peña, L., Introduccion a la Mecanica Cuantica, Ediciones Cientcas Universitarias,
- UNAM y Fondo de Cultura Economica, 2a. Ed., 1991.
- Band, Y. B & Avishai, Y., Quantum Mechanics with Applications to Nanotechnology and
- Information Science, Elsevier, 2012.
- Le Bellac, M., Quantum Physics, Cambridge University Press, 2006.

Bibliografía complementaria:

- Landau, L. D. y Lifshitz, E. M., Quantum Mechanics, Pergamon, Oxford, 1965.
- Messiah, A., Quantum Mechanics, Vol. I & II, John Wiley & Sons, Inc. 1966.
- Gottfried, K. and Yan, T.-M., Quantum Mechanics, (2a. ed.), Springer, New York, 2004.
- Schwabl, F., Quantum Mechanics, 4th ed., Springer-Verlag, 2007.
- Schwabl, F., Advanced Quantum Mechanics, 4th ed., Springer-Verlag, 2008.
- Baym, G., Lectures on Quantum Mechanics, Addison-Wesley, Reading, Mass., 1974.
- Schwinger, J., Quantum Mechanics, Englert, B. G. (Ed.), Springer, Berlin, 2001.
- Ballentine, L.E., Quantum Mechanics, A modern development, Prentice Hall, 1990. World Scientic Publishing Co. Pte. Ltd., 2000.
- SchiL., Quantum Mechanics, 3rd ed., McGraw-Hill, 1968.
- Shankar R., Principles of Quantum Mechanics, 2nd. ed., Plenum Press, 1994.
- Peres, A. Quantum Theory: Concepts and Methods, Kluwer Academic Publishers.Flores J. y Anaya G., Dinámica del cuerpo rígido, Fondo de Cultura Económica, 1989.
- Percival I. y Richards D., Introduction to Dynamics, Cambridge University Press,1992.
- Baker G. L. y Gollub J. P., Chaotic Dynamics: An Introduction, Cambridge University Press, 1990.
- Dittrich W. y Reuter M., Classical and Quantum Dynamics.
- Problems and Solutions in Mechanics, Yung-Kuo, World Scientific, 1994.

Perfil profesiográfico:

Quienes impartan esta actividad deberán contar con el grado de Maestro(a) o Doctor(a) o con la dispensa de grado otorgada por el Comité Académico, en alguna disciplina afín a los contenidos de esta actividad académica; experiencia académica o profesional relacionadas con la docencia en los campos del conocimiento del Programa. Tener producción académica o profesional reciente, demostrada con obra académica o profesional reconocida. Manejo y conocimiento de técnicas de enseñanza y aprendizaje.

ACTIVIDADES OBLIGATORIAS DE ELECCIÓN (TEMAS DEL CAMPO DE CONOCIMIENTO)

FÍSICA CUÁNTICA, ATÓMICA Y MOLECULAR

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

PROGRAMA DE POSGRADO EN CIENCIAS FÍSICAS
MAESTRÍA EN CIENCIAS (FÍSICA)

Caos Cuántico

Clave	Semestre 2	Créditos 6	Campo de conocimiento	Física Cuántica, Atómica y Molecular
Modalidad	Curso (x) Taller ( ) Lab ( ) Sem ( )		Tipo	T (x) P ( ) T/P ( )
Carácter	Obligatorio ( ) Optativo ( ) Obligatorio E (x) Optativo E ( )		Horas	
Duración del programa	Semestral		Semana	Semestre
			Teóricas: 3	48
			Prácticas: 0	0
			Total: 3	48

Objetivo general:

El alumno se familiarizará con las manifestaciones cuánticas de sistemas cuyo análogo clásico es caótico. Aprenderá las principales signaturas de sistemas cuyo análogo clásico es caótico. Estudiará la universalidad mediante herramientas como matrices aleatorias y aplicaciones actuales de dicha teoría.

Objetivos específicos:

Conocer las signaturas de sistemas cuánticos cuyo análogo clásico es caótico. Para ello se familiarizará con las herramientas necesarias como son la teoría de matrices aleatorias y la teoría semiclásica.

Índice temático

	Tema	Horas semestre	
		Teóricas	Prácticas
1	Algunos sistemas cuánticos caóticos	18	0
2	Teoría de matrices aleatorias	18	0
3	Teoría semiclásica	12	0
	Total	48	0
	Suma total de horas	48	

Contenido Temático	
	Tema y subtemas
Unidad 1	Algunos sistemas cuánticos caóticos
1.1	Rotor pateado cuántico
1.2	Billares cuánticos
1.3	Cadenas de espines pateadas
Unidad 2	Teoría de matrices aleatorias
2.1	Construcción de ensambles invariantes
2.2	Espectros Poissonianos
2.3	Correlaciones espectrales
2.4	Dinámica de niveles

Unidad 3	Teoría semiclásica
3.1	Sistemas integrables
3.2	Cuantización WKB
3.3	Propagador semiclásico
3.4	Formula de la traza
3.5	Densidad de estados
3.6	Teoría de órbitas periódicas: aplicaciones

Estrategias didácticas		Evaluación del aprendizaje	
Exposición	x	Exámenes parciales	x
Trabajo en equipo		Examen final	
Lecturas	x	Trabajos y tareas	x
Trabajo de investigación		Presentación de tema	
Prácticas (taller o laboratorio)		Participación en clase	
Prácticas de campo		Asistencia	
Aprendizaje por proyectos		Rúbricas	
Aprendizaje basado en problemas	x	Portafolios	
Casos de enseñanza		Listas de cotejo	
Otras (especificar)		Otras (especificar)	

Bibliografía básica:

- Linda E. Reichl, The Transition to Chaos, Springer; 2nd edition (2004).
- Fritz Haake, Quantum Signatures of Chaos, Springer; 3rd edition (2010).
- Hans-Jörgen, Quantum Chaos: An Introduction, Cambridge University Press (1999).
- Katsuhiro Nakamura: Quantum Chaos, a new paradigm of nonlinear dynamics, Cambridge Nonlinear Science Series, (1994).
- Wimberger, Sandro, Nonlinear Dynamics and Quantum Chaos, Springer International (2014).

Bibliografía complementaria:

- H.P. Breuer and F. Petruccione, The Theory of Open Quantum Systemas, Oxford University Press (2002)

Perfil profesiográfico:

Quienes impartan esta actividad deberán contar con el grado de Maestro(a) o Doctor(a) o con la dispensa de grado otorgada por el Comité Académico, en alguna disciplina afín a los contenidos de esta actividad académica; experiencia académica o profesional relacionadas con la docencia en los campos del conocimiento del Programa. Tener producción académica o profesional reciente, demostrada con obra académica o profesional reconocida. Manejo y conocimiento de técnicas de enseñanza y aprendizaje.

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

PROGRAMA DE POSGRADO EN CIENCIAS FÍSICAS
MAESTRÍA EN CIENCIAS (FÍSICA)

Física Atómica I					
Clave	**Semestre 2**	**Créditos 8**	**Campo de conocimiento**	**Física Cuántica, Atómica y Molecular**	
Modalidad	**Curso (x) Taller ( ) Lab ( ) Sem ( )**			**Tipo**	**T (x) P ( ) T/P ( )**
Carácter	**Obligatorio ( ) Optativo ( )** **Obligatorio E (x) Optativo E ( )**			**Horas**	
Duración del programa		**Semestral**		**Semana**	**Semestre**
				Teóricas: 4	**64**
				Prácticas: 0	**0**
				Total: 4	**64**

Objetivo general:
El alumno adquirirá los conocimientos fundamentales de la física atómica, que le brindarán una mayor visión de los aspectos más relevantes de este tema, en el contexto de la investigación actual.

Objetivos específicos:

- Tener una visión amplía de la teoría asociada a la Física Atómica.
- Interpretar correctamente los espectros atómicos, bajo diferentes agentes de interacción con el entorno, incluyendo colisiones.

Índice temático

	Tema	**Horas semestre**	
		Teóricas	**Prácticas**
1	**Conceptos básicos**	12	0
2	**Átomos de hidrógeno**	12	0
3	**Átomos multielectrónicos**	20	0
4	**Métodos aproximados**	20	0
	Total	64	0
	Suma total de horas	**64**	

Contenido Temático	
	Tema y subtemas
Unida 1	**Conceptos básicos**
1.1	Líneas espectrales
1.2	Espectros atómicos
1.3	Niveles de energía
1.4	El principio de combinación de Ritz
Unidad 2	**Átomos de hidrógeno**
2.1	Aproximación no relativista
2.2	Estructura fina y efecto Zeeman
2.3	Efecto Stark
2.4	Orbitales atómicos

2.5	Estructura hiperfina
Unidad 3	**Átomos multielectrónicos**
3.1	Principio de exclusión de Pauli
3.2	Acoplamiento de momentos angulares
3.3	Acoplamiento LS y J-J
Unidad 4	**Métodos aproximados**
4.1	Teoría de perturbaciones independiente del tiempo
4.2	Teoría de perturbaciones dependiente del tiempo
4.3	Método variacional
4.4	Hartree - Fock
4.5	Interacción con campos eléctricos y magnéticos Cálculo de elementos de matriz. Reglas de selección. Fuerzas de oscilador
4.6	Transiciones atómicas

Estrategias didácticas		Evaluación del aprendizaje	
Exposición	x	Exámenes parciales	x
Trabajo en equipo		Examen final	x
Lecturas	x	Trabajos y tareas	x
Trabajo de investigación		Presentación de tema	
Prácticas (taller o laboratorio)		Participación en clase	x
Prácticas de campo		Asistencia	
Aprendizaje por proyectos		Rúbricas	
Aprendizaje basado en problemas	x	Portafolios	
Casos de enseñanza		Listas de cotejo	
Otras (especificar)		Otras (especificar)	

Bibliografía básica:

- Gerhard Herzberg, Atomic Spectra and Atomic Structure
- Friedrich Harald, Theoretical Atomic Physics, Advanced Texts in Physics Springer Verlag (1998).
- Massimo Inguscio, Leonado Fallani, Atomic Physics: Precise Measurements and Ultracold Matter, Oxford, 2013
- JJ Sakurai, Jim Napolitano, Modern Quantum Mechanics, 2nd Edition Addison Wesley 2011.
- C Cohen Tannoudji, B Diu, F Lalo¨e, Quantum Mechanics Vols I y II, Wiley-VCH 2005.

Bibliografía complementaria:

- Luis de la Peña, Introducción a la Mecánica Cuántica, Ediciones Científicas Universitarias. Fondo de Cultura Económica, (1991).
- E. Merzbacher, Quauntum Mechanics, Third Edition, Wiley.

Perfil profesiográfico:

Quienes impartan esta actividad deberán contar con el grado de Maestro(a) o Doctor(a) o con la dispensa de grado otorgada por el Comité Académico, en alguna disciplina afín a los contenidos de esta actividad académica; experiencia académica o profesional relacionadas con la docencia en los campos del conocimiento del Programa. Tener producción académica o profesional reciente, demostrada con obra académica o profesional reconocida. Manejo y conocimiento de técnicas de enseñanza y aprendizaje.

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

PROGRAMA DE POSGRADO EN CIENCIAS FÍSICAS
MAESTRÍA EN CIENCIAS (FÍSICA)

Física Atómica y de Láseres

Clave	Semestre 2	Créditos 6	Campo de conocimiento	Física Cuántica, Atómica y Molecular
Modalidad	Curso (x) Taller ( ) Lab ( ) Sem ( )		Tipo	T (x) P ( ) T/P ( )
Carácter	Obligatorio ( ) Optativo ( ) Obligatorio E (x) Optativo E ( )		Horas	
Duración del programa	Semestral		Semana	Semestre
			Teóricas: 3	48
			Prácticas: 0	0
			Total: 3	48

Objetivo general:

El alumno conocerá los métodos y técnicas para enfriar un gas de átomos a temperaturas del orden de microkelvins.

Objetivos específicos:

Conocer las técnicas más utilizadas que han sido desarrolladas para manipular el estado cuántico de gases atómicos para llevarlos a temperaturas del orden de microkelvins.

Índice temático

	Tema	Horas semestre	
		Teóricas	Prácticas
1	El átomo de Hidrógeno	4	0
2	El átomo de Helio	5	0
3	Átomos alcalinos	6	0
4	Esquemas de acoplamiento	4	0
5	Estructura hiperfina y corrimiento en isótopos	6	0
6	Interacción de átomos con la radiación	7	0
7	Espectroscopia láser	4	0
8	Enfriamiento y atrapamiento láser	5	0
9	Trampas dipolares	7	0
	Total	48	0
	Suma total de horas	48	

Contenido Temático	
	Tema y subtemas
Unidad 1	**El átomo de Hidrógeno**
1.1	Ecuación de Schrödinger y su solución, transiciones, reglas de selección
1.2	Estructura fina: spin del electrón, interacción espin-órbita, estructura fina del átomo de hidrógeno, corrimiento Lamb
Unidad 2	**El átomo de Helio**
2.1	Estado base del átomo de helio, estados excitados, eigen- estados de espin
2.2	Simetría de intercambio. Estado base y estados excitados. Integrales directas y de intercambio
Unidad 3	**Átomos alcalinos**
3.1	Estructura de capas de la tabla periódica
3.2	Ecuación de Schrödinger: Aproximación de campo central y solución numérica a la ecuación de Schrödinger, soluciones autoconsistentes
3.3	Interacción espin-órbita, estructura fina en los átomos alcalinos
Unidad 4	**Esquemas de acoplamiento**
4.1	Estructura fina en el esquema de acoplamiento $L - S$, esquema de acoplamiento $j - j$
4.2	Reglas de selección en el esquema de acoplamiento $L - S$
4.3	Efecto Zeeman
Unidad 5	**Estructura hiperfina y corrimiento en isótopos**
5.1	Estructura hiperfina: Estructura hiperfina para s−electrones, estructura hiperfina para $l /= 0$. Comparación de las estructuras fina e hiperfina
5.2	Corrimiento en isotopos: Efecto de masa, efecto de volumen
5.3	Efecto Zeeman y estructura hiperfina: Fórmula de Breit- Rabi. Límites de campo débil y campo fuerte
5.4	Medición de la estructura fina e hiperfina. Haces atómicos. El MASER de hidrógeno
Unidad 6	**Interacción de átomos con la radiación**
6.1	El átomo de dos niveles. Aproximación de onda rotante
6.2	Interacción con radiación monocromática, pulsos π y $\pi/2$, vector y esfera de Bloch
6.3	Franjas de Ramsey, amortiguamiento radiactivo: El dipolo clásico y las ecuaciones ópticas de Bloch
Unidad 7	**Espectroscopia láser**
7.1	Ensanchamiento Doppler de líneas espectrales, espectros- copias libres de ensanchamiento Doppler (absorción saturada, polarización, selección de velocidades, dos fotones)
7.2	Medición de frecuencias. Moduladores electro-ópticos y acusto-ópticos. Peines ópticos
Unidad 8	**Enfriamiento y atrapamiento láser**
8.1	Temperatura y termodinámica en el enfriamiento láser, teoría cinética y distribución de Maxwell-Boltzmann
8.2	Presión de radiación
8.3	Melazas óticas, límite Doppler
8.4	Trampa magnetoóptica
Unidad 9	**Trampas dipolares**
9.1	Fuerzas dipolares
9.2	Redes ópticas
9.3	Enfriamiento con la técnica Sísifo

Estrategias didácticas		Evaluación del aprendizaje	
Exposición	x	Exámenes parciales	x
Trabajo en equipo		Examen final	x
Lecturas	x	Trabajos y tareas	x
Trabajo de investigación		Presentación de tema	x
Prácticas (taller o laboratorio)		Participación en clase	x
Prácticas de campo		Asistencia	
Aprendizaje por proyectos		Rúbricas	
Aprendizaje basado en problemas	x	Portafolios	
Casos de enseñanza		Listas de cotejo	
Otras (especificar)		Otras (especificar)	

Bibliografía básica:

- Laser Cooling and Trapping, Harold J. Metcalf and Peter van der Straten, Springer (1999).
- Demtröder, Wolfgang, Atoms, Molecules and Photons, Graduate Texts in Physics, Springer 2010.
- Massimo Inguscio, Leonado Fallani, Atomic Physics: Precise Measurements and Ultracold Matter, Oxford, 2013
- S.M. Hooker, C.E. Webb, Laser Physics, Oxford University Press (2010).
- R. Grimm, M. Weidemu¨ller, Y. B. Ovchinnikov, Optical dipole traps for neutral atoms, Advances in Atomic, Molecular and Op- tical Physics Vol. 42, 95-170 (2000).

Bibliografía complementaria:

- Exploring the Quauntum: Atmos Cavities and Photons, S Haroche and J. M. Raymond Oxford Graduate Text (2006)
- Modern Quauntum Mechanics, Second Edition, JJ Sakurai and Jim Napolitano, Addison Wesly (2011)

Perfil profesiográfico:

Quienes impartan esta actividad deberán contar con el grado de Maestro(a) o Doctor(a) o con la dispensa de grado otorgada por el Comité Académico, en alguna disciplina afín a los contenidos de esta actividad académica; experiencia académica o profesional relacionadas con la docencia en los campos del conocimiento del Programa. Tener producción académica o profesional reciente, demostrada con obra académica o profesional reconocida. Manejo y conocimiento de técnicas de enseñanza y aprendizaje.

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

PROGRAMA DE POSGRADO EN CIENCIAS FÍSICAS
MAESTRÍA EN CIENCIAS (FÍSICA)

Física Molecular					
Clave	**Semestre 2**	**Créditos 10**	**Campo de conocimiento**	**Física Cuántica, Atómica y Molecular**	
Modalidad	**Curso (x) Taller ( ) Lab ( ) Sem ( )**			**Tipo**	**T (x) P ( ) T/P ( )**
Carácter	**Obligatorio ( ) Optativo ()** **Obligatorio E (x) Optativo E ( )**			**Horas**	
Duración del programa	**Semestral**			**Semana**	**Semestre**
				Teóricas: 5	**80**
				Prácticas: 0	**0**
				Total: 5	**80**

Objetivo general:

El alumno adquirirá los conceptos, técnicas y teorías fundamentales de la física molecular, de tal forma, que comprenderá el papel central de la física molecular en el contexto de la investigación de frontera actual.

Objetivos específicos:

Identificar las principales teorías y métodos matemáticos de la Física Molecular.

Índice temático

	Tema	**Horas semestre**	
		Teóricas	**Prácticas**
1	**Teoría de grupos**	10	0
2	**Introducción a la estructura molecular**	8	0
3	**Teoría de Hartree - Fock**	8	0
4	**Interacción de configuraciones**	10	0
5	**Teoría de funcionales de la densidad**	16	0
6	**Dinámica molecular cuántica**	18	0
7	**Métodos aproximados**	10	0
	Total	**80**	**0**
	Suma total de horas	**80**	

Contenido Temático	
	Tema y subtemas
Unidad 1	**Teoría de grupos**
1.1	Elementos de simetría y operaciones de simetría
1.2	Simetría de grupos puntuales
1.3	Aplicaciones
Unidad 2	**Introducción a la estructura molecular**
2.1	Aproximación de Born – Oppenheimer
2.2	Separación de la energía total molecular
2.3	Energía vibracional de las moléculas
2.4	Energía rotacional de las moléculas
2.5	Teorema de Hellman – Feynman
2.6	Reglas de selección
Unidad 3	**Teoría de Hartree - Fock**
3.1	Bases del modelo de orbitales moleculares
3.2	Aproximación MO-LCAO
3.3	Determinante de Slater
3.4	Ecuaciones de Hartree – Fock
3.5	Campo autoconsistente
Unidad 4	**Interacción de configuraciones**
4.1	Función de onda multiconfiguracional
4.2	Excitaciones dobles, triples, etc.
4.3	El problema de escalamiento de tamaño
Unidad 5	**Teoría de funcionales de la densidad**
5.1	Métodos de Thomas – Fermi y Thomas – Fermi – Dirac
5.2	Teorema de Hohenberg – Kohn
5.3	Ecuaciones de Kohn – Sham
5.4	Funcionales de intercambio y correlación
Unidad 6	**Dinámica molecular cuántica**
6.1	Método de Car – Parrinello
6.2	Ecuaciones de Newton con potenciales cuánticos
Unidad 7	**Métodos aproximados**
7.1	Método de pseudo – potenciales
7.2	Métodos semiempíricos: CINDO, MNDO
7.3	Potenciales modelo y fuerzas intermoleculares
7.4	Dinámica molecular clásica

Estrategias didácticas		Evaluación del aprendizaje	
Exposición	x	Exámenes parciales	x
Trabajo en equipo		Examen final	x
Lecturas	x	Trabajos y tareas	x
Trabajo de investigación	x	Presentación de tema	x
Prácticas (taller o laboratorio)		Participación en clase	x
Prácticas de campo		Asistencia	
Aprendizaje por proyectos		Rúbricas	
Aprendizaje basado en problemas	x	Portafolios	
Casos de enseñanza		Listas de cotejo	
Otras (especificar)		Otras (especificar)	

Bibliografía básica:

- I N Levine, Quantum Chemistry, Prentice Hall, New Jersey, 1991.
- A. Szaho, S Ostlund, Modern Quantum Chemistry, Dover 1989.
- R. G. Parr, W Yang, Density Functional Theory, Oxford Uni- versity Press, 1989.

- Wolfgang Demtröder, Molecular Physics: Theoretical Principles and Experimental Methods, Wiley, 2003
- Brooks Robert L., The Fundamentals of Atomic and Molecular Physics, Springer, 2013.

Bibliografía complementaria:

- Atkins, Molecular Quantum Mechanics, S, ISBN 978-0199541423 Oxford University Press 5th Edition

Perfil profesiográfico:

Quienes impartan esta actividad deberán contar con el grado de Maestro(a) o Doctor(a) o con la dispensa de grado otorgada por el Comité Académico, en alguna disciplina afín a los contenidos de esta actividad académica; experiencia académica o profesional relacionadas con la docencia en los campos del conocimiento del Programa. Tener producción académica o profesional reciente, demostrada con obra académica o profesional reconocida. Manejo y conocimiento de técnicas de enseñanza y aprendizaje.

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

PROGRAMA DE POSGRADO EN CIENCIAS FÍSICAS
MAESTRÍA EN CIENCIAS (FÍSICA)

Fundamentos de Espectroscopía Atómica, Molecular y sus aplicaciones

Clave	Semestre 2	Créditos 8	Campo de conocimiento	Física Cuántica, Atómica y Molecular
Modalidad	**Curso (x) Taller ( ) Lab ( ) Sem ( )**		**Tipo**	**T (x) P ( ) T/P ( )**
Carácter	**Obligatorio ( ) Optativo ( )** **Obligatorio E (x) Optativo E ( )**		**Horas**	
Duración del programa	**Semestral**		**Semana**	**Semestre**
			Teóricas: 4	**64**
			Prácticas: 0	**0**
			Total: 4	**64**

Objetivo general:

El alumno conocerá los fundamentos de física atómica y molecular, los conceptos fundamentales, entre los que destacan las reglas de selección, notación molecular, reglas de conservación y teoría de grupos aplicada a moléculas. Además, comprenderá el uso de la espectroscopia en las áreas de física médica biomédica y bioquímica.

Objetivos específicos:

- Adquirir un conocimiento profundo sobre espectroscopia y sus aplicaciones en diferentes áreas.
- Analizar los ejemplos selectos de aplicaciones de la espectroscopia en las áreas de física médica biomédica y bioquímica.

Índice temático

	Tema	Horas semestre	
		Teóricas	**Prácticas**
1	**Conceptos fundamentales de física atómica**	12	0
2	**Conceptos fundamentales de física molecular**	12	0
3	**Conceptos experimentales de física atómica y molecular**	24	0
4	**Aplicaciones**	16	0
	Total	**64**	**0**
	Suma total de horas	**64**	

Contenido Temático	
	Tema y subtemas
Unidad 1	**Conceptos fundamentales de física atómica**
1.1	Átomo de hidrogeno
1.2	Reglas de selección y principios de conservación
1.3	Coeficientes de Clebsch Gordan
1.4	Teorema de Wigner Eckart
1.5	Tasas de transición y coeficientes de Einstein
1.6	Fuerzas de oscilador y espectroscopia atómica
Unidad 2	**Conceptos fundamentales de física molecular**
2.1	Aproximación de Born-Oppenheimer
2.2	Orbitales moleculares
2.3	Teorema variacional en moléculas
2.4	Transiciones electrónicas, vibracionales y rotacionales
2.5	Reglas de selección ro-vibracionales y teoría de grupos
2.6	Coeficientes de Frank Condon, transiciones verticales y adiabáticas
2.7	Fenómenos dependientes del tiempo
Unidad 3	**Conceptos experimentales de física atómica y molecular**
3.1	Fuentes de radiación electromagnética
3.2	Conceptos de espectrofotómetros, configuración de Cz- erny Turner
3.3	Espectroscopia infrarroja lejana, transiciones rotacionales
3.4	Espectroscopia infrarroja media, transiciones vibracionales
3.5	Espectroscopia Vis-UV
3.6	Espectroscopia en rUV y rayos X
3.7	Fuentes de luz: Láseres, radiación sincrotrónica
3.8	Espectroscopia dependiente del tiempo
3.9	Detección en coincidencias y multifragmentos
3.10	Métodos de detección ultrasensibles y cavidades ópticas
Unidad 4	**Aplicaciones**
4.1	Aplicaciones en dosimetría
4.2	Aplicaciones en biomarcadores volátiles en física biomédica
4.3	Aplicaciones en biotecnología y secuenciación genómica
4.4	Aplicaciones en inocuidad alimentaria

Estrategias didácticas		Evaluación del aprendizaje	
Exposición	x	Exámenes parciales	x
Trabajo en equipo		Examen final	x
Lecturas	x	Trabajos y tareas	x
Trabajo de investigación	x	Presentación de tema	x
Prácticas (taller o laboratorio)		Participación en clase	x
Prácticas de campo		Asistencia	
Aprendizaje por proyectos		Rúbricas	
Aprendizaje basado en problemas	x	Portafolios	
Casos de enseñanza		Listas de cotejo	
Otras (especificar)		Otras (especificar)	

Bibliografía básica:

- Molecular Quantum Mechanics, Atkins, ISBN 978-0199541423, Oxford University Press 5th edition.

- Demtroder, Laser Spectroscopy, second edition, Springer Ver- lag
- Drake, Handbook of Atomic and Molecular Physics, Springer Verlag
- Rita Kakkar, Atomic and Molecular Spectroscopy, Cambridge University Press (2015).
- Svanberg Sune, Atomic and Molecular Spectroscopy, Springer, (2004)

Bibliografía complementaria:

- JM Hollas, Modern Spectroscopy, 4 ed. Wiley (2004)
- J Steinfeld, Molecules and Radiation: An Introduction to Mod- ern Molecular Spectroscopy, Dover (2005).

Perfil profesiográfico:

Quienes impartan esta actividad deberán contar con el grado de Maestro(a) o Doctor(a) o con la dispensa de grado otorgada por el Comité Académico, en alguna disciplina afín a los contenidos de esta actividad académica; experiencia académica o profesional relacionadas con la docencia en los campos del conocimiento del Programa. Tener producción académica o profesional reciente, demostrada con obra académica o profesional reconocida. Manejo y conocimiento de técnicas de enseñanza y aprendizaje.

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

PROGRAMA DE POSGRADO EN CIENCIAS FÍSICAS
MAESTRÍA EN CIENCIAS (FÍSICA)

Introducción a Fenómenos Cuánticos de muchos Cuerpos					
Clave	**Semestre 2**	**Créditos 6**	**Campo de conocimiento**	**Física Cuántica, Atómica y Molecular**	
Modalidad	**Curso (x) Taller ( ) Lab ( ) Sem ( )**			**Tipo**	**T (x) P ( ) T/P ( )**
Carácter	**Obligatorio ( ) Optativo ( )** **Obligatorio E (x) Optativo E ( )**			**Horas**	
Duración del programa	**Semestral**			**Semana**	**Semestre**
				Teóricas: 3	**48**
				Prácticas: 0	**0**
				Total: 3	**48**

Objetivo general:

El alumno conocerá las propiedades físicas (propiedades del estado base, estado estacionario y comportamiento dinámico) de los sistemas representativos de la materia ultrafría.

Objetivos específicos:

- Estudiar el formalismo de la mecánica cuántica en el cual los sistemas representativos de la materia ultrafría pueden ser descritos.
- Revisar los sistemas pertenecientes a la materia condensada y al estado sólido, que exhiben una fenomenología análoga a la de los gases atómicos ultrafríos en relación a sus fases cuánticas.

Índice temático

	Tema	**Horas semestre**	
		Teóricas	**Prácticas**
1	**Segunda cuantización: Formalismo para los sistemas de muchos cuerpos**	**4**	**0**
2	**Revisión de gases cuánticos ideales**	**4**	**0**
3	**Sistemas con interacción**	**6**	**0**
4	**Condensación de Bose-Einstein con interacciones**	**8**	**0**
5	**Teoría microscópica de la condensación de Bose-Einstein**	**6**	**0**
6	**Superfluidez en Helio 4**	**4**	**0**
7	**Superconductividad**	**6**	**0**
8	**Teoría BCS de la superconductividad**	**6**	**0**
9	**Helio 3 superfluido y superconductividad no convencional**	**4**	**0**
	Total	**48**	**0**
	Suma total de horas	**48**	

Contenido Temático	
	Tema y subtemas
Unidad 1	**Segunda cuantización: Formalismo para los sistemas de muchos cuerpos**
1.1	La ecuación de Schrödinger en primera y segunda cuantización
1.2	Partículas indistinguibles: fermiones y bosones
1.3	Operadores de campo
Unidad 2	**Revisión de gases cuánticos ideales**
2.1	Estadística de Bose-Einstein, condensación de Bose-Einstein, condensación de Bose en gases atómicos ultrafríos
2.2	Estadística de Fermi-Dirac, gases degenerados de Fermi, realización experimental en gases atómicos ultrafríos
Unidad 3	**Sistemas con interacción**
3.1	Potenciales interatómicos e interacción de van der Waals, teoría de dispersión básica
3.2	Interacciones efectivas y longitud de dispersión a bajas temperaturas, longitud de dispersión para un potencial modelo
3.3	Resonancias de Feshbach
3.4	Gases de Bose y Fermi débilmente interactuantes
Unidad 4	**Condensación de Bose-Einstein con interacciones**
4.1	Ecuación de Gross-Pitaevskii
4.2	Ecuación de Gross-Pitaevskii en un potencial inhomogéneo: Aproximación de Thomas-Fermi y cálculos variacionales
4.3	Condensados con interacciones dipolares
Unidad 5	**Teoría microscópica de la condensación de Bose-Einstein**
5.1	Transformación de Bogoliubov, Excitaciones elementales, energía del estado base
5.2	Teoría a temperatura diferente de cero, aproximación de Hartree-Fock, aproximación de Popov
5.3	Formación de vórtices
Unidad 6	**Superfluidez en Helio 4**
6.1	Fluidos clásicos y cuánticos
6.2	Función de onda macroscópica, propiedades de un super- fluido
6.3	Cuantización del flujo y formación de vórtices, criterio de Landau
Unidad 7	**Superconductividad**
7.1	Conducción en metales, superconductividad de materiales y resistividad cero
7.2	Efecto Meissner-Oscsenfeld. Diamagnetismo perfecto
7.3	Superconductores de tipo I y II, ecuación de London, vórtices de London
Unidad 8	**Teoría BCS de la superconductividad**
8.1	Interacción electrón-fonoón, pares de Cooper
8.2	La función de onda de BCS
8.3	Aproximación de campo medio. Gap energético y estados de quasipartículas, predicciones de la teoría BCS
Unidad 9	**Helio 3 superfluido y superconductividad no convencional**
9.1	Líquido normal de Fermi de He 3
9.2	La interacción de apareamiento en He 3
9.3	Fases superfluidas de He 3. Superconductores no convencionales

Estrategias didácticas		Evaluación del aprendizaje	
Exposición	x	Exámenes parciales	x
Trabajo en equipo	x	Examen final	x
Lecturas	x	Trabajos y tareas	x
Trabajo de investigación	x	Presentación de tema	x
Prácticas (taller o laboratorio)		Participación en clase	x
Prácticas de campo		Asistencia	
Aprendizaje por proyectos		Rúbricas	
Aprendizaje basado en problemas	x	Portafolios	
Casos de enseñanza		Listas de cotejo	
Otras (especificar)		Otras (especificar)	

Bibliografía básica:

- Laser Cooling and Trapping, Harold J. Metcalf and Peter van der Straten, Springer (1999).
- Atomic Physics, Christopher J. Foot, Oxford Master Series in Physics, Oxford University Press (2007).
- Bose-Einstein condensation in dilute gases, C.J. Pethick and H. Smith, Cambbridge University Press, Second Edition (2008).
- S.M. Hooker, C.E. Webb, Laser Physics, Oxford University Press (2010).
- R. Grimm, M. Weidemu¨ller, Y. B. Ovchinnikov, Optical dipole traps for neutral atoms, Advances in Atomic, Molecular and Op- tical Physics Vol. 42, 95-170 (2000)

Bibliografía complementaria:

- Atomic Physics, Christopher J. Foot, Oxford Master Series in Physics, Oxford University, Press (2007)
- S.M. Hooker, C.E. Webb, Laser Physics, Oxford University Press (2010)

Perfil profesiográfico:

Quienes impartan esta actividad deberán contar con el grado de Maestro(a) o Doctor(a) o con la dispensa de grado otorgada por el Comité Académico, en alguna disciplina afín a los contenidos de esta actividad académica; experiencia académica o profesional relacionadas con la docencia en los campos del conocimiento del Programa. Tener producción académica o profesional reciente, demostrada con obra académica o profesional reconocida. Manejo y conocimiento de técnicas de enseñanza y aprendizaje.

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

PROGRAMA DE POSGRADO EN CIENCIAS FÍSICAS
MAESTRÍA EN CIENCIAS (FÍSICA)

Introducción a la Óptica Cuántica					
Clave	**Semestre 2**	**Créditos 12**	**Campo de conocimiento**	**Física Cuántica, Atómica y Molecular**	
Modalidad	**Curso (x) Taller ( ) Lab ( ) Sem ( )**			**Tipo**	**T () P ( ) T/P (x)**
Carácter	**Obligatorio ( ) Optativo ( )** **Obligatorio E (x) Optativo E ( )**			**Horas**	
Duración del programa	**Semestral**			**Semana**	**Semestre**
				Teóricas: 3	**48**
				Prácticas: 3	**48**
				Total: 6	**96**

Objetivo general:

Los alumnos adquirirán los conocimientos básicos en el área de óptica cuántica, los cuales podrán constituir un punto de partida para una tesis de posgrado en esta área.

Objetivos específicos:

- Entender la cuantización del campo electromagnético (CEM) y definición del fotón como cuanto del CEM.
- Conocer las clases fundamentals de estados de luz no clásica, incluyendo estados de Fock (número), estados coherentes, estados comprimidos.
- Estudiar la emisión y absorción de radiación por átomos, incluyendo los modelos de Rabi y de Jaynes-Cummings
- Comprender el concepto de enredamiento cuántico a partir de la paradoja EPR, y su estudio mediante desigualdes de Bell.
- Conocer algunos conceptos clave de la óptica no lineal y estudio de procesos paramétricos de generación de parejas de fotones.
- Distinguir entre estados puros y estados mezcla, y estudio de luz térmica como ejemplo de estados mezcla.
- Explicar la coherencia cuántica de primer y segundo orden.

Índice temático

	Tema	**Horas semestre**	
		Teóricas	**Prácticas**
1	**Cuantización del campo electromagnético**	6	4
2	**Estados no-clásicos del campo electromagnético**	4	4
3	**Funciones de Cuasi-Probabilidad**	4	4
4	**Emisión y absorción de radiación por átomos**	5	4
5	**Breve introducción a la óptica no lineal**	5	8
6	**Procesos paramétricos espontáneos para la generación de parejas de fotones**	4	4
7	**Interferometría cuántica**	5	4
8	**Enredamiento cuántico**	5	4
9	**Teoría de coherencia cuántica**	4	4
10	**Estados mezcla**	3	4

11	**Tecnologías cuánticas**	3	4
	Total	**48**	**48**
	Suma total de horas	**96**	

Contenido Temático	
	Tema y subtemas
Unidad 1	**Cuantización del campo electromagnético**
1.1	Derivación de la ecuación de onda
1.2	Solución de la ecuación de onda en una región cubica
1.3	Obtención del operador Hamiltoniano para el campo electromagnético
Unidad 2	**Estados no-clásicos del campo electromagnético**
2.1	Estados de Fock
2.2	Estados coherentes
2.3	Estados comprimidos
Unidad 3	**Funciones de Cuasi-Probabilidad**
3.1	Espacio fase en óptica cuántica
3.2	La función de Wigner
3.3	La función de Husimi-Kano (Función Q)
3.4	La función de Glauber-Sudarshan (Función P)
Unidad 4	**Emisión y absorción de radiación por átomos**
4.1	Interacción de un átomo con un campo clásico
4.2	Interacción de un átomo con un campo cuantizado
4.3	El modelo de Rabi
4.4	El modelo de Jaynes-Cummings
4.5	Estados vestidos
Unidad 5	**Breve introducción a la óptica no lineal**
5.1	Procesos ópticos no lineales de segundo orden
5.2	Procesos ópticos no lineales de tercer orden
5.3	Distinción entre procesos clásicos y cuánticos
Unidad 6	**Procesos paramétricos espontáneos para la generación de parejas de fotones**
6.1	El cuadro de interacción
6.2	Proceso de conversión paramétrica descendente
6.3	Proceso de mezclado de cuatro ondas espontáneo
6.4	Empatamiento de fases
Unidad 7	**Interferometría cuántica**
7.1	El divisor de haz cuántico
7.2	Detección homodina y aplicaciones de estados comprimidos
7.3	Interferencia de Hong Ou Mandel
7.4	Interferencia de Franson
Unidad 8	**Enredamiento cuántico**
8.1	La paradoja de Einstein Podolsky Rosen
8.2	El experimento pensado de Bohm para espín ½
8.3	No localidad y no realismo
8.4	Desigualdades de Bell
8.5	Correlaciones de polarización en parejas de fotones enredadas y violaciones de la desigualdad de Bell
Unidad 9	**Teoría de coherencia cuántica**
9.1	Coherencia temporal/espacial de primer orden
9.2	Coherencia temporal/espacial de segundo orden
9.3	Interferómetro de Hanbury Brown Twiss
9.4	Amontonamiento y anti-amontonamiento

Unidad 10	Estados mezcla
10.1	Funciones de estado y operadores de densidad
10.2	La luz térmica como ejemplo de estado mezcla
10.3	Distribución de Bose Einstein
10.4	Radiación de cuerpo negro
Unidad 11	**Tecnologías cuánticas**
11.1	Criptografía cuántica como ejemplo de una tecnología cuántica

Estrategias didácticas		Evaluación del aprendizaje	
Exposición	x	Exámenes parciales	x
Trabajo en equipo	x	Examen final	x
Lecturas		Trabajos y tareas	x
Trabajo de investigación	x	Presentación de tema	x
Prácticas (taller o laboratorio)	x	Participación en clase	x
Prácticas de campo		Asistencia	x
Aprendizaje por proyectos		Rúbricas	
Aprendizaje basado en problemas	x	Portafolios	
Casos de enseñanza		Listas de cotejo	
Otras (especificar)		Otras (especificar)	

Bibliografía básica:

- Quantum Theory of Light, Rodney Loudon (Oxford University Press, 1973).
- Introductory Quantum Optics, Christopher Gerry and Peter Knight (Cambridge University Press, New York, 2005).
- Optical Coherence and Quantum Optics, Leonard Mandel and Emil Wolf (Cambridge University Press, New York, 1995).
- Quantum Optics in Phase Space, Wolfgang P Schleich, Wiley- VCH (2015).
- Quantum Statistical Properties of Radiation, W H Louisell, Wiley

Bibliografía complementaria:

- Nonlinear Optics, Third Edition, Robert W Boyd, Academic Press (2008)
- Principles of Optics, Born M., Wolf E., Pergamon Press, Oxford (19975)

Perfil profesiográfico:

Quienes impartan esta actividad deberán contar con el grado de Maestro(a) o Doctor(a) o con la dispensa de grado otorgada por el Comité Académico, en alguna disciplina afín a los contenidos de esta actividad académica; experiencia académica o profesional relacionadas con la docencia en los campos del conocimiento del Programa. Tener producción académica o profesional reciente, demostrada con obra académica o profesional reconocida. Manejo y conocimiento de técnicas de enseñanza y aprendizaje.

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

PROGRAMA DE POSGRADO EN CIENCIAS FÍSICAS
MAESTRÍA EN CIENCIAS (FÍSICA)

Introducción a la Química Cualitativa					
Clave	**Semestre 2**	**Créditos 6**	**Campo de conocimiento**	**Física Cuántica, Atómica y Molecular**	
Modalidad	**Curso (x) Taller ( ) Lab ( ) Sem ( )**			**Tipo**	**T (x) P ( ) T/P ( )**
Carácter	**Obligatorio ( ) Optativo ( )** **Obligatorio E (x) Optativo E ( )**			**Horas**	
Duración del programa	**Semestral**			**Semana**	**Semestre**
				Teóricas: 3	**48**
				Prácticas: 0	**0**
				Total: 3	**48**

Objetivo general:
El alumno conocerá los métodos modernos, que le permitirán tener un entendimiento cualitativo de la Química.

Objetivos específicos:
Describir y plantear los métodos o técnicas necesarias para realizar cálculos cuánticos de sistemas químicos.

Índice temático

	Tema	**Horas semestre**	
		Teóricas	**Prácticas**
1	**Teoría de Hückel**	3	0
2	**Teoría extendida de Hückel**	3	0
3	**Modelos de amarre fuerte**	6	0
4	**Determinación de parámetros de modelos a partir de cálculos microscópicos**	6	0
5	**Sistemas cuasi-unidimensionales**	6	0
6	**Sistemas bidimensionales**	6	0
7	**Sistemas tridimensionales**	12	0
8	**Nanoestructuras abiertas**	6	0
	Total	**48**	**0**
	Suma total de horas	**48**	

Contenido Temático	
	Tema y subtemas
Unidad 1	**Teoría de Hückel**
Unidad 2	**Teoría extendida de Hückel**
Unidad 3	**Modelos de amarre fuerte**
Unidad 4	**Determinación de parámetros de modelos a partir de cálculos microscópicos**
4.1	Teoría de campo medio
4.2	Teoría del funcional de la densidad (DFT)

Unidad 5	**Sistemas cuasi-unidimensionales**
5.1	Cadenas aromáticas
5.2	Cadenas de espines y la transformación de Jordan-Wigner
Unidad 6	**Sistemas bidimensionales**
6.1	Grafeno y estructuras similares
6.2	Nano-tiras
6.3	Moléculas aromáticas
Unidad 7	**Sistemas tridimensionales**
7.1	*Buckyballs,* diamantanos y más
Unidad 8	**Nanoestructuras abiertas**
8.1	Transporte
8.2	Decoherencia

Estrategias didácticas		**Evaluación del aprendizaje**	
Exposición	x	Exámenes parciales	x
Trabajo en equipo		Examen final	x
Lecturas	x	Trabajos y tareas	x
Trabajo de investigación		Presentación de tema	x
Prácticas (taller o laboratorio)		Participación en clase	
Prácticas de campo		Asistencia	
Aprendizaje por proyectos		Rúbricas	
Aprendizaje basado en problemas	x	Portafolios	
Casos de enseñanza		Listas de cotejo	
Otras (especificar)		Otras (especificar)	

Bibliografía básica:

- Overview of Huckel-and Resonance Theoretic Approaches to pinetwork polymers, D J Klein, T G Scmalz, W A Seitz and G E Hite, International Journal of Quantum Chemistry, Quantum Chemistry Symposium 19, 707-718 (1986).
- High-spin Carbenes, S A Alexander and D J Klein, J. Am. Chem. Soc. 1988, 110, 3401-3405
- Buckminsterfullerene, Part A: Introduction, from Quasicrystals, Networks and Molecules of Fivefold Symmetry, Ed. I. Hargittai (VCH, NY, 1990) pp. 239-245

Bibliografía complementaria:

- Generalized Huckel-Moebius rule, D J Klein and A T Balaban, Journal of Molecular Structure (Teochem) 259 (1992) 307-315
- BN Alternants: Boron Nitride Cages and Polymers, H Y Zhu, D J Klein, W A Seltz, N H March, Inorg. Chem. 1995, 34, 1377-1383

Perfil profesiográfico:

Quienes impartan esta actividad deberán contar con el grado de Maestro(a) o Doctor(a) o con la dispensa de grado otorgada por el Comité Académico, en alguna disciplina afín a los contenidos de esta actividad académica; experiencia académica o profesional relacionadas con la docencia en los campos del conocimiento del Programa. Tener producción académica o profesional reciente, demostrada con obra académica o profesional reconocida. Manejo y conocimiento de técnicas de enseñanza y aprendizaje.

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

PROGRAMA DE POSGRADO EN CIENCIAS FÍSICAS
MAESTRÍA EN CIENCIAS (FÍSICA)

Introducción a la Química Cuántica Computacional					
Clave	**Semestre 2**	**Créditos 6**	**Campo de conocimiento**	**Física Cuántica, Atómica y Molecular**	
Modalidad	**Curso (x) Taller ( ) Lab ( ) Sem ( )**			**Tipo**	**T ( ) P ( ) T/P (x)**
Carácter	**Obligatorio ( ) Optativo ( )** **Obligatorio E (X) Optativo E ( )**			**Horas**	
Duración del programa	**Semestral**			**Semana**	**Semestre**
				Teóricas: 1.5	**24**
				Prácticas: 1.5	**24**
				Total: 3	**48**

Objetivo general:

El alumno entenderá y podrá llevar a cabo cálculos de propiedades atómicas y moleculares con los programas de cómputo accesibles en la Web como el MCHF, NWChem y el Gamess, y algunos programas comerciales como Gaussian.

Objetivos específicos:

- Entender la ecuación de Schrödinger para átomos y moléculas.
- Realizar cálculos cuánticos de sistemas químicos por medio de programas públicos con énfasis en diversas metodologías.

Índice temático

	Tema	**Horas semestre**	
		Teóricas	**Prácticas**
1	**De la cuantización de Plank a la explicación de Bohr de la tabla periódica**	**1**	**0**
2	**Ecuación de Schröndinger para el átomo de hidrógeno**	**2**	**4**
3	**Modelos de partículas independientes y estados atómicos agujero (carozo excitados)**	**1**	**0**
4	**Bases de orbitales atómicos y bases de orbitales moleculares**	**2**	**6**
5	**Métodos Post-Hartree-Fock**	**2**	**4**
6	**Algunos programas útiles de la Química Cuántica**	**1**	**3**
7	**Espectroscopia de átomos pequeños (He-Ca)**	**1**	**0**
8	**Espectroscopia atómica de los metales de transición (Sc-Zn)**	**1**	**0**
9	**Efectos relativistas en átomos pequeños y en Ru, Rh y Pd**	**2**	**2**
10	**Efectos relativistas en Os, Ir, Pt, Au, Hg, Tl, Pb y Bi**	**2**	**0**
11	**Orbitales moleculares y teoría de grupos puntuales**	**2**	**0**
12	**Orbitales moleculares con simetría D_{2h}**	**2**	**0**
13	**Aplicaciones**	**5**	**5**

Total	**24**	**24**
Suma total de horas	**48**	

Contenido Temático	
	Tema y subtemas
Unidad 1	**De la cuantización de Plank a la explicación de Bohr de la tabla periódica**
Unidad 2	**Ecuación de Schröndinger para el átomo de hidrógeno**
2.1	Iones atómicos con un solo electrón
2.2	Probabilidades de transición multipolares, eléctricas y magnéticas
Unidad 3	**Modelos de partículas independientes y estados atómicos agujero (carozo excitados)**
3.1	Aproximación Bohr-Oppenhaimer
3.2	Ecuación de Dirac para un electrón y generalizaciones para muchos electrones (sólo átomos)
3.3	Pseudopotenciales que simulan efectos relativistas
Unidad 4	**Bases de orbitales atómicos y bases de orbitales moleculares**
4.1	Calidad de las diferentes bases orbitales de la literatura
Unidad 5	**Métodos Post-Hartree-Fock**
5.1	Visión general
5.2	Cálculo del error debido al uso de una base finita de orbitales
Unidad 6	**Algunos programas útiles de la Química Cuántica**
6.1	Cómo obtenerlos y cómo y para qué usarlos
Unidad 7	**Espectroscopia de átomos pequeños (He-Ca)**
7.1	Qué se sabe y qué no se sabe
Unidad 8	**Espectroscopia atómica de los metales de transición (Sc-Zn)**
Unidad 9	**Efectos relativistas en átomos pequeños y en Ru, Rh y Pd**
Unidad 10	**Efectos relativistas en Os, Ir, Pt, Au, Hg, Tl, Pb y Bi**
Unidad 11	**Orbitales moleculares y teoría de grupos puntuales**
11.1	Moléculas con simetría C_{2v}
11.2	Disociación del H_2O y de otras moléculas con simetría C_{2v}
Unidad 12	**Orbitales moleculares con simetría D_{2h}**
12.1	Espectro del etileno y de otras moléculas con electrones pi
Unidad 13	**Aplicaciones**
13.1	Espectroscopia atómica
13.2	Espectroscopia molecular
13.3	Estudio de una reacción simple involucrando especies con no más de dos átomos diferentes (H y C, H y N, H y O)

Estrategias didácticas		**Evaluación del aprendizaje**	
Exposición	x	Exámenes parciales	
Trabajo en equipo	x	Examen final	x
Lecturas	x	Trabajos y tareas	x
Trabajo de investigación		Presentación de tema	
Prácticas (taller o laboratorio)		Participación en clase	
Prácticas de campo		Asistencia	
Aprendizaje por proyectos		Rúbricas	
Aprendizaje basado en problemas	x	Portafolios	
Casos de enseñanza		Listas de cotejo	
Otras (especificar)		Otras (especificar)	

Bibliografía básica:

- Donald D McQuarrie, Quantum Chemistry, University Science Books, Mill Valley California, 2008.
- Trygve Helgaker, Poul Jorgensen y Jeppe Olsen, Molecular Electronic Structure Theory, John Wiley, 2000, Chichester England.
- Michael A Nielsen, Isaac L Chuang, Quantum Computation and Quantum Information, Cambridge University Press 2011
- David B Cook, Handbook of computational quantum chemistry, Dover
- Frank Jensen, Introduction to Computational Chemistry, 3rd Edition, Wiley 2017.

Bibliografía complementaria:

- James E House, Fundamentals of Quantum Chemistry, Elsevier, Amsterdam, 2004

Perfil profesiográfico:

Quienes impartan esta actividad deberán contar con el grado de Maestro(a) o Doctor(a) o con la dispensa de grado otorgada por el Comité Académico, en alguna disciplina afín a los contenidos de esta actividad académica; experiencia académica o profesional relacionadas con la docencia en los campos del conocimiento del Programa. Tener producción académica o profesional reciente, demostrada con obra académica o profesional reconocida. Manejo y conocimiento de técnicas de enseñanza y aprendizaje.

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

PROGRAMA DE POSGRADO EN CIENCIAS FÍSICAS
MAESTRÍA EN CIENCIAS (FÍSICA)

Laboratorio de Materia Ultrafría						
Clave	**Semestre 2**	**Créditos 12**	**Campo de conocimiento**	**Física Cuántica, Atómica y Molecular**		
Modalidad	**Curso () Taller ( ) Lab (x) Sem ( )**			**Tipo**	**T () P (x) T/P ( )**	
Carácter	**Obligatorio ( ) Optativo ( )** **Obligatorio E (x) Optativo E ( )**			**Horas**		
Duración del programa	**Semestral**			**Semana**	**Semestre**	
				Teóricas: 0	**0**	
				Prácticas: 6	**96**	
				Total: 6	**96**	

Objetivo general:
El alumno aplicará los conceptos de la mecánica cuántica relacionados con el uso de la luz y su interacción con la materia.

Objetivos específicos:
Diseñar y realizar experimentos fundamentales en el manejo de los estados cuánticos de un sistema atómico.

Índice temático

	Tema	**Horas semestre**	
		Teóricas	**Prácticas**
1	**Espectroscopia del Rubidio**	**0**	**24**
2	**Trampa magneto-óptica (MOT)**	**0**	**72**
	Total	**0**	**96**
	Suma total de horas	**96**	

Contenido Temático	
	Tema y subtemas
Unidad 1	**Espectroscopia del Rubidio**
1.1	Átomo de dos niveles
1.2	Interacción con el láser
1.3	Estructura fina e hiperfina
1.4	Reglas de selección
1.5	Estructura del Rubidio
1.6	Láser en configuración Littrow o Littman
1.7	Espectroscopia de saturación
1.8	Estabilización del láser
1.9	Electrónica de retroalimentación
Unidad 2	**Trampa magneto-óptica (MOT)**
2.1	Conceptos fundamentales
2.2	Arreglo experimental
2.3	Sistema de vacío y fuente de Rubidio

2.4	Sistema óptico
2.5	Haz de rebombeo
2.6	Campo magnético
2.7	Trama magneto-óptica
2.8	Medición del número de átomos

Estrategias didácticas		Evaluación del aprendizaje	
Exposición	x	Exámenes parciales	
Trabajo en equipo	x	Examen final	x
Lecturas	x	Trabajos y tareas	x
Trabajo de investigación		Presentación de tema	
Prácticas (taller o laboratorio)		Participación en clase	
Prácticas de campo		Asistencia	
Aprendizaje por proyectos		Rúbricas	
Aprendizaje basado en problemas	x	Portafolios	
Casos de enseñanza		Listas de cotejo	
Otras (especificar)		Otras (especificar)	

Bibliografía básica:

- Laser Cooling and Trapping, H J Metcalf and P van der Straten
- Laser cooling and atom trapping: A megneto-optical trap for Rubidium, Teresa OñateNapili, Reed College, 1997
- Optical resonance and two-level atoms, L Allen and J H Eberly, Dover, NY, 1987
- Exploring the Quantum: Atoms, cavities and photons, S Haroche and J. M. Raimond, Oxford Graduate Texts, 2006.
- Atomic Physics: Precise Measurements and Ultracold Matter, Massimo Inguscio, Oxford 2013.

Bibliografía complementaria:

- Bose-Einstein condensation in dilute gases, C.J. Pethick and H. Smith, Cambbridge University Press, Second Edition (2008).

Perfil profesiográfico:

Quienes impartan esta actividad deberán contar con el grado de Maestro(a) o Doctor(a) o con la dispensa de grado otorgada por el Comité Académico, en alguna disciplina afín a los contenidos de esta actividad académica; experiencia académica o profesional relacionadas con la docencia en los campos del conocimiento del Programa. Tener producción académica o profesional reciente, demostrada con obra académica o profesional reconocida. Manejo y conocimiento de técnicas de enseñanza y aprendizaje.

FÍSICA DE ALTAS ENERGÍAS, FÍSICA NUCLEAR, GRAVITACIÓN Y FÍSICA MATEMÁTICA

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

PROGRAMA DE POSGRADO EN CIENCIAS FÍSICAS
MAESTRÍA EN CIENCIAS (FÍSICA)

Cosmología					
Clave	**Semestre 2**	**Créditos 12**	**Campo de conocimiento**	**Física de Altas Energías, Física Nuclear, Gravitación y Física Matemática**	
Modalidad	**Curso (X) Taller ( ) Lab ( ) Sem ( )**			**Tipo**	**T (X) P ( ) T/P ()**
Carácter	**Obligatorio ( ) Optativo ( )** **Obligatorio E (X) Optativo E ( )**			**Horas**	
Duración del programa	**Semestral**			**Semana**	**Semestre**
				Teóricas: 6	**Teóricas: 96**
				Prácticas: 0	**Prácticas: 0**
				Total: 6	**Total: 96**

Objetivo general:

El alumno adquiriá conocimientos avanzados de la cosmología, lo que le permitirá tener un panorama global del tema y del conocimiento que se tiene del Universo, en la actualidad.

Objetivos específicos:

- Conocer los aspectos fundamentales de la historia de nuestro Universo en el contexto de la teoría general de la relatividad.
- Estudiar el modelo cosmológico estándar basado en la métrica de Friedman-Robertson-Walker.
- Describir las diferentes etapas de evolución de nuestro universo incluidas las etapas inflacionarias.
- Estudiar los componentes de la materia que conforma el Universo y su evolución, comparando los resultados observacionales con las predicciones de los modelos.

Índice temático

	Tema	**Horas semestre**	
		Teóricas	**Prácticas**
1	**Ecuaciones de Einstein y la métrica de Robertson-Walker**	12	0
2	**Modelos cosmológicos de Friedman-Robertson-Walker**	12	0
3	**Universo Térmico**	12	0
4	**Modelos inflacionarios**	12	0
5	**Estadística en cosmología**	12	0
6	**Anisotropías de la Radiación Cósmica de Fondo**	12	0
7	**Energía oscura**	12	0
8	**Cosmología observacional contemporánea**	12	0
	Total	**96**	**0**
	Suma total de horas	**96**	

Contenido Temático	
	Tema y subtemas
Unidad 1	**Ecuaciones de Einstein y la métrica de Robertson-Walker**
1.1	Sumario de Relatividad General
1.2	Derivación de la métrica de Robertson-Walker
1.3	Propiedades geométricas de la métrica de Robertson-Walker y sus ecuaciones
Unidad 2	**Modelos cosmológicos de Friedman-Robertson-Walker**
2.1	Solución exacta para materia y radiación y fluido perfecto
2.2	Singularidad inicial
2.3	El corrimiento hacia el rojo y la determinación de distancias, el parámetro de Hubble
2.4	Horizontes de partículas y de eventos
2.5	La edad del Universo
Unidad 3	**Universo Térmico**
3.1	Densidad de energía, presión y número de partículas en función de la temperatura. Grados de libertad de las partículas y del modelo estándar de partículas
3.2	Entropía y su conservación
3.3	Condiciones para equilibrio termodinámico entre diferentes especies de partículas
3.4	Temperatura de desacople en función de la temperatura del fotón (e.g. temp. de los neutrinos). Época de desacople de los fotones (generación de la radiación de fondo)
3.5	Nucleosíntesis primordial
3.6	Constricciones al número de partículas más allá del modelo estándar y a la densidad de energía de estas partículas
Unidad 4	**Modelos inflacionarios**
4.1	Aceleración temprana: Inflación
4.2	Los problemas del modelo estándar
4.3	Inflación: descripción cualitativa y cuantitativa, parámetros de rodamiento suave
4.4	Ejemplos de modelos inflacionarios (campos escalares)
4.5	Perturbaciones primordiales debidas al inflaton
4.6	Definición del índice espectral e invarianza de escala
Unidad 5	**Estadística en cosmología**
5.1	Principio Cosmológico (Hipótesis estadística y realizaciones observacionales)
5.2	Función de correlación 2-puntos
5.3	Espectro de potencia: Teoría y parametrizaciones
5.4	Espectro de potencia esférica
5.5	Estadística a 3 y más puntos
Unidad 6	**Anisotropías de la Radiación Cósmica de Fondo**
6.1	Anisotropías en la Ecuación. De Boltzmann
6.2	Oscilaciones acústicas en la radiación de fondo
6.3	Efectos primarios y secundarios en la radiación de fondo
6.4	Oscilaciones acústicas de bariones “BAO”
6.5	Observaciones del espectro de potencias y su interpretación
Unidad 7	**Energía oscura**

7.1	Observaciones que sondean la aceleración actual: Supernovas, BAO, RSD
7.2	Constante cosmológica: Motivación, evidencia observacional y problemas asociados
7.3	Modelos de Energía oscura: Modelos de campos escalares (e.g. potenciales inversos, exponencial), parametrizaciones como un fluido
7.4	Expansión acelerada debida a Gravedad Modificada: Parametrizaciones Observables para desviaciones de la Relatividad General
Unidad 8	**Cosmología observacional contemporánea**
8.1	Lentes gravitacionales débiles
8.2	Bosque de Lyman-alfa
8.3	Reionización y emisión en 21cm
8.4	Ondas gravitacionales y cosmología

Estrategias didácticas		**Evaluación del aprendizaje**	
Exposición	X	Exámenes parciales	X
Trabajo en equipo		Examen final	X
Lecturas	X	Trabajos y tareas	X
Trabajo de investigación		Presentación de tema	
Prácticas (taller o laboratorio)		Participación en clase	
Prácticas de campo		Asistencia	
Aprendizaje por proyectos		Rúbricas	
Aprendizaje basado en problemas		Portafolios	
Casos de enseñanza		Listas de cotejo	
Otras (especificar)		Otras (especificar)	

Bibliografía básica:

- Dodelson, S., Modern Cosmology, Academic Press, 2003.
- Malcolm Longair: Galaxy Formation.
- Weinberg S., Cosmology.
- Padmanabhan T., Theoretical Astrophysics: Vol.III Galaxies and Cosmology, Cambridge University Press, 2002.
- Peebles P., The large-scale structure of the universe, Princeton Series in Physics, 1988. - Linde A., Particle physics and inflationary cosmology, Harwood Academic Publishers, 1990.

Bibliografía complementaria:

- Liddle, A. E. y Lyth, D., Cosmological Inflation and Large-Scale Structure, Cambridge University Press, 2000.
- Kolb E. y Turner M. S., The early universe, Frontiers in Physics, Addison-Wesley Publishing Company, 1990.

Perfil profesiográfico:

Quienes impartan esta actividad deberán contar con el grado de Maestro(a) o Doctor(a) o con la dispensa de grado otorgada por el Comité Académico, en alguna disciplina afín a los contenidos de esta actividad académica; experiencia académica o profesional relacionadas con la docencia en los campos del conocimiento del Programa. Tener producción académica o profesional reciente, demostrada con obra académica o profesional reconocida. Manejo y conocimiento de técnicas de enseñanza y aprendizaje.

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

PROGRAMA DE POSGRADO EN CIENCIAS FÍSICAS
MAESTRÍA EN CIENCIAS (FÍSICA)

Estructura Nuclear y Hadrónica					
Clave	**Semestre 2**	**Créditos 12**	**Campo de conocimiento**	**Física de Altas Energías, Física Nuclear, Gravitación y Física Matemática**	
Modalidad	**Curso (X) Taller ( ) Lab ( ) Sem ( )**			**Tipo**	**T (X) P ( ) T/P ( )**
Carácter	**Obligatorio ( ) Optativo ( )** **Obligatorio E (X) Optativo E ( )**			**Horas**	
Duración del programa	**Semestral**			**Semana**	**Semestre**
				Teóricas 6	**Teóricas 96**
				Prácticas 0	**Prácticas 0**
				Total 6	**Total 96**

Objetivo general:

El alumno adquirirá las bases teóricas necesarias para el estudio de la estructura nuclear y hadrónica.

Objetivos específicos:

- Comprender los modelos nucleares y hadrónicos.
- Entender los fundamentos de la interacción fuerte.

Índice temático

	Tema	**Horas semestre**	
		Teóricas	**Prácticas**
1	**Momento angular y simetrías**	**12**	**0**
2	**Interacción nucleón-nucleón**	**6**	**0**
3	**Modelos nucleares**	**30**	**0**
4	**QCD fuertemente acoplada**	**24**	**0**
5	**Estructura hadrónica**	**24**	**0**
	Total	**96**	**0**
	Suma total de horas	**96**	

Contenido Temático	
	Tema y subtemas
Unidad 1	**Momento angular y simetrías**
1.1	Acoplamiento LS y JJ
1.2	Coeficientes de Clebsch-Gordan
1.3	Isoespín
1.4	CPT
Unidad 2	**Interacción nucleón-nucleón**
2.1	Deuterón

2.2	Intercambio de mesones
Unidad 3	**Modelos nucleares**
3.1	Modelo de la gota líquida
3.2	Gas de Fermi
3.3	Modelo de capas
3.4	Modelos colectivos
Unidad 4	**QCD fuertemente acoplada**
4.1	Quarks
4.2	gluones y color
4.3	confinamiento
4.4	Libertad asintótica
4.5	Teoría de Yang-Mills
Unidad 5	**Estructura hadrónica**
5.1	Quarks y partones
5.2	Estructura del nucleón
5.3	Espectroscopía

Estrategias didácticas		**Evaluación del aprendizaje**	
Exposición	X	Exámenes parciales	X
Trabajo en equipo	X	Examen final	X
Lecturas		Trabajos y tareas	X
Trabajo de investigación		Presentación de tema	
Prácticas (taller o laboratorio)		Participación en clase	X
Prácticas de campo		Asistencia	X
Aprendizaje por proyectos		Rúbricas	
Aprendizaje basado en problemas	X	Portafolios	
Casos de enseñanza		Listas de cotejo	
Otras (especificar)		Otras (especificar)	

Bibliografía básica:

- E.M. Henley, A. García, Subatomic Physics (World Scientific, 2007)
- J.D. Walecka, Theorical Nuclear and Subnuclear Physics (World Scientific, 2004)
- R.K. Ellis, W.J. Stirling, B.R. Webber, QCD and Collider Physics (Cambridge University Press, 1996)
- S.S.M. Wong, Introductory Nuclear Physics (John Wiley & Sons, 1987)
- W. Greiner, J.A. Maruhn, Nuclear Models (Springer, 1996)

Bibliografía complementaria:

- V. Gribov, Strong interactions of Hadrons at High Energies (Cambridge University Press, 2009)
- R.G. Roberts, The Structure of the Proton (Cambridge University Press, 1990)
- A.W. Thomas, W. Weise, The Structure of the Nucleon (John Wiley & Sons, 2000)

Perfil profesiográfico:

Quienes impartan esta actividad deberán contar con el grado de Maestro(a) o Doctor(a) o con la dispensa de grado otorgada por el Comité Académico, en alguna disciplina afín a los contenidos de esta actividad académica; experiencia académica o profesional relacionadas con la docencia en los campos del conocimiento del Programa. Tener producción académica o profesional reciente, demostrada con obra académica o profesional reconocida. Manejo y conocimiento de técnicas de enseñanza y aprendizaje.

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

PROGRAMA DE POSGRADO EN CIENCIAS FÍSICAS
MAESTRÍA EN CIENCIAS (FÍSICA)

Física de Partículas Elementales					
Clave	**Semestre 2**	**Créditos 12**	**Campo de conocimiento**	**Física de Altas Energías, Física Nuclear, Gravitación y Física Matemática**	
Modalidad	**Curso (x) Taller ( ) Lab ( ) Sem ( )**			**Tipo**	**T (X) P ( ) T/P ( )**
Carácter	**Obligatorio ( ) Optativo ( )** **Obligatorio E (X) Optativo E ( )**			**Horas**	
Duración del programa	**Semestral**			**Semana**	**Semestre**
				Teóricas: 6	**Teóricas: 96**
				Prácticas: 0	**Prácticas: 0**
				Total: 6	**Total: 96**

Objetivo general:

El alumno se familiarizará con los conceptos básicos de la física de partículas elementales, de tal forma, que los aplicará en la solución de problemas.

Objetivos específicos:

- Adquirir un panorama global sobre la Física de Partículas Elementales y los métodos experimentales más usados ens u estudio.
- Iniciar una investigación en el área de la Física de Partículas Elementales.

Índice temático

	Tema	**Horas semestre**	
		Teóricas	**Prácticas**
1	**Panorama general de la física de partículas elementales**	**12**	**0**
2	**Elementos generales de mecánica cuántica relativista y teoría cuántica de campos**	**14**	**0**
3	**Simetrías y leyes de conservación**	**10**	**0**
4	**Teorías con simetría de norma local**	**15**	**0**
5	**Modelo estándar de las partículas elementales 1: teoría electrodébil**	**15**	**0**
6	**Modelo estándar de las partículas elementales 2: cromodinámica cuántica**	**15**	**0**
7	**Masas y mezclas de neutrinos**	**15**	**0**
	Total	**96**	**0**
	Suma total de horas	**96**	

Contenido Temático	
	Tema y subtemas
Unidad 1	**Panorama general de la física de partículas elementales**
1.1	Panorama teórico: Las partículas elementales
1.2	Las interacciones fundamentales
1.3	Panorama experimental: Métodos de aceleración y detección de partículas
Unidad 2	**Elementos generales de mecánica cuántica relativista y teoría cuántica de campos**
2.1	Ecuación de Klein Gordon. Ecuación de Dirac
2.2	Los campos de Maxwell yYang-Mills
2.3	Elementos de teoría cuántica de campos
Unidad 3	**Simetrías y leyes de conservación**
3.1	Elementos de la teoría de grupos
3.2	Simetrías discretas P, C y T
3.3	El modelo de cuarks
Unidad 4	**Teorías con simetría de norma local**
4.1	Principio de invariancia de norma
4.2	Electrodinámica y teorías de Yang-Mills
4.3	Rompimiento espontáneo de la simetría
4.4	Teorema de Goldstone
4.5	Mecanismo de Higgs
Unidad 5	**Modelo estándar de las partículas elementales 1: teoría electrodébil**
5.1	Teorías de Fermi y V-A y problemas asociados a estas teorías
5.2	Teoría electrodébil
5.3	Decaimiento beta del neutrón
5.4	El modelo SU (2) _L x U(1)_Y
5.5	Rompimiento espontáneo de la simetría y el espectro de la teoría
5.6	Bosones de norma
5.7	Corrientes cargadas
5.8	Corrientes neutras
5.9	Interacciones electrodébiles para hadrones
5.10	El mecanismo de GIM
5.11	La matriz de Cabibbo-Kobayashi-Maskawa. Violación de CP
5.12	La partícula de Higgs: propiedades y posibles métodos de detección
Unidad 6	**Modelo estándar de las partículas elementales 2: cromodinámica cuántica**
6.1	Dispersión inelástica profunda
6.2	Libertad asintótica en teorías de norma no-abelianas
6.3	Simetría de las interacciones fuertes
6.4	El modelo de la cromodinámica cuántica
6.5	El confinamiento de cuarks y gluones
Unidad 7	**Masas y mezclas de neutrinos**
7.1	Neutrinos de Dirac y de Majorana
7.2	Oscilaciones de neutrinos
7.3	Matriz PMNS
7.4	Neutrinos estériles
7.5	Experimentos y observaciones

Estrategias didácticas		Evaluación del aprendizaje	
Exposición	X	Exámenes parciales	X
Trabajo en equipo		Examen final	X
Lecturas	X	Trabajos y tareas	X
Trabajo de investigación		Presentación de tema	X
Prácticas (taller o laboratorio)		Participación en clase	X
Prácticas de campo		Asistencia	X
Aprendizaje por proyectos		Rúbricas	
Aprendizaje basado en problemas		Portafolios	
Casos de enseñanza		Listas de cotejo	
Otras (especificar)		Otras (especificar)	

Bibliografía básica:

- D. Griffiths, *Introduction to Elementary Particles*, Wiley-VCH, 2004.
- P. Langacker, *The Standard Model and Beyond,* CRC Press, 2010.
- N. Cabbibo, L. Maiani and O. Benhar*, An Introduction to Gauge Theories*, CRC Press, 2016.
- L. Maiani, *Electroweak Interactions*, CRC Press 2013.
- L. B. Okun, *Leptons and Quarks*, North Holland, 1984.
- K. Gordon, *Modern elementary particle physics*, Addison-Wesley Publishing Company, 1987.
- F. Halzen y A.D. Martin, *Quarks & leptons*, John Wiley & Sons, 1984.
- B. R. Martin y G. Shaw, *Particle physics*, John Wiley & Sons, 1992
- Fayyazuddin y Riazuddin, *A modern introduction to particle physics*, World Scientific, Singapore, 1992.

Bibliografía complementaria:

- G.G. Ross, *Grand united theories*, Addison-Wesley Publishing Company, 1984.
- L. Maiani and O. Benhar, *Relativistic Quantum Mechanics: An Introduction to Relativistic Quantum Fields,* CRC Press, 2015
- H. Georgi, *Weak interactions and modern particle physics*, Addison-Wesley Publishing Company, 1984
- T.-P. Cheng y L.-F. Li, *Gauge theory of elementary particle physics*, Oxford University Press, Oxford, 1984.
- I. J. R. Aitchison y A.J.G. Hey, *Gauge theories in particle physics*, Adam Hilger LTD, Bristol, 1982
- M. E. Peskin y D. V. Schroeder, *Introduction to Quantum Field Theory*, Perseus Books, 1995.
- H. Georgi, W e a k *interactions and modern particle physics*, Addison-Wesley Publishing Company, 1984.
- P. Renton, *Electroweak interactions*, Cambridge, 1990.

Perfil profesiográfico:

Quienes impartan esta actividad deberán contar con el grado de Maestro(a) o Doctor(a) o con la dispensa de grado otorgada por el Comité Académico, en alguna disciplina afín a los contenidos de esta actividad académica; experiencia académica o profesional relacionadas con la docencia en los campos del conocimiento del Programa. Tener producción académica o profesional reciente, demostrada con obra académica o profesional reconocida. Manejo y conocimiento de técnicas de enseñanza y aprendizaje.

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

PROGRAMA DE POSGRADO EN CIENCIAS FÍSICAS
MAESTRÍA EN CIENCIAS (FÍSICA)

Geometría Diferencial y Topología para Físicos I

Clave	Semestre	Créditos	Campo de conocimiento	Física de Altas Energías, Física Nuclear, Gravitación y Física Matemática
	2	12		

Modalidad	**Curso (X) Taller ( ) Lab ( ) Sem ( )**	**Tipo**	**T (X) P ( ) T/P ( )**
Carácter	**Obligatorio ( ) Optativo ( )** **Obligatorio E (X) Optativo E ( )**	**Horas**	
Duración del programa	**Semestral**		

Semana		Semestre	
Teóricas	**6**	**Teóricas**	**96**
Prácticas	**0**	**Prácticas**	**0**
Total	**6**	**Total**	**96**

Objetivo general:

El alumno conocerá los fundamentos de la geometría diferencial y la topología, así como sus diversas aplicaciones en la física teórica.

Objetivos específicos:

- Familiarizarse con el aparato del cálculo exterior sobre variedades.
- Desarrollar un criterio geométrico y, más generalmente, una madurez matemática, que permita percibir, analizar, y generalizar estructuras subyacentes matemáticas en la física teórica.
- Identificar las herramientas de la geometría diferencia en general y de la Riemanniana en particular.

Índice temático

	Tema	Horas semestre	
		Teóricas	Prácticas
1	Antecedentes Matemáticos. Elementos de Topología	4	0
2	Variedades y Campos Vectoriales	8	0
3	Formas Exteriores y Tensores	12	0
4	Cálculo de Cartan	6	0
5	Aplicaciones en Física I: Mecánica Clásica	6	0
6	Metrica, Variedades Riemannianas	8	0
7	Superficies y Curvas en el Espacio Euclidiano	6	0
8	Teoremas de Indices I	8	0
9	Derivada Covariante y Curvatura	8	0
10	Teoría de Hodge	6	0
11	Aplicaciones en Física II: Electromagnetismo y Magnetohidrodinámica	6	0
12	Grupos de homotopía	4	0
13	Grupos de homología y cohomología	6	0

14	Aplicaciones en Física III: Mecánica Cuántica, Relatividad General, Termodinámica	8	0
	Total	**96**	**0**
	Suma total de horas	**96**	

Contenido Temático	
	Tema y subtemas
Unidad 1	**Antecedentes Matemáticos. Elementos de Topología**
1.1	Espacios vectoriales y sus duales
1.2	Relaciones de equivalencia
1.3	Espacios cocientes, algebras, acciones, derivaciones y antiderivaciones
1.4	Coalgebras
1.5	Coacciones
1.6	Espacios topológicos
1.7	Mapeos continuos
1.8	Ejemplos de distintas topologías
1.9	Invariantes topológicos
Unidad 2	**Variedades y Campos Vectoriales**
2.1	El concepto de variedad
2.2	Mapeos
2.3	Vectores tangentes
2.4	Campos vectoriales
2.5	Conmutadores
2.6	Flujos
2.7	Aplicaciones en ecuaciones diferenciales
2.8	Variedades complejas
2.9	Ejemplos de variedades
Unidad 3	**Formas Exteriores y Tensores**
3.1	Covectores
3.2	Espacios vectoriales duales
3.3	El diferencial de una función
3.4	El espacio cotangente
3.5	*Pushforwards* y *pullbacks*
3.6	Tensores
3.7	El álgebra exterior
3.8	P-formas
3.9	Derivada exterior
3.10	Ppseudoformas
3.11	Integración de p-formas
3.12	Operador de frontera
3.13	Teorema de Stokes
3.14	Derivada de Lie de un campo vectorial y de p-forma
3.15	Teorema de Frobenius
3.16	Lema de Poincaré
3.17	Conos y coconos (operadores de homotopía)
Unidad 4	**Cálculo de Cartan**
4.1	Derivadas interiores
4.2	Identidades de Cartan
4.3	Formulación con coordenadas fermiónicas
4.4	Coconos algebráicos
Unidad 5	**Aplicaciones en Física I: Mecánica Clásica**
5.1	Variedades simplécticas

5.2	Flujos y campos vectoriales Hamiltonianos
5.3	El invariante de Poincaré-Cartan
5.4	El método de Hamilton-Jacobi
Unidad 6	**Métrica, Variedades Riemannianas**
6.1	Métricas Riemannianas y pseudoriemanniana
6.2	Isomorfismo entre el espacio tangente y cotangente
6.3	Formas bilineales vs endomorfismos
6.4	Elemento de volumen invariante
6.5	Longitud de una curva
6.6	Geodésicas como extremales de longitud
6.7	El mapeo exponencial
6.8	Coordenadas normales
6.9	El Laplaciano y su espectro
Unidad 7	**Superficies y Curvas en el Espacio Euclidiano**
7.1	Curvatura y torsión de curvas
7.2	Ecuaciones de Frenet
7.3	Mértica inducida en una superficie
7.4	La segunda forma fundamental
7.5	Direcciones y curvaturas principales
7.6	Derivada covariante
7.7	La conexión de Levi Civita
7.8	Transporte paralelo y su holonomía
7.9	Geodésicas como curvas autoparalelas
7.10	Curvatura de Gauss
7.11	Teorema egregium
7.12	Fórmulas de Bertand-Diguet-Puiseux
Unidad 8	**Teoremas de Indices I**
8.1	Mapeo normal de Gauss,
8.2	Grado de Brouwer de un mapeo
8.3	Índice de Kronecker de un campo vectorial
8.4	Característica de Euler y el mapeo diagonal
8.5	Teorema de Gauss-Bonnet
8.6	Teorema de Hopf-Poincaré
Unidad 9	**Derivada Covariante y Curvatura**
9.1	Conexion afina
9.2	p-formas con valores en vectores
9.3	Derivada covariante exterior
9.4	La 2-forma de curvatura
9.5	El tensor de Riemann
9.6	Torsión
9.7	Ecuación de Jacobi para la desviación geodésica
9.8	El *pushforward* del mapeo exponencial
9.9	Principios variacionales y la métrica de Jacobi
9.10	La invariante de Hopf
Unidad 10	**Teoría de Hodge**
10.1	El operador estrella de Hodge
10.2	El codiferencial y el Laplaciano
10.3	Formas harmónicas
10.4	Producto interno entre campos de p-formas
10.5	Descomposición de Hodge
10.6	Cohomología De Rham
Unidad 11	**Aplicaciones en Física II: Electromagnetismo y Magnetohidrodinámica**
11.1	Espacio de Minkowski
11.2	Transformaciones de Lorentz

11.3	La fuerza de Lorentz
11.4	El tensor de Faraday
11.5	La ecuación homogénea de Maxwell
11.6	La 1-forma de corriente
11.7	El tensor de Maxwell
11.8	La ecuación inhomogenea de Maxwell
11.9	Ondas electromagnéticas
11.10	Electromagnetismo en espaciotiempos generales
11.11	Helicidad
11.12	Invariantes topológicos de campos magnéticos
11.13	Aplicaciones en dinámica de plasmas.
Unidad 12	**Grupos de homotopía**
12.1	El grupo fundamental
12.2	El “calculating theorem”
12.3	Ejemplos de grupos fundamentales
12.4	Grupos más altos de homotopía
12.5	Homotopía de las esferas
Unidad 13	**Grupos de homología y cohomología**
13.1	Grupos de homología
13.2	Ciclos y cociclos
13.3	Homología en los enteros
13.4	Subgrupo de torsión,
13.5	Homología en los reales
13.6	Números de Betti
13.7	La fórmula de Euler-Poincaré
13.8	Dualidad con cohomología
13.9	Teorema de De Rham.
Unidad 14	**Aplicaciones en Física III: Mecánica Cuántica, Relatividad General, Termodinámica**
14.1	Algebras de operadores bosónicos y fermiónicos
14.2	Estados coherentes
14.3	Momento angular
14.4	Fase de Berry; *centro de masa en relatividad general
14.5	Geodésicas en el espacio tiempo de Schwarzschild
14.6	Teorías Kaluza-Klein
14.7	Estructura lineal y de contacto en termodinámica
14.8	Transformaciones de Legendre
14.9	Holonomía y termodinámica

Estrategias didácticas		**Evaluación del aprendizaje**	
Exposición		Exámenes parciales	x
Trabajo en equipo		Examen final	x
Lecturas	x	Trabajos y tareas	x
Trabajo de investigación		Presentación de tema	
Prácticas (taller o laboratorio)		Participación en clase	x
Prácticas de campo		Asistencia	x
Aprendizaje por proyectos		Rúbricas	
Aprendizaje basado en problemas	x	Portafolios	
Casos de enseñanza		Listas de cotejo	
Otras (especificar)		Otras (especificar)	

Bibliografía básica:

- M. Nakahara. *Geometry, Topology and Physics*. Institute of Physics Publishing, 1990.
- T. Frankel. *The Geometry of Physics.* Cambridge University Press, 1997.
- C. Nash and S. Sen. *Topology and Geometry for Physicists*. Academic Press, 1983.
- V. I. Arnold. *Mathematical Methods of Classical Mechanics*. Springer, 1989.
- H. Flanders. *Differential Forms with Applications to the Physical Sciences*. Dover, 1989.

Bibliografía complementaria:

- R. Bott and L. W. Tu. *Differential Forms in Algebraic Topology*. Springer, 1986.
- Schwarz. *Quantum Field Theory and Topology*. Springer, 1993.
- S. Sternberg. *Curvature in Mathematics and Physics*. Dover, 2012.
- R. Gilmore. *Lie Groups, Physics, and Geometry*. Cambridge University Press, 2008.
- E. Suhubi. *Exterior Analysis*. Academic Press, 2013.

Perfil profesiográfico:

Quienes impartan esta actividad deberán contar con el grado de Maestro(a) o Doctor(a) o con la dispensa de grado otorgada por el Comité Académico, en alguna disciplina afín a los contenidos de esta actividad académica; experiencia académica o profesional relacionadas con la docencia en los campos del conocimiento del Programa. Tener producción académica o profesional reciente, demostrada con obra académica o profesional reconocida. Manejo y conocimiento de técnicas de enseñanza y aprendizaje.

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

PROGRAMA DE POSGRADO EN CIENCIAS FÍSICAS
MAESTRÍA EN CIENCIAS (FÍSICA)

Métodos de la Física Experimental de Altas Energías

Clave	Semestre	Créditos	Campo de conocimiento	Física de Altas Energías, Física Nuclear, Gravitación y Física Matemática
	2	12		

Modalidad	**Curso (X) Taller ( ) Lab ( ) Sem ( )**	**Tipo**	**T ( ) P ( ) T/P (X)**
Carácter	**Obligatorio ( ) Optativo ( )** **Obligatorio E (X) Optativo E ( )**	**Horas**	
Duración del programa	**Semestral**	**Semana**	**Semestre**
		Teóricas 5.5	**Teóricas 88**
		Prácticas 0.5	**Prácticas 8**
		Total 6	**Total 96**

Objetivo general:
El alumno adquirirá conocimientos teóricos y prácticos en torno a los métodos modernos empleados en experimentos de física y astrofísica de partículas, así como una visión global de experimentos actuales de mayor relevancia en el área, sus búsquedas y objetivos. También adquirirá las competencias para analizar mediciones e interpretar cuantitativamente los resultados de experimentos modernos de física y astrofísica de partículas.

Objetivos específicos:

- Aprender los principios de diferentes métodos de detección e identificación de partículas en experimentos de física y astrofísica de partículas, y adquirirá conocimientos sobre la obtención, simulación, análisis e interpretación de datos en dichos experimentos. A través de trabajo práctico en ejemplos de experimentos actuales y en planeación, aprenderá técnicas avanzadas de rastreo de partículas, calorimetría y conteo, así como métodos de reconstrucción. También, aprenderá a evaluar e interpretar datos usando simulaciones y métodos de análisis multivariado, los cuales son ampliamente utilizados en la actualidad.
- Estudiar a detalle la implementación de métodos y tecnologías de detección en experimentos en colisionadores, observatorios de partículas de ultra-altas energías, detectores de neutrinos, búsquedas directas de materia oscura y experimentos de blanco fijo. Conocer las fuentes típicas de errores sistemáticos y medidas del desempeño de estos experimentos (sensibilidad, rango de energía, resolución, aceptancia, ciclo de operación, etc.), sus limitaciones, y los métodos y técnicas para mejorar las características de los detectores.
- Conocer los detalles del funcionamiento, los objetivos, las búsquedas, alcances y limitaciones de una muestra representativa de experimentos en física y astrofísica de partículas de relevancia en la actualidad.

Índice temático

	Tema	Horas semestre	
		Teóricas	**Prácticas**
1	Interacción de radiación con materia	6	0
2	Aceleradores de partículas	6	0
3	Detectores de partículas	16	2
4	Identificación de partículas	12	0

5	Disparo y sistemas de adquisición	8	2
6	Componentes del análisis de datos	20	4
7	Experimentos actuales y futuros en FAE	20	0
	Total	**88**	**8**
	Suma total de horas	**96**	

Contenido Temático	
	Tema y subtemas
Unidad 1	**Interacción de radiación con materia**
1.1	Interacción de partículas cargadas
1.2	Interacción de fotones
1.3	Interacciones fuertes de hadrones
Unidad 2	**Aceleradores de partículas**
2.1	Aceleradores lineales
2.2	aceleradores circulares
Unidad 3	**Detectores de partículas**
3.1	Detectores de rastreo
3.2	Calorímetría
3.3	Detectores de fluorescencia
3.4	Detectores Cherenkov
Unidad 4	**Identificación de partículas**
4.1	Identificación de partículas cargadas
4.2	Identificación de partículas por calorimetría
4.3	Detección de neutrones
Unidad 5	**Disparo y sistemas de adquisición**
5.1	Conceptos básicos de DAQ
5.2	Electrónica para física de altas energías
5.3	Ejemplos de sistemas de disparo
5.4	Diseño de un sistema de disparo en el laboratorio
Unidad 6	**Componentes del análisis de datos**
6.1	Métodos Monte Carlo
6.2	Generadores de eventos Monte Carlo
6.3	Simulación de la respuesta del detector
6.4	Evaluación de errores sistemáticos
6.5	Estadística y técnicas de análisis multivariado
6.6	Ejemplos de análisis y simulación en experimentos existentes y futuros
Unidad 7	**Experimentos actuales y futuros en FAE**
7.1	Experimentos en colisionadores
7.2	Observatorios de partículas de ultra altas energías
7.3	Experimentos de blanco fijo
7.4	Experimentos de neutrinos
7.5	Búsquedas de materia oscura

Estrategias didácticas		**Evaluación del aprendizaje**	
Exposición	X	Exámenes parciales	X
Trabajo en equipo		Examen final	X
Lecturas	X	Trabajos y tareas	X
Trabajo de investigación	X	Presentación de tema	X
Prácticas (taller o laboratorio)	X	Participación en clase	X
Prácticas de campo		Asistencia	X
Aprendizaje por proyectos		Rúbricas	
Aprendizaje basado en problemas		Portafolios	
Casos de enseñanza		Listas de cotejo	

Otras (especificar)		Otras (especificar)	

Bibliografía básica:

- R. Fernow, Introduction to Experimental Particle Physics, Cambridge University Press, 1989
- W. Leo, Techniques for Nuclear and Particle Physics Experiments, Springer, 1994
- C. Grupen, Particle Detectors, Cambridge University Press, 1996
- L. Lyons, Statistics for Nuclear and Particle Physics, Cambridge University Press, 1986
- G. Barr et al. Particle Physics in the LHC Era, Oxford Masters Series in Particle Physics, 2016

Bibliografía complementaria:

- Thomas K. Gaisser, Cosmic rays and particle physics, Cambridge University Press, 1990.
- D. Perkins, Particle Astrophysics, Oxford University Press, 2003
- C.Giunti and C.W. Kim, Fundamentals of neutrino physics and astrophysics, Oxford University Press, 2007
- M. Thomson, Modern Particle Physics, Cambridge University Press, 2013.
- D. H. Perkins, Introduction to High Energy Physics, Cambridge University Press, 2000
- D. Griffiths, Introduction to Elementary Particles, Wiley-VCH, 2008
- Artículos de investigación diversos

Perfil profesiográfico:

Quienes impartan esta actividad deberán contar con el grado de Maestro(a) o Doctor(a) o con la dispensa de grado otorgada por el Comité Académico, en alguna disciplina afín a los contenidos de esta actividad académica; experiencia académica o profesional relacionadas con la docencia en los campos del conocimiento del Programa. Tener producción académica o profesional reciente, demostrada con obra académica o profesional reconocida. Manejo y conocimiento de técnicas de enseñanza y aprendizaje.

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

PROGRAMA DE POSGRADO EN CIENCIAS FÍSICAS
MAESTRÍA EN CIENCIAS (FÍSICA)

Reacciones Nucleares						
Clave	**Semestre 2**	**Créditos 12**	**Campo de conocimiento**	**Física de Altas Energías, Física Nuclear, Gravitación y Física Matemática**		
Modalidad	**Curso (X) Taller ( ) Lab ( ) Sem ( )**			**Tipo**	**T ( ) P ( ) T/P (X)**	
Carácter	**Obligatorio ( ) Optativo ( )** **Obligatorio E (X) Optativo E ( )**			**Horas**		
Duración del programa		**Semestral**		**Semana**	**Semestre**	
				Teóricas: 4	**Teóricas: 64**	
				Prácticas: 2	**Prácticas: 32**	
				Total: 6	**Total 96**	

Objetivo general:

El alumno adquirirá las bases teórico-prácticas necesarias para el estudio de reacciones nucleares a energías bajas e intermedias.

Objetivos específicos:

- Comprender el estudio de las reacciones nucleares.
- Entender el tipo de modelización para distintos canales de reacción.
- Aprender cómo montar, desarrollar, simular y analizar un experimento de física nuclear.

Índice temático

	Tema	**Horas semestre**	
		Teóricas	**Prácticas**
1	**Introducción a las reacciones nucleares**	**16**	**0**
2	**Experimentos en aceleradores de partículas**	**16**	**0**
3	**Teoría elemental de la dispersión**	**16**	**0**
4	**Astrofísica nuclear**	**16**	**0**
5	**Análisis y simulación de procesos experimentales**	**0**	**32**
	Total	**64**	**32**
	Suma total de horas	**96**	

Contenido Temático	
	Tema y subtemas
Unidad 1	**Introducción a las reacciones nucleares**
1.1	Sistemas de referencia
1.2	Balance de cantidades conservadas
1.3	Secciones eficaces
Unidad 2	**Experimentos en aceleradores de partículas**
2.1	Barrera de Coulomb
2.2	Dispersión de Rutherford
2.3	Correlaciones angulares
Unidad 3	**Teoría elemental de la dispersión**
3.1	Ondas mecánicas y ondas parciales de dispersión
3.2	Características cualitativas de las reacciones nucleares
3.3	Modelos de reacciones nucleares
Unidad 4	**Astrofísica nuclear**
4.1	Nucleosíntesis
4.2	Métodos de medida en astrofísica
4.3	Reacciones de interés astrofísico
Unidad 5	**Análisis y simulación de procesos experimentales**
5.1	Manejo de ROOT para el análisis
5.2	Manejo de GEANT4 para simulación
5.3	Tratamiento estadístico de datos experimentales

Estrategias didácticas		Evaluación del aprendizaje	
Exposición	X	Exámenes parciales	X
Trabajo en equipo	X	Examen final	
Lecturas		Trabajos y tareas	X
Trabajo de investigación		Presentación de tema	
Prácticas (taller o laboratorio)	X	Participación en clase	X
Prácticas de campo		Asistencia	X
Aprendizaje por proyectos		Rúbricas	
Aprendizaje basado en problemas	X	Portafolios	
Casos de enseñanza		Listas de cotejo	
Otras (especificar)		Otras (especificar)	

Bibliografía básica:

- Glenn F. Knoll, Radiation Detection and Measurement (Wiley, 2010)
- G.R. Satchler, Introduction to Nuclear Reactions (Oxford University Press, 1990)
- DeShalit and H. Feshbach, Theoretical Nuclear Physics. Vol. 1 (Wiley, 1974)
- H. Feshbach, Theoretical Nuclear Physics. Nuclear Reactions (Wiley, 1991)
- C. Bertulani, Nuclear Physics in a Nutshell (Princeton U. Press, 2007)

Bibliografía complementaria:

- S.S.M. Wong, Introductory Nuclear Physics (John Wiley & Sons, 1987)
- W. Greiner, J.A. Maruhn, Nuclear Models (Springer, 1996)

Perfil profesiográfico:

Quienes impartan esta actividad deberán contar con el grado de Maestro(a) o Doctor(a) o con la dispensa de grado otorgada por el Comité Académico, en alguna disciplina afín a los contenidos de esta actividad académica; experiencia académica o profesional relacionadas con la docencia en los campos del conocimiento del Programa. Tener producción académica o profesional reciente, demostrada con obra académica o profesional reconocida. Manejo y conocimiento de técnicas de enseñanza y aprendizaje.

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

PROGRAMA DE POSGRADO EN CIENCIAS FÍSICAS
MAESTRÍA EN CIENCIAS (FÍSICA)

Relatividad General

Clave	Semestre	Créditos	Campo de conocimiento	
	2	12		Física de Altas Energías, Física Nuclear, Gravitación y Física Matemática

Modalidad	**Curso (X) Taller ( ) Lab ( ) Sem ( )**	**Tipo**	**T (X) P ( ) T/P ( )**
Carácter	**Obligatorio ( ) Optativo ( )** **Obligatorio E (x) Optativo E ( )**	**Horas**	

Duración del programa	**Semestral**	**Semana**	**Semestre**
		Teóricas: 6	**Teóricas: 96**
		Prácticas: 0	**Prácticas: 0**
		Total: 6	**Total: 96**

Objetivo general:

El alumno adquirirá los conceptos básicos de la relatividad general, como del espacio – tiempo y la relación entre geometría y materia.

Objetivos específicos:

- Comprender la relatividad general, desde la teoría de la gravitación Newton y la teoría especial de la relatividad.
- Conocer la formulación tensorial de la relatividad general
- Entender cómo las aplicaciones de la teoría se tratan en los casos de ondas gravitacionales, agujeros negros y el modelo cosmológico estándar.

Índice temático

	Tema	Horas semestre	
		Teóricas	**Prácticas**
1	**Introducción**	12	0
2	**Geometría diferencial**	32	0
3	**Ecuaciones de Einstein**	20	0
4	**Soluciones estáticas y esféricamente simétricas**	20	0
5	**Cosmología**	12	0
	Total	**96**	**0**
	Suma total de horas	**96**	

Contenido Temático	
	Tema y subtemas
Unidad 1	**Introducción**
1.1	Gravitación newtoniana
1.2	Relatividad especial
1.3	Principio de equivalencia
1.4	Incompatibilidad de la gravedad newtoniana con la relatividad especial
Unidad 2	**Geometría diferencial**
2.1	Variedades diferenciales
2.2	Campos tensoriales
2.3	Operadores de derivadas
2.4	Transporte paralelo y geodésicas
2.5	Tensor de curvatura
2.6	Identidades de Bianchi
2.7	Isometrías y campos de Killing
Unidad 3	**Ecuaciones de Einstein**
3.1	Motivación para proponer las ecuaciones de Einstein
3.2	Formulación lagrangiana de la Relatividad General
3.3	Gravedad linealizada y el límite newtoniano
3.4	Ondas gravitacionales
Unidad 4	**Soluciones estáticas y esféricamente simétricas**
4.1	Estaticidad y simetría esférica
4.2	Solución de las ecuaciones de Einstein en vacío con estas simetrías
4.3	Solución interior de Schwarzschild y modelos estelares
4.4	Predicciones físicas y comparación con observaciones
4.5	Extensión de Kruskal y agujeros negros
Unidad 5	**Cosmología**
5.1	Homogeneidad e isotropía
5.2	Dinámica de modelos cosmológicos simples
5.3	Ley de Hubble y la evolución del universo

Estrategias didácticas		Evaluación del aprendizaje	
Exposición	X	Exámenes parciales	X
Trabajo en equipo		Examen final	X
Lecturas	X	Trabajos y tareas	X
Trabajo de investigación		Presentación de tema	X
Prácticas (taller o laboratorio)		Participación en clase	X
Prácticas de campo		Asistencia	
Aprendizaje por proyectos		Rúbricas	
Aprendizaje basado en problemas		Portafolios	
Casos de enseñanza		Listas de cotejo	
Otras (especificar)		Otras (especificar)	

Bibliografía básica:

- Wald R. M., *General relativity*, The University of Chicago Press, 1984.
- Weinberg S., *Gravitation And Cosmology: Principles And Applications Of The General Theory Of Relativity*, Wiley, New York, 2008.
- Hawking S. W. y Ellis G. F. R., *The large scale structure of space-time*, Cambridge University Press, 1973.
- T. Padmanabhan, Gravitation: Foundations and Frontiers, Cambridge University Press, 1st. Edition. 2010.
- Misner C. W., Thorne K. S. y Wheeler J. A., *Gravitation*, Princeton University Press, 2017.

Bibliografía complementaria:

- Rindler, W., *Essential relativity*, Van Nordstrand, New York, 1969.
- Schutz B., *A First Course in General Relativity*, Cambridge University Press, 2009.
- Carroll S. M., *Spacetime and Geometry: An Introduction to General Relativity*, Addison Wesley, 2004.
- D'Inverno R., *Introducing Einstein's Relativity*, Clarendon Press, 1992.
- Eric Poisson, *A Relativist's Toolkit: The Mathematics of Black-Hole Mechanics*, Cambridge University Press, 2007.

Perfil profesiográfico:

Quienes impartan esta actividad deberán contar con el grado de Maestro(a) o Doctor(a) o con la dispensa de grado otorgada por el Comité Académico, en alguna disciplina afín a los contenidos de esta actividad académica; experiencia académica o profesional relacionadas con la docencia en los campos del conocimiento del Programa. Tener producción académica o profesional reciente, demostrada con obra académica o profesional reconocida. Manejo y conocimiento de técnicas de enseñanza y aprendizaje.

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

PROGRAMA DE POSGRADO EN CIENCIAS FÍSICAS
MAESTRÍA EN CIENCIAS (FÍSICA)

Teoría Cuántica de Campos I

Clave	Semestre 2	Créditos 12	Campo de conocimiento	Física de Altas Energías, Física Nuclear, Gravitación y Física Matemática
Modalidad	Curso (X) Taller ( ) Lab ( ) Sem ( )		Tipo	T (X) P ( ) T/P ( )
Carácter	Obligatorio ( ) Optativo ( ) Obligatorio E (X) Optativo E ( )		Horas	
Duración del programa	Semestral		Semana	Semestre
			Teóricas: 6	Teóricas: 96
			Prácticas: 0	Prácticas: 0
			Total: 6	Total: 96

Objetivo general:
El alumno se familiarizará con el lenguaje de teoría cuántica de campos y aprenderá los fundamentos conceptuales más importantes.

Objetivos específicos:

Conocer los fundamentos de la teoría cuántica de campos relativistas. La orientación es hacia la física de partículas elementales; pero los temas tratados resultan también de interés a otras áreas como cosmología, física nuclear, física estadística y materia condensada.

Índice temático

	Tema	Horas semestre	
		Teóricas	Prácticas
1	Campos clásicos	12	0
2	Cuantización canónica de campos libres	36	0
3	Interacciones y reglas de Feynman para campo escalar	18	0
4	Procesos a nivel árbol en QED	18	0
5	Cuantización por integral de trayectoria	12	0
	Total	96	0
	Suma total de horas	96	

Contenido Temático	
	Tema y subtemas
Unidad 1	**Campos clásicos**
1.1	Formulación lagrangiana
1.2	Ecuaciones de movimiento
1.3	Formulación hamiltoniana
1.4	Grupo de Lorentz y de Poincaré
1.5	Campo de Klein-Gordon real y complejo
1.6	Simetrías internas globales
1.7	Teorema de Noether
Unidad 2	**Cuantización canónica de campos libres**
2.1	Cuantización canónica del campo de Klein-Gordon real y complejo
2.2	Ordenamiento normal
2.3	Ordenamiento temporal y propagador
2.4	Espinores de Dirac y de Weyl
2.5	Campo de espín ½
2.6	Acción de Dirac y soluciones a la ecuación de Dirac
2.7	Cuantización con anticonmutadores
2.8	Propagador fermiónico
2.9	Simetrías discretas: P, T, C, CP y teorema CPT
2.10	Relación entre espín y estadística
2.11	Campo vectorial sin masa
2.12	Invariancia de norma U(1) y derivada covariante
2.13	Cuantización en la norma de Coulomb y/o en la norma de Lorentz (formalismo de Gupta-Bleuler)
2.14	Propagador del fotón
2.15	Campo vectorial masivo (ecuación de Proca)
2.16	Acción de Yang-Mills e invariancia de norma no abeliana a nivel clásico
Unidad 3	**Interacciones y reglas de Feynman para campo escalar**
3.1	Ejemplificar campo interactuante con teoría ϕ^4 ó $\phi^{3.}$
3.2	Cuadro de interacción y expansión perturbativa para correladores
3.3	Teorema de Wick y reglas de Feynman en espacio de posición y espacio de momentos
3.4	Estados “entrantes” y “salientes amplitudes de dispersión
3.5	Matriz S
3.6	Representación espectral del propagador
3.7	Fórmula de reducción LSZ
3.8	Reglas de Feynman para amplitudes
3.9	Secciones eficaces y tasas de decaimiento
Unidad 4	**Procesos a nivel árbol en QED**
4.1	Reglas de Feynman en QED.
4.2	Identidades de trazas de matrices de Dirac
4.3	Efectos de polarización
4.4	Ejemplos de procesos ilustrativos, incluyendo dispersión de electrones y muones
4.5	Aniquilación de un par e + e-
4.6	Dispersión de Compton
4.7	Simetría de cruce
Unidad 5	**Cuantización por integral de trayectoria**
5.1	Integral de trayectoria en mecánica cuántica
5.2	Integral de trayectoria para campos libres: campo escalar, campo electromagnético y campo fermiónico
5.3	Funcional generatriz y funciones de Green para campos libres

5.4	Funcional generatriz para campos con interacción
5.5	Deducción de reglas de Feynman para teoría ϕ^4 ó ϕ^3.
5.6	Formulación de la integral de trayectoria para QED

Estrategias didácticas		**Evaluación del aprendizaje**	
Exposición	X	Exámenes parciales	X
Trabajo en equipo		Examen final	X
Lecturas	X	Trabajos y tareas	X
Trabajo de investigación		Presentación de tema	X
Prácticas (taller o laboratorio)		Participación en clase	X
Prácticas de campo		Asistencia	
Aprendizaje por proyectos		Rúbricas	
Aprendizaje basado en problemas		Portafolios	
Casos de enseñanza		Listas de cotejo	
Otras (especificar)		Otras (especificar)	

Bibliografía básica:

- M. Srednicki, *Quantum Field Theory*, Cambridge University Press, Cambridge, 2007.
- M.E. Peskin y D.V. Schroeder, *An Introduction to Quantum Field Theory*, Addison-Wesley Publishing Company, 1995.
- W. Greiner y J. Reinhardt, *Field Quantization*, Springer, 1993.
- L. S. Brown, *Quantum field theory*, Cambridge University Press, Cambridge, 1992.
- S. Weinberg, *The quantum theory of fields Vols. I y II*, Cambridge University Press, Cambridge, 1995.

Bibliografía complementaria:

- L. H. Ryder, *Quantum Field Theory*, Cambridge University Press, Cambridge, 1985.
- P. Ramond, *Field theory; a modern primer*, Addison-Wesley Publishing Company, 1990.
- M. D. Schwartz, *Quantum Field Theory and the Standard Model*, Cambridge U.P., Cambridge 2014.
- L. Alvarez-Gaume and M. A. Vazquez-Mozo, *An Invitation to Quantum Field Theory*, Springer, Berlin 2012.
- A. Duncan, *The Conceptual Framework of Quantum Field Theory*, Oxford U.P., 2012.
- S. J. Chang, *Introduction to quantum field theory*, World Scientific, Singapore, 1990
- A. Das, *Field theory (a path integral approach)*, World Scientific, Singapore, 1993.
- V.B. Berestetskii *et al.*, *(Landau y Lifshitz Course of Theoretical Physics Vol. 4) Quantum electrodynamics*, Pergamon Press, 1982.
- N. N. Bogoliubov y D. V. Shirkov, *Introducction to the theory of quantized fields*, John Wiley & Sons, 1980.
- J. D. Bjorken y S. D. Drell, *Relativistic quantum fields*, McGraw-Hill, 1965.
- F. Mandl y G. Shaw, *Quantum field theory*, John Wiley & Sons, 1984
- Michele Maggiore, *A Modern Introduction to Quantum Field Theory*, Oxford U.P. (2005).
- A. Zee, *Quantum Field Theory in a Nutshell*, Princeton University Press (2003).
- V. Radovanovic, *Problem Book in Quantum Field Theory*, Springer, Berlin 2006.
- R. B. Klauber, *Student Friendly Quantum Field Theory*, Sandtrove Press (2013).
- -T. Lancaster and S. J. Blundell, *Quantum Field Theory for the Gifted*
- *Amateur,* Oxford U. P., Oxford 2014

Perfil profesiográfico:

Quienes impartan esta actividad deberán contar con el grado de Maestro(a) o Doctor(a) o con la dispensa de grado otorgada por el Comité Académico, en alguna disciplina afín a los contenidos de esta actividad académica; experiencia académica o profesional relacionadas con la docencia en los campos del conocimiento del Programa. Tener producción académica o profesional reciente, demostrada con obra académica o profesional reconocida. Manejo y conocimiento de técnicas de enseñanza y aprendizaje.

FÍSICA ESTADÍSTICA Y SISTEMAS COMPLEJOS

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

PROGRAMA DE POSGRADO EN CIENCIAS FÍSICAS
MAESTRÍA EN CIENCIAS (FÍSICA)

Física Estadística Computacional					
Clave	**Semestre 2**	**Créditos 8**	**Campo de conocimiento**	**Física Estadística y Sistemas Complejos**	
Modalidad	**Curso (X) Taller ( ) Lab ( ) Sem ( )**			**Tipo**	**T ( ) P ( ) T/P (X)**
Carácter	**Obligatorio ( ) Optativo ( )** **Obligatorio E (X) Optativo E ( )**			**Horas**	
Duración del programa		**Semestral**		**Semana**	**Semestre**
				Teóricas: 2	**Teóricas: 32**
				Prácticas: 2	**Prácticas: 32**
				Total: 4	**Total: 64**

Objetivo:
El alumno conocerá los métodos y algoritmos estándares para la simulación numérica de diversos sistemas físicos, a través de un enfoque computacional.

Objetivos específicos:

- Identificar los distintos tipos de procesos estocásticos y algoritmos computacionales.
- Aprender a simular los procesos estocásticos, a través del uso de los algoritmos avanzados.
- Obtener información estadística de los procesos simulados.

Índice temático

	Tema	**Horas semestre**	
		Teóricas	**Prácticas**
1	**Caminatas aleatorias**	**4**	**4**
2	**Cadenas de Markov**	**4**	**4**
3	**Sistemas discretos: Modelo de Ising**	**6**	**6**
4	**Algoritmos avanzados**	**6**	**6**
5	**Monte Carlo para fluidos**	**6**	**6**
6	**Dinámica molecular**	**6**	**6**
	Total	**32**	**32**
	Suma total de horas	**64**	

Contenido Temático	
	Tema y subtemas
Unidad 1	**Caminatas aleatorias**
1.1	Generación de números aleatorios uniformes
1.2	Caminatas aleatorias en tiempo discreto en 1D y 2D
1.3	Propiedades estadísticas
1.4	Tiempos de primer paso
1.5	Enumeración exacta
1.6	Técnicas de visualización

Unidad 2	**Cadenas de Markov**
2.1	Definición y simulación (tiempo discreto)
2.2	Propiedades a través de análisis matricial
2.3	Generación de números aleatorios no-uniformes
2.4	Simulaciones con tiempo continuo
Unidad 3	**Sistemas discretos: Modelo de Ising**
3.1	Algoritmo de Metropolis-Hastings
3.2	Simulación del modelo de Ising cinético
3.3	Visualización de transiciones de fase (1er y 2o. orden)
3.4	Cálculo de cantidades macroscópicas
3.5	Cumulante de Binder
3.6	Metaestabilidad en transiciones de fase de primer orden
Unidad 4	**Algoritmos avanzados**
4.1	“N-fold way”
4.2	Cúmulos de Wolff
4.3	Intercambio de réplicas (“parallel tempering”)
4.4	Algoritmos para la densidad de estados (Wang-Landau)
Unidad 5	**Monte Carlo para fluidos**
5.1	Potenciales de interacción, truncación
5.2	Ensamble canónico (NVT)
5.3	Ensamble NPT
5.4	Separación de fases
Unidad 6	**Dinámica molecular**
6.1	Fluidos con potenciales de corto alcance
6.2	Algoritmo de Verlet
6.3	Cantidades termodinámicas
6.4	Esferas duras
6.5	Listas de Verlet y métodos de celdas

Estrategias didácticas		Evaluación del aprendizaje	
Exposición		Exámenes parciales	x
Trabajo en equipo	x	Examen final	x
Lecturas		Trabajos y tareas	x
Trabajo de investigación		Presentación de tema	x
Prácticas (taller o laboratorio)	x	Participación en clase	
Prácticas de campo		Asistencia	
Aprendizaje por proyectos		Rúbricas	
Aprendizaje basado en problemas		Portafolios	
Casos de enseñanza		Listas de cotejo	
Otras (especificar)		Otras (especificar)	

Bibliografía básica:

- MEJ Newman & GT Barkema, Monte Carlo Methods in Statistical Physics, Oxford University Press, 1999.
- DP Landau & K Binder, A Guide to Monte Carlo Simulations in Statistical Physics, Cambridge University Press, 2000.
- D Frenkel & B Smit, Understanding Molecular Simulation, 2a. edición, Academic Press, 2002.
- M Allen & D Tildesley, Computer Simulation of Liquids, Oxford University Press, 1987.
- Mark E, Tuckerman, Statistical Mechanics: Theory and Molecular Simulation, 2010, Oxford University Press.

- Harvey Gould y Jan Tobochnik, Statistical and Thermal Physics with Computer Applications, Addison-Wesley, 3rd edition 2006.

Bibliografía complementaria:

- DP Landau & K Binder, A Guide to Monte Carlo Simulations in Statistical Physics, Cambridge University Press, 2000.
- Mark E, Tuckerman, Statistical Mechanics: Theory and Molecular Simulation, 2010, Oxford University Press.

Perfil profesiográfico:

Quienes impartan esta actividad deberán contar con el grado de Maestro(a) o Doctor(a) o con la dispensa de grado otorgada por el Comité Académico, en alguna disciplina afín a los contenidos de esta actividad académica; experiencia académica o profesional relacionadas con la docencia en los campos del conocimiento del Programa. Tener producción académica o profesional reciente, demostrada con obra académica o profesional reconocida. Manejo y conocimiento de técnicas de enseñanza y aprendizaje.

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

PROGRAMA DE POSGRADO EN CIENCIAS FÍSICAS
MAESTRÍA EN CIENCIAS (FÍSICA)

Física Estadística II					
Clave	**Semestre** 2	**Créditos** 12	**Campo de conocimiento**	**Física Estadística y Sistemas Complejos**	
Modalidad	**Curso (x) Taller ( ) Lab ( ) Sem ( )**			**Tipo**	**T (x) P ( ) T/P ( )**
Carácter	**Obligatorio ( ) Optativo ()** **Obligatorio E (x) Optativo E ( )**			**Horas**	
Duración del programa	**Semestral**			**Semana**	**Semestre**
				Teóricas: 6	**96**
				Prácticas: 0	**0**
				Total: 6	**96**

Objetivo general:
El alumno conocerá y aplicará modelos microscópicos de sistemas compuestos por muchos cuerpos, adquiriendo así, la habilidad para calcular propiedades físicas macróscopicas en función de cantidades microscópicas.

Objetivos específicos:
Adquirir conocimientos sólidos para iniciarse en diversas áreas de investigación en física estadística.

Índice temático

	Tema	**Horas semestre**	
		Teóricas	**Prácticas**
1	**Termodinámica de Transiciones de fase**	**12**	**0**
2	**Fenómenos Críticos**	**24**	**0**
3	**Funciones de correlación y respuesta**	**18**	**0**
4	**Procesos estocásticos**	**18**	**0**
5	**Teoría cinética**	**24**	**0**
	Total	**96**	**0**
	Suma total de horas	**96**	

Contenido Temático	
	Tema y subtemas
Unidad 1	**Termodinámica de Transiciones de fase**
1.1	Fluido homogéneo
1.2	Cristales Líquidos
1.3	Sistemas coloidales
1.4	Sistemas magnéticos
1.5	Superconductores y Superfluidos
Unidad 2	**Fenómenos Críticos**
2.1	Teoría de Landau del campo promedio
2.2	Ejemplos de transiciones: modelo de Ising, modelos vectoriales, transición líquido-gas, transición nemático-isotrópica. Puntos multicríticos
2.3	Teoría variacional del campo promedio. Aplicación a los modelos de Potts y de Heisenberg
2.4	Introducción a fenómenos críticos
2.5	Construcción de una teoría de campo
2.6	Exponentes críticos, universalidad y relaciones de escalamiento
2.7	Construcción de Kadanoff
2.8	Grupo de renormalización. Aplicaciones elementales
Unidad 3	**Funciones de correlación y respuesta**
3.1	Funciones de correlación dinámicas
3.2	Función de respuesta. Propiedades de S(**r,r** ’, w)
3.3	Reglas de suma
3.4	Función de estructura S(**k** ,w) y su relación con S(**r**,**r** ’, w)
3.5	Teoría de respuesta lineal: Susceptibilidad dinámica. Propiedades analíticas
3.6	Cálculo de la función de respuesta lineal
Unidad 4	**Procesos estocásticos**
4.1	Procesos estocásticos: Definiciones básicas y ejemplos
4.2	Procesos Gaussianos. Ejemplos
4.3	Proceso de Wiener. Movimiento Browniano
4.4	Procesos de Markov en tiempo continuo
4.5	Procesos de difusión. Definiciones básicas
4.6	Ecuaciones de Kolmogorov y de Fokker-Planck
4.7	Ecuaciones diferenciales estocásticas (EDS)
4.8	Métodos de solución de EDSy de la ecuación de Fokker-Planck
4.9	Propiedades ergodicas y convergencia a equilibrio
Unidad 5	**Teoría cinética**
5.1	Elementos de teoría cinética
5.2	Ecuación de Boltzmann y el teorema de Liouville
5.3	Colisiones en un gas diluido. Integral de colisiones
5.4	Teorema H
5.5	Momentos de la ecuación de Boltzmann
5.6	Integral de colisiones para cantidades que se conservan
5.7	Ecuaciones de conservación de masa, momentum y energía
5.8	Relación de cerradura
5.9	Aproximación de orden cero

5.10	Procedimiento de Chapman-Enskog
5.11	Coeficientes de transporte
5.12	Comparación con el experimento
5.13	Ecuaciones de Euler
5.14	Ecuaciones de Navier-Stokes

Estrategias didácticas		Evaluación del aprendizaje	
Exposición	x	Exámenes parciales	x
Trabajo en equipo	x	Examen final	x
Lecturas	x	Trabajos y tareas	x
Trabajo de investigación	x	Presentación de tema	x
Prácticas (taller o laboratorio)		Participación en clase	
Prácticas de campo		Asistencia	
Aprendizaje por proyectos		Rúbricas	
Aprendizaje basado en problemas	x	Portafolios	
Casos de enseñanza		Listas de cotejo	
Otras (especificar)		Otras (especificar)	

Bibliografía básica:

- Nigel Goldenfeld, Lectures On Phase Transitions And The Renormalization Group (Frontiers in Physics), Perseus publishing, 1992.
- Shang-keng Ma, Modern Theory of Critical Phenomena, The Banjamin/Cummings Publishin Company, 1976.
- L. P. Kadanoff, Statistical physics (Statistics, dynamics and renormalization), World Scientific, Singapore, 2000.
- Stephen W. Lovesey, Condensed Matter Physics: Dynamic Correlations, Second Edition. The Benjamin / Cummings Publishin Company, 1986.
- Dieter Forster, Hydrodynamic Fluctuations, Broken Symmetry, and Correlation Functions, Addison-Wesley Publishing Company, Inc., 1990.
- I. W. Hamley, Introduction to Soft Matter, Wiley, New York, 2000.
- Richard A. L. Jones, Soft Condensed Matter, Oxford Master Series in Condensed Matter Physics, Oxford University Press, 2002.
- Don S. Lemons, An Introduction to Stochastic Processes in Physics, The Johns Hopkins University Press, 2002.
- Stephen G Brush, THE KINETIC THEORY OF GASES, Imperial College Press, 2008.
- P.M. Chaikin y T.C. Lubensky, Principles of Condensed Matter Physics, Cambridge University Press, Cambridge, 1997.
- D. Fennell Evans y Hakan Wennerstrom, The Colloidal Domain: Where Physics, Chemistry, Biology and Technology Meet, Wiley-VHC, 1999

Bibliografía complementaria:

- H. Eugene Stanley, Introduction to Phase Transitions and Critical Phenomena, Oxford University Press, 1971.
- Shang-keng Ma, Modern Theory of Critical Phenomena, The Banjamin/Cummings Publishing Company, 1976.
- Stephen W. Lovesey, Condensed Matter Physics: Dynamic Correlations, Second Edition. The Benjamin / Cummings Publishin Company, 1986.
- I. W. Hamley, Introduction to Soft Matter, Wiley, New York, 2000.

Perfil profesiográfico:

Quienes impartan esta actividad deberán contar con el grado de Maestro(a) o Doctor(a) o con la dispensa de grado otorgada por el Comité Académico, en alguna disciplina afín a los contenidos de esta actividad académica; experiencia académica o profesional relacionadas con la docencia en los campos del conocimiento del Programa. Tener producción académica o profesional reciente, demostrada con obra académica o profesional reconocida. Manejo y conocimiento de técnicas de enseñanza y aprendizaje.

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

PROGRAMA DE POSGRADO EN CIENCIAS FÍSICAS
MAESTRÍA EN CIENCIAS (FÍSICA)

Física No Lineal y Sistemas Complejos I

Clave	**Semestre 2**	**Créditos 12**	**Campo de conocimiento**	**Física Estadística y Sistemas Complejos**	
Modalidad	**Curso (x) Taller ( ) Lab ( ) Sem ( )**			**Tipo**	**T (x) P ( ) T/P ( )**
Carácter	**Obligatorio ( ) Optativo ()** **Obligatorio E (x) Optativo E ( )**			**Horas**	
Duración del programa	**Semestral**			**Semana**	**Semestre**
				Teóricas: 6	**96**
				Prácticas: 0	**0**
				Total: 6	**96**

Objetivo general:
El alumno estudiará la física no lineal y los sistemas complejos; con la finalidad de conectar con tópicos de investigación de frontera.

Objetivos específicos:

- Conocer el carácter altamente interdisciplinario del tema.
- Identificar y analizar la gran variedad de aplicaciones no sólo en física, sino también en química, biología, economía y ciencias sociales.

Índice temático

	Tema	**Horas semestre**	
		Teóricas	**Prácticas**
1	**Introducción**	16	0
2	**Sistemas dinámicos**	16	0
3	**Procesos estocásticos y ruido en sistemas no lineales**	16	0
4	**Acoplamiento y sincronización en sistemas no lineales**	16	0
5	**Sistemas espacio-temporales**	16	0
6	**Escalamiento y criticalidad**	16	0
	Total	**96**	**0**
	Suma total de horas	**96**	

Contenido Temático	
	Tema y subtemas
Unidad 1	**Introducción**
1.1	Dinámica no lineal y caos
1.2	Autoorganización y propiedades emergentes
1.3	Carácter interdisciplinario de los sistemas complejos
Unidad 2	**Sistemas dinámicos**
2.1	Atractores: puntuales, ciclos límite y caóticos
2.2	Osciladores no lineales
2.3	Geometría fractal
2.4	Análisis no lineal de series de tiempo
Unidad 3	**Procesos estocásticos y ruido en sistemas no lineales**
3.1	Tipos de ruidos: blanco, correlacionado, 1/f
3.2	Vuelos de Levy
3.3	Carácter constructivo del ruido: resonancia estocástica y transporte inducido por ruido
Unidad 4	**Acoplamiento y sincronización en sistemas no lineales**
4.1	Sincronización y enganche de fases en sistemas no lineales
4.2	Control en sistemas no lineales
Unidad 5	**Sistemas espacio-temporales**
5.1	Formación de patrones: en fluidos y en sistemas de reacción-difusión
5.2	Autómatas celulares
5.3	Mapeos acoplados
5.4	Caos espacio-temporal
5.5	Medios excitables
Unidad 6	**Escalamiento y criticalidad**
6.1	Escalamiento, leyes de potencia, universalidad
6.2	Grupo de renormalización
6.3	Fractales

Estrategias didácticas		Evaluación del aprendizaje	
Exposición	x	Exámenes parciales	
Trabajo en equipo		Examen final	
Lecturas	x	Trabajos y tareas	x
Trabajo de investigación		Presentación de tema	x
Prácticas (taller o laboratorio)		Participación en clase	
Prácticas de campo		Asistencia	
Aprendizaje por proyectos		Rúbricas	
Aprendizaje basado en problemas		Portafolios	
Casos de enseñanza		Listas de cotejo	
Otras (especificar)		Otras (especificar)	

Bibliografía Básica:

- D. L. Stein (Ed.), Lectures in the Sciences of Complexity, (Santa Fe Institute studies in the sciences of complexity), Addison-Wesley, 1989.
- E. Atlee Jackson, Perspectives of nonlinear dynamics, Vols. 1 y 2, Cambridge U. P., Cambridge, 1991.
- K. Falconer, Fractal Geometry: Mathematical Foundations and Applications, John Wiley & Sons, 1997.

- P. Cvitanovic, Universality in Chaos: A Reprint Selection, Second Edition, (Institute of Physics) Publishing, Bristol, 1989.
- G. P. Williams, Chaos theory tamed, Taylor & Francis, 1997.
- S. H. Strogatz, Nonlinear dynamics and chaos: with applications to physics, biology, chemistry and Engineering,1994.
- E. Ott, Chaos in dynamical systems, Cambridge U. P., Cambridge, 1993.
- M. Millonas (editor), Fluctuations and order. The new synthesis, Springer, 1996.
- A. T. Winfree, The geometry of biological time, Second edition, Springer, 2001.
- S. Wolfram, Cellular automata and complexity: collected papers, World Scientific, 1994.
- K. Kaneko, Theory and applications of coupled map lattices, Nonlinear Science Theory and Applications Series, John Wiley & Son Ltd, 1993.
- D. Mur ray, Mathematical Biology, Second Edition, Springer, 1993.
- P. Manneville, Dissipative Structures and Weak Turbulence, Academic, New York, 1990.
- C. Godreche (Ed.), Cambridge University Press, Cambridge Universit Press, Cambridge, 1992.
- M. Schroeder, Fractals, chaos and power laws, Freeman, 1991.
- L. P. Kadanoff, Statistical physics: statics, dynamics and renormalization, World Scientific, 2000.
- H. J. Jensen, Self-organized criticality: emergent complex behavior in physical and biological systems, Cambridge Lecture Notes in Physics 10, Cambridge Lecture Notes in Physics 10, Cambridge U. P., 2000.
- T. Vicsek, Fluctuations and scaling in biology, Oxford, Oxford U. P., 2001.
- D. J. Amitt, Modeling brain function: the world of attractor neural networks, Cambridge,
- Cambridge U. P., 1989.
- M. E. J. Newman, The Structure and Function of Complex Networks, SIAM Review Vol. 45, 2, pp. 167256, 2003.
- D. J. Watts, Small Worlds, Princeton U. P., 1999.
- S. A. Kauffman, The origins of order, Oxford U. P., 1993.

Bibliografía complementaria:

- H.-O. Peitgen y,et-al., New Frontiers of Science, Springer-Verlag, 1992.
- H. D. I. Abarbanel y,et-al., Analysis of Observed Chaotic Data, Springer
- A. Pikovsky, et-al., Synchronization, Cambridge U. P., Cambridge, 2002.
- M. I. Rabinovich ,et-al., The Dynamics of Patterns, World Scientific, Singapore, 2000.
- R. Baddi y A. Politi, Complexity. Hierarchical structures and scaling in physics, Cambridge, Cambridge U. P., 1997.
- R. Sole y S. Manrubia, Orden y caos en sistemas complejos, Universidad Politecnica de
- Cataluña, España, 1996.
- T. Bossomaier y D.G. Green (editores), Complex systems, Cambridge U. P., Cambridge, 1999.
- G. L. Baker y J. P. Gollub, Chaotic dynamics, an introduction, Cambridge U. P., Cambridge, 1990.
- H. Kantz y T. Schreiber, Nonlinear Time Series Analysis, Nonlinear Time Series Analysis, Cambridge U. P., Cambridge, 1997.
- D. Kaplan y L. Glass, Understanding nonlinear dynamics, Springer-Verlag, 1997.
- G. Nicolis y I. Prigogine, Exploring complexity, an introduction, Freeman, 1989.
- L. Glass y M. Mackey, From clocks to chaos, Princeton, Princeton, 1988.
- F. Moss y S. Gielen (editors), Neuro-informatics and neural modelling, Handbook of Biological Physics, Vol. 4, North-Holland, 2001.
- M. C. Cross y P. C. Hohenberg, Pattern formation outside of equilibrium, Reviews of Modern Physics, Volume 65 Number 3 Part II, 1993.
- R. Albert y A.-L. Barabasi, Statistical mechanics of complex networks, Rewiews of Modern Physics, Volume 74, 2002.

Perfil profesiográfico:

Quienes impartan esta actividad deberán contar con el grado de Maestro(a) o Doctor(a) o con la dispensa de grado otorgada por el Comité Académico, en alguna disciplina afín a los contenidos de esta actividad académica; experiencia académica o profesional relacionadas con la docencia en los campos del conocimiento del Programa. Tener producción académica o profesional reciente, demostrada con obra académica o profesional reconocida. Manejo y conocimiento de técnicas de enseñanza y aprendizaje.

FÍSICA MÉDICA Y BIOLÓGICA

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

PROGRAMA DE POSGRADO EN CIENCIAS FÍSICAS
MAESTRÍA EN CIENCIAS (FÍSICA)

Biofísica y Biología Molecular de la Célula					
Clave	**Semestre 2**	**Créditos 8**	**Campo de conocimiento**	**Física Médica y Biológica**	
Modalidad	**Curso (X) Taller ( ) Lab ( ) Sem ( )**			**Tipo**	**T (X) P ( ) T/P ( )**
Carácter	**Obligatorio ( ) Optativo ( )** **Obligatorio E (x) Optativo E ( )**			**Horas**	
Duración del programa	**semestral**			**Semana**	**Semestre**
				Teóricas 4	**64**
				Prácticas 0	**0**
				Total 4	**64**

Objetivo general:

El alumno identificará las propiedades más características de los sistemas biológicos desde la perspectiva biofísica y molecular de la célula.

Objetivos específicos:

Comprender la complejidad, autoorganización, compartamentalización, modularidad, superposición, adaptabilidad, evolución dinámica, resilencia de los sistemas biológicos a través del estudio de sus componentes fundamentales, sus redes y sus procesos emergentes como el metabolismo o la excitabilidad

Índice temático

	Tema	**Horas semestre**	
		Teóricas	**Prácticas**
1	**Fenomenología bioeléctrica de la membrana celular**	**7**	**0**
2	**Propiedades eléctricas de las células**	**7**	**0**
3	**Canales iónicos sensibles a voltaje**	**6**	**0**
4	**Corrientes de compuerta**	**6**	**0**
5	**Canales activados por neurotransmisores**	**8**	**0**
6	**Transducción sensorial**	**10**	**0**
7	**Biomoléculas**	**10**	**0**
8	**Ácidos nucléicos, Lípidos y Azúcares**	**10**	**0**
	Total	**64**	**0**
	Suma total de horas	**64**	

Contenido Temático	
	Tema y subtemas
Unidad 1	**Fenomenología bioeléctrica de la membrana celular**
1.1	El fenómeno de difusión. Leyes de Fick
1.2	Conceptos básicos de Circuitos eléctricos: Carga, campo eléctrico, corriente, voltaje, resistencia/conductancia, capacitancia; Ley de Ohm
1.3	Ecuación de Nerst y sus extensiones
1.4	El modelo de Goldman de campo constante
1.5	Canales iónicos operados por voltaje y por ligando
1.6	Permeabilidad y selectividad iónicas
Unidad 2	**Propiedades eléctricas de las células**
2.1	El modelo eléctrico de la membrana celular
2.2	Propiedades eléctricas lineales y no lineales
2.3	Propiedades de los potenciales graduados
2.4	Excitabilidad celular
2.5	Propiedades de los potenciales de acción
2.6	Conducción en fibras nerviosas amielínicas y mielínicas
2.7	Ecuación de cable
2.8	Introducción al Modelo de Hodgkin-Huxley
Unidad 3	**Canales iónicos sensibles a voltaje**
3.1	Modelo de Hodgkin-Huxley
3.2	Métodos de registro: current-clamp y patch-clamp
3.3	Corrientes macroscópicas
3.4	Diversidad de los canales iónicos, farmacología y toxicología
3.5	Relación corriente-voltaje y potencial de inversión
3.6	Mecanismos de inactivación
3.7	Movimiento de carga y función de Boltzmann
Unidad 4	**Corrientes de compuerta**
4.1	Propiedades de las corrientes de compuerta
4.2	Propiedades de las corrientes unitarias
4.3	Conductancia unitaria, subconductancias y densidad de canales iónicos
4.4	Modelos de dos estados, tres estados y estados múltiples
4.5	Modelos de Procesos Markovianos para canales unitarios
Unidad 5	**Canales activados por neurotransmisores**
5.1	Estructura de los receptores activados por neurotransmisores
5.2	Criterios que definen un neurotransmisor
5.3	Receptores a acetilcolina
5.4	Sinapsis químicas excitatorias e inhibitorias
Unidad 6	**Transducción sensorial**
6.1	Los receptores sensoriales generan señales eléctricas: electrotónicas y Pot Acción
6.2	Receptores metobotrópicos y ionotrópicos activados por ligando
6.3	Receptores activados por presión, calor, luz, vibración
Unidad 7	**Biomoléculas**
7.1	Proteínas
7.2	Propiedades cognitivas y propiedades distribuidas
7.3	Estructuras, arreglos funciones
Unidad 8	**Ácidos nucléicos, Lípidos y Azúcares**
8.1	Estructuras, ensambles y función

Estrategias didácticas		Evaluación del aprendizaje	
Exposición		Exámenes parciales	x
Trabajo en equipo		Examen final	x
Lecturas	x	Trabajos y tareas	
Trabajo de investigación	x	Presentación de tema	
Prácticas (taller o laboratorio)		Participación en clase	x
Prácticas de campo		Asistencia	x
Aprendizaje por proyectos		Rúbricas	
Aprendizaje basado en problemas		Portafolios	
Casos de enseñanza		Listas de cotejo	
Otras (especificar)		Otras (especificar)	

Bibliografía básica:

- Cotterill RMG. Biophysics: An introduction. John Wiley & Sons Co.,2012.
- Glaser R. Biophysics: An introduction. Springe, 2012.
- Nelson PC. Biological Physics. Freeman and Co.,2008.
- Izhikevich E. Dynamical Systems in Neuroscience. The geometry of excitability and bursting. MIT Press, 2010.
- Hobbie RK, Roth BJ. Intermediate Physics for Medicine and Biology. Springer, 2011.

Bibliografía complementaria:

- Hille B. Ion Channels of Excitable Membranes. Sinauer Assoc Inc., 2007.

Perfil Profesiográfico:

Quienes impartan esta actividad deberán contar con el grado de Maestro(a) o Doctor(a) o con la dispensa de grado otorgada por el Comité Académico, en alguna disciplina afín a los contenidos de esta actividad académica; experiencia académica o profesional relacionadas con la docencia en los campos del conocimiento del Programa. Tener producción académica o profesional reciente, demostrada con obra académica o profesional reconocida. Manejo y conocimiento de técnicas de enseñanza y aprendizaje.

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

PROGRAMA DE POSGRADO EN CIENCIAS FÍSICAS
MAESTRÍA EN CIENCIAS (FÍSICA)

Física Biológica					
Clave	**Semestre 2**	**Créditos 8**	**Campo de conocimiento**	**Física Médica y Biológica**	
Modalidad	**Curso (X) Taller ( ) Lab ( ) Sem ( )**			**Tipo**	**T (X) P ( ) T/P ( )**
Carácter	**Obligatorio ( ) Optativo () Obligatorio E (x) Optativo E ( )**			**Horas**	
Duración del programa	**Semestral**			**Semana**	**Semestre**
				Teóricas 4	**64**
				Prácticas 0	**0**
				Total 4	**64**

Objetivo general:

El alumno comprenderá a la física biológica, haciendo énfasis en la dinámica de la materia viva, como un fenómeno físico y no como aplicaciones de la física a la biología.

Objetivos específicos:

Entender la dinámica de la materia viva a partir de fundamentos físicos que la describen y permiten su modelación matemática para su estudio y análisis cuantitativo.

Índice temático

	Tema	**Horas semestre**	
		Teóricas	**Prácticas**
1	**¿Qué es la vida?**	**9**	**0**
2	**Termodinámica fuera de equilibrio**	**10**	**0**
3	**Vida artificial**	**9**	**0**
4	**Escalamiento y criticalidad**	**9**	**0**
5	**Modelos extendidos en Biología**	**9**	**0**
6	**Redes complejas**	**9**	**0**
7	**Información y Biología**	**9**	**0**
	Total	**64**	**0**
	Suma total de horas	**64**	

Contenido Temático	
	Tema y subtemas
Unidad 1	**¿Qué es la vida?**
1.1	Conceptos metabólicos, genéticos e informáticos
1.2	Biología teórica y evolución post-darwiniana
Unidad 2	**Termodinámica fuera del equilibrio**
2.1	Entropía
2.2	Estructuras disipativas
2.3	Autoorganización y emergencia del orden biológico
2.4	Transiciones de fase
Unidad 3	**Vida artificial**
3.1	El juego de la vida
3.2	Autopoiésis
3.3	Autómatas celulares
Unidad 4	**Escalamiento y criticalidad**
4.1	Leyes de potencias en biología: fractales y alometría
4.2	El borde del caos y la criticalidad autoorganizada
Unidad 5	**Modelos extendidos en Biología**
5.1	Dinámica de poblaciones
5.2	Difusión y mobilidad
5.3	Búsqueda y forrajeo
Unidad 6	**Redes complejas**
6.1	Mundo pequeño
6.2	Redes libres de escala
6.3	El paradigma de la conectividad en Biología de Sistemas
Unidad 7	**Información y Biología**
7.1	Redes neuronales
7.2	Propiedades cognitivas y propiedades distribuidas
7.3	Biocomputación

Estrategias didácticas		Evaluación del aprendizaje	
Exposición		Exámenes parciales	x
Trabajo en equipo		Examen final	x
Lecturas	x	Trabajos y tareas	
Trabajo de investigación	x	Presentación de tema	
Prácticas (taller o laboratorio)		Participación en clase	x
Prácticas de campo		Asistencia	x
Aprendizaje por proyectos		Rúbricas	
Aprendizaje basado en problemas		Portafolios	
Casos de enseñanza		Listas de cotejo	
Otras (especificar)		Otras (especificar)	

Bibliografía básica:

- Schrodinger, Erwin. What is Life?: The Physical Aspects of Living Cell with Mind and Matter: an Autobiographical Sketches. Cambridge University Press, 1967.
- Morowitz, Harold J. Entropy for biologists: an introduction to thermodynamics. Academic Press, 1970.
- Nicolis, Gregoire, and Ilya Prigogine. Exploring complexity: an introduction. New York: WH Freeman, 1989.
- Schroeder, Manfred. Fractals, chaos, power laws: Minutes from an infinite paradise. Dover Publications, 2009.
- Wolfram, Stephen. A new kind of science. Wolfram Media Inc, 2002.

- Depew, David J., and Bruce H. Weber. Evolution at a crossroads. Bradford Book, 1985.
- Camazine, Scott, et al. Self-organization in biological systems. Princeton University Press, 2003.

Bibliografía complementaria:

- Flake, Gary William. The computational beauty of nature: Computer explorations of fractals, chaos, complex systems, and adaptation. MIT press, 2000.
- Viswanathan, Gandhimohan M., et al. The physics of foraging: an introduction to random searches and biological encounters. Cambridge University Press, 2011.
- Ricard V. Solé y Susana Manrubia. Orden y caos en sistemas complejos. Editora UPC, Barcelona, 2009.
- Ricard V. Solé and Jordi Bascompte. Self-Organization in Complex Ecosystems. (MPB-42) (Monographs in Population Biology) Princeton University Press, 2006
- James H. Brown and Geoffrey B. West. Scaling in Biology. Oxford University Press, 2000
- Bartolo Luque Serrano y Jordi Bascompte. Evolución y complejidad. Universidad de Valencia, 2012
- Bak, P. How nature works: the science of self-organized criticality. Springer, 1999.
- David Storch, Pablo Marquet, James Brown. Scaling Biodiversity (Ecological Reviews), 2010.
- Brian Goodwin. How the Leopard Changed Its Spots: The Evolution of Complexity, 2001.
- Mark Newman, Albert-László Barabási and Duncan J. Watts. The Structure and Dynamics of Networks: (Princeton Studies in Complexity), 1999.
- Mariana Benítez, Octavio Miramontes and Alfonso Valiente-Banuet (Editors). Frontiers in Ecology, Evolution and Complexity. ISBN: 978-1-938128-05-9. CopIt-arXives, 2014.
- Octavio Miramontes y Karen Volke (Editors). Fronteras de la Física en el Siglo XXI. ISBN: 978-1-938128-03-5. CopIt-arXives, 2013.

Perfil Profesiográfico:

Quienes impartan esta actividad deberán contar con el grado de Maestro(a) o Doctor(a) o con la dispensa de grado otorgada por el Comité Académico, en alguna disciplina afín a los contenidos de esta actividad académica; experiencia académica o profesional relacionadas con la docencia en los campos del conocimiento del Programa. Tener producción académica o profesional reciente, demostrada con obra académica o profesional reconocida. Manejo y conocimiento de técnicas de enseñanza y aprendizaje.

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

PROGRAMA DE POSGRADO EN CIENCIAS FÍSICAS
MAESTRÍA EN CIENCIAS (FÍSICA)

Física Radiológica en Medicina					
Clave	**Semestre 2**	**Créditos 8**	**Campo de conocimiento**	**Física Médica y Biológica**	
Modalidad	**Curso (X) Taller ( ) Lab ( ) Sem ( )**			**Tipo**	**T (X) P ( ) T/P ( )**
Carácter	**Obligatorio ( ) Optativo ()** **Obligatorio E (x) Optativo E ( )**			**Horas**	
Duración del programa	**semestral**			**Semana**	**Semestre**
				Teóricas 4	**64**
				Prácticas 0	**0**
				Total 4	**64**

Objetivo general:

El alumno aprenderá los principios, conceptos y técnicas de la física en que se basan los procedimientos clínicos de radioterapia y diagnóstico por imágenes, y las características principales de estos procedimientos.

Objetivos específicos:

- Conocer los procesos físicos que sustentan las técnicas de radioterapia (teleterapia y braquiterapia) y de imagen radiológica (imágenes generadas por rayos-X, radionúclidos, resonancia magnética y ultrasonido).
- Identificar las principales aplicaciones clínicas de cada técnica, sus ventajas y sus limitaciones.
- Identificar los parámetros que determinan la dosis absorbida en radioterapia y en las técnicas de imagen, y aquellos que determinan la calidad de las imágenes.

Índice temático

	Tema	**Horas semestre**	
		Teóricas	**Prácticas**
1	**Física de la Radioterapia**	**32**	**0**
2	**Física de la Imagen Radiológica**	**32**	**0**
	Total	**64**	**0**
	Suma total de horas	**64**	

Contenido Temático	
	Tema y subtemas
Unidad 1	**Física de la Radioterapia**
1.1	Bases clínicas de la radioterapia (RT)
1.2	Estructura atómica y nuclear, decaimiento radiactivo e interacción de radiación con materia (revisión desde la perspectiva de la RT)
1.3	Generadores de radiación y aceleradores para RT
1.4	Haces de fotones para RT, características
1.5	Haces de electrones para RT, características
1.6	Uso de cámaras de ionización en RT
1.7	Teoría de cavidades desde la perspectiva de la RT. Dosimetría absoluta de haces externos de fotones
1.8	Dosimetría relativa de haces externos de fotones para calibración y planeación. Sistemas SSD y SAD de cálculo e impartición de dosis
1.9	Curvas de isodosis, correcciones por irregularidades superficiales e inhomogeneidades
1.10	Campos múltiples y uso de cuñas
1.11	Volúmenes del ICRU, planeación del tratamiento y uso de imágenes en radioterapia
1.12	RT con electrones: dosimetría absoluta y relativa, cálculos e impartición de dosis
1.13	Fuentes para braquiterapia
1.14	Cálculo de dosis en braquiterapia
Unidad 2	**Física de la Imagen Radiológica**
2.1	Revisión de producción de rayos X, tubos de rayos X y generadores
2.2	Detectores de radiación: centelladores, semiconductores, de gas, espectrometría
2.3	Calidad de imagen en radiodiagnóstico
2.4	Radiografía analógica y digital
2.5	Imágenes planas: radiografías, fluoroscopía y mamografía
2.6	Tomografía computarizada (CT): principios básicos
2.7	Reconstrucción de imágenes tomográficas
2.8	Principios básicos de medicina nuclear – la cámara Anger
2.9	Principios básicos de tomografía por emisión de fotón único (SPECT), adquisición de datos, reconstrucción de imágenes y calidad de imagen
2.10	Principios básicos tomografía por emisión de positrones (PET), adquisición de datos y reconstrucción de imágenes y calidad de imagen
2.11	Principios básicos de la formación de imágenes por Resonancia Magnética
2.12	Imágenes de resonancia magnética y calidad de imagen en RM
2.13	Principios básicos de Ultrasonido
2.14	Imágenes de ultrasonido y calidad de imagen en US

Estrategias didácticas		Evaluación del aprendizaje	
Exposición		Exámenes parciales	x
Trabajo en equipo		Examen final	x
Lecturas	x	Trabajos y tareas	
Trabajo de investigación	x	Presentación de tema	
Prácticas (taller o laboratorio)		Participación en clase	x
Prácticas de campo		Asistencia	x
Aprendizaje por proyectos		Rúbricas	
Aprendizaje basado en problemas	x	Portafolios	
Casos de enseñanza		Listas de cotejo	
Otras (especificar)		Otras (especificar)	

Bibliografía básica:

Radioterapia:

- F.M. Khan, The Physics of Radiation Therapy, Lippincott Williams &Wilkins, 2003 (3a ed), 2010 (4a ed).
- E.B. Podgorsak (ed), Radiation Oncology Physics: A Handbook for teachers and students, IAEA, 2005, y las diapositivas http://www-naweb.iaea.org/nahu/DMRP/slides.html
- IAEA Human Health Series No. 31, Accuracy Requirements and Uncertainties in Radiotherapy, STI/PUB/1679; (ISBN:978-92-0-100815-2), Vienna, 2016.
- H.E. Johns and J.R. Cunningham, The Physics of Radiology, Thomas, 1984.
- C.J. Karzmark and R.J. Morton, A Primer on theory and operation of linear accelerators in radiation therapy, Medical Physics Publishing, 1989, 2017.

Imagen radiológica

- J.T. Bushberg, J.A. Seibert, E.M. Leidholdt, J.M. Boone, The Essential Physics of Medical Imaging, 3º edición, Williams & Wilkins, 2011
- D. R. Dance, S. Christofides, A.D.A. Maidment, I.D. McLean, K.H. Ng (eds.), Diagnostic Radiology Physics: A Handbook for Teachers and Students, International Atomic Energy Agency Publication STI/PUB/1564 2014, disponible en línea en: http://www-pub.iaea.org/books/IAEABooks/8841/Diagnostic-Radiology-Physics-A-Handbook-for-Teachers-and-Students.
- D. L. Bailey, J.L. Humm, A. Todd-Pokropek, A. van Aswegen (eds.), Nuclear Medicine Physics; A Handbook for Teachers and Students, International Atomic Energy Agency Publication STI/PUB/1617, 2014, disponible en línea en: http://www-pub.iaea.org/books/IAEABooks/10368/Nuclear Medicine Physics: A Handbook for Teachers and Students.
- Cherry S. R., Sorenson J. A., Phelps M. E., Physics in Nuclear Medicine, 4° edición, W.B. Saunders Company; 2012.
- Hoskins P.R., Martin K., Thrush A.Diagnostic Ultrasound, Third Edition: Physics and Equipment: Volume 1. CRC Press, 2019.
-

Bibliografía complementaria:

- IAEA, El Físico Médico: Criterios para su formación académica, entrenamiento clínico y certificación, Health Reports No. 1, 2010, Viena.
- Buzug T. M., Computed Tomography from Photon Statistics to Modern Cone-Beam CT, Springer-Verlag, 1º edición; 2010.
-

Perfil Profesiográfico:

Quienes impartan esta actividad deberán contar con el grado de Maestro(a) o Doctor(a) o con la dispensa de grado otorgada por el Comité Académico, en alguna disciplina afín a los contenidos de esta actividad académica; experiencia académica o profesional relacionadas con la docencia en los campos del conocimiento del Programa. Tener producción académica o profesional reciente, demostrada con obra académica o profesional reconocida. Manejo y conocimiento de técnicas de enseñanza y aprendizaje.

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

PROGRAMA DE POSGRADO EN CIENCIAS FÍSICAS
MAESTRÍA EN CIENCIAS (FÍSICA)

Fundamentos de Dosimetría de la Radiación Ionizante					
Clave	**Semestre 2**	**Créditos 8**	**Campo de conocimiento**	**Física Médica y Biológica**	
Modalidad	**Curso (X) Taller ( ) Lab ( ) Sem ( )**			**Tipo**	**T (X) P ( ) T/P ( )**
Carácter	**Obligatorio ( ) Optativo ( )** **Obligatorio E (x) Optativo E ( )**			**Horas**	
Duración del programa	**semestral**			**Semana**	**Semestre**
				Teóricas 4	**64**
				Prácticas 0	**0**
				Total 4	**64**

Objetivo general:

El alumno adquirirá una visión profunda y completa de la física y la dosimetría de las radiaciones ionizantes como base para un trabajo detallado y preciso de dosimetría.

Objetivos específicos:

Conocer los procesos físicos que determinan la interacción de la radiación con la materia, los procesos que originan la producción de rayos X, los fundamentos de la dosimetría y las técnicas más comunes para medición de la dosis y el transporte de la radiación a través de la materia.

Índice temático

	Tema	**Horas semestre**	
		Teóricas	**Prácticas**
1	**Fundamentos**	**2**	**0**
2	**Transformaciones radiactivas**	**6**	**0**
3	**Interacciones de partículas cargadas con la materia**	**6**	**0**
4	**Interacciones de la radiación no cargada con la materia**	**6**	**0**
5	**Magnitudes dosimétricas, equilibrio de radiación. Definiciones e inter-relaciones**	**4**	**0**
6	**Atenuación de la radiación no cargada**	**4**	**0**
7	**Aspectos macroscópicos del transporte de la radiación en la materia**	**4**	**0**
8	**Caracterización de la calidad de la radiación**	**6**	**0**
9	**Teoría de cavidades**	**6**	**0**
10	**Detectores de radiación**	**4**	**0**
11	**Detectores estándares primarios**	**4**	**0**
12	**Cámaras de ionización**	**4**	**0**
13	**Dosímetros químicos**	**4**	**0**
14	**Dosímetros de estado sólido**	**4**	**0**
	Total	**64**	**0**
	Suma total de horas	**64**	

Contenido Temático	
	Tema y subtemas
Unidad 1	**Fundamentos**
1.1	Tipos y fuentes de radiación ionizante
1.2	Comportamiento aleatorio de la radiación: consecuencias
1.3	Sección transversal de interacción
1.4	Cinemática relativista
1.5	Relajación atómica
1.6	Estimación de incertidumbres
Unidad 2	**Transformaciones radiactivas**
2.1	Decaimiento radiactivo
2.2	Valor Q de la transformación nuclear
2.3	Decaimiento alfa
2.4	Decaimiento beta: beta+, beta- y Captura electrónica
2.5	Decaimiento gamma y Conversión interna
2.6	Unidades y cantidades en radiactividad
2.7	Dosimetría de fuentes abiertas
2.8	Dosimetría de fuentes cerradas
Unidad 3	**Interacciones de partículas cargadas con la materia**
3.1	Tipos de interacción
3.2	Dispersión elástica
3.3	Dispersión inelástica y pérdida de energía
3.4	Pérdida de energía por desaceleración: Bremssthralung
3.5	Poder de frenado total y Alcance
3.6	Distribución energética de partículas secundarias
3.7	Poder de frenado nuclear e Interacción de partículas cargadas pesadas
Unidad 4	**Interacciones de la radiación no cargada con la materia**
4.1	Interacción de fotones con la materia
4.1.1	Efecto fotoeléctrico
4.1.2	Dispersión Thomson
4.1.3	Dispersión Rayleigh
4.1.4	Dispersión Compton
4.1.5	Producción de pares
4.2	Aniquilación de positrones
4.3	Interacción fotonuclear
4.4	Interacción de neutrones
Unidad 5	**Magnitudes dosimétricas, equilibrio de radiación. Definiciones e inter-relaciones**
5.1	Magnitudes estocásticas y no-estocásticas. Unidades y magnitudes de radiación y de campo de radiación
5.2	Magnitudes que describen la interacción de radiación
5.3	Magnitudes dosimétricas
5.4	Equilibrio de radiación (RE) y Equilibrio de Partícula Cargada (CPE)
5.5	Equilibrio Parcial de Partícula Cargada (PCPE)
Unidad 6	**Atenuación de la radiación no cargada**
6.1	Atenuación exponencial
6.2	Atenuación de haz angosto
6.3	Atenuación de haz grueso
6.4	Factor de incremento “Build up”
6.5	Haz divergente: ley del inverso al cuadrado
6.6	Teorema de escala
Unidad 7	**Aspectos macroscópicos del transporte de la radiación en la materia**
7.1	Formalismo de la ecuación de transporte de radiación

7.2	Distribución para un haz de electrones
7.3	Distribución para un haz de protones y de partículas cargadas pesadas
7.4	Distribución para un de haz fotones
7.5	Distribución para un haz de neutrones
Unidad 8	**Caracterización de la calidad de la radiación**
8.1	Aspectos generales de un espectro de radiación. Energía promedio
8.2	Calidad de haz: R-X de ortovoltaje
8.3	Calidad de haz: fotones de megavoltaje
8.4	Calidad de haz: electrones de alta energía
8.5	Calidad de haz: protones y partículas cargadas pesadas
8.6	Cálculo del espectro de energía
Unidad 9	**Teoría de cavidades**
9.1	Cavidades pequeñas, comparadas con el alcance de electrones secundarios
9.2	Razón de poder de frenado
9.3	Cavidades grandes, comparadas con el alcance de electrones primarios
9.4	Cavidad de Burlin
9.5	Teorema de Fano
9.6	Detectores prácticos: desviaciones de las condiciones ideales de la teoría de cavidades
9.7	Validación de la Teoría de Cavidades
Unidad 10	**Detectores de radiación**
10.1	Respuesta del detector y coeficientes de calibración
10.2	Dosimetrías absolutas de referencia y relativa
10.3	Características generales e ideales de los detectores
Unidad 11	**Detectores estándares primarios**
11.1	Cámaras de ionización “free-air”
11.2	Cámaras de ionización de cavidad primaria
11.3	Calorímetros para dosis absorbida
11.4	Dosímetros químicos: solución Fricke
Unidad 12	**Cámaras de ionización**
12.1	Tipos de cámaras de ionización
12.2	Medición de “corriente de ionización”
12.3	Recombinación de iones
12.4	El efecto de la humedad del aire en dosimetría
Unidad 13	**Dosímetros químicos**
13.1	Efecto químico de la radiación en agua
13.2	Defecto del calentamiento químico
13.3	Dosímetros de Sulfato Ferroso
13.4	Dosímetros de Alanina
13.5	Dosímetros de película
13.6	Dosímetros de geles
Unidad 14	**Dosímetros de estado sólido**
14.1	Dosímetros termoluminiscentes
14.2	Dosímetros ópticos de luminiscencia estimulada
14.3	Dosímetros de Centelleo
14.4	Detectores semiconductores para dosimetría

Estrategias didácticas		Evaluación del aprendizaje	
Exposición		Exámenes parciales	x
Trabajo en equipo		Examen final	x
Lecturas	x	Trabajos y tareas	x
Trabajo de investigación	x	Presentación de tema	x
Prácticas (taller o laboratorio)		Participación en clase	x
Prácticas de campo		Asistencia	x
Aprendizaje por proyectos		Rúbricas	
Aprendizaje basado en problemas	x	Portafolios	
Casos de enseñanza		Listas de cotejo	
Otras (especificar)		Otras (especificar)	

Bibliografía básica:

- Andreo P, Burns DT, Nahum AE, Seuntjens J, Attix FH, Fundamentals of Ionizing radiation Dosimetry, 2017, Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA.
- Attix F. H., Introduction to Radiological Physics and Radiation Dosimetry, John Wiley & Sons, USA, 2007.
- Nicholas Tsoulfanidis, Measurement and Detection of Radiation, Book News, 1995.
- Niroomand-Rad Azam et al., Radiochromic film dosimetry: Recommendations of AAPM. AAPM Radiation Therapy Committee Task Group 55, Med. Phys. **25-11**, (1998) 2093.
- Greening J. R., Fundamentals of Radiation Dosimetry (Medical Physics Handbook 6), Adama Hilger Ltd., 1981.

Bibliografía complementaria:

- Ellis S. C. The Dissemination of Absorbed Dose Standards by Chemical Dosimetry – Mechanism and use of the Fricke Dosemeter – National Physical Laboratory, Rad. Sci. **30**, December 1974.
- Holm and Berry (editors), Manual on radiation Dosimetry, Marcel Dekker, Inc., 1970.
- Horowitz Y. S., Thermoluminescence and Thermoluminescent Dosimetry, CRC press Inc., 1984.
- McKeever S. W. S., Moskovitch M. and Townsend P. D., Thermoluminescence Dosimetry Materials: Properties and Uses, Nuclear Technology Publishing, 1995.
- McLaughlin W. L. and Chalkley l., Low atomic number dye systems for ionizing radiation measurements, Photographic Science and Engineering, **9-3**, May-June 1965.
- Taylor John R., An Introduction to Error Analysis, the study of uncertainties in physical measurements, Second edition, University Science Books, Sausalito, California, Usa, 1997.

Perfil Profesiográfico:

Quienes impartan esta actividad deberán contar con el grado de Maestro(a) o Doctor(a) o con la dispensa de grado otorgada por el Comité Académico, en alguna disciplina afín a los contenidos de esta actividad académica; experiencia académica o profesional relacionadas con la docencia en los campos del conocimiento del Programa. Tener producción académica o profesional reciente, demostrada con obra académica o profesional reconocida. Manejo y conocimiento de técnicas de enseñanza y aprendizaje.

MATERIA CONDENSADA Y NANOCIENCIAS

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

PROGRAMA DE POSGRADO EN CIENCIAS FÍSICAS
MAESTRÍA EN CIENCIAS (FÍSICA)

Estado Sólido					
Clave	**Semestre 2**	**Créditos 10**	**Campo del Conocimiento**	**Materia Condensada y Nanociencias**	
Modalidad	**Curso (x) Taller ( ) Lab ( ) Sem ()**			**Tipo**	**T ( ) P ( ) T/P (X)**
Carácter	**Obligatorio ( ) Optativo ( )** **Obligatorio E (x) Optativo E ( )**			**Horas**	
Duración del programa	**Semestral**			**Semana**	**Semestre**
				Teóricas: 4	**Teóricas: 64**
				Prácticas: 1	**Prácticas: 16**
				Total: 5	**Total: 80**

Objetivo general:

El alumno identificará las propiedades de interés de los materiales sólidos por su aplicación en tecnología.

Objetivos específicos:

- Distinguir entre diversos tipos de materiales a los materiales sólidos.
- Identificar las estructuras cristalinas de los sólidos.
- Describir los métodos teóricos y experimentales para la caracterización de los materiales sólidos.
- Analizar las propiedades electrónicas y magnéticas de los materiales

Índice temático

	Tema	**Horas semestre**	
		Teóricas	**Prácticas**
1	**Introducción**	**2**	**0**
2	**Estructuras cristalinas**	**10**	**4**
3	**Dinámica de la red**	**12**	**1**
4	**Teoría de metales**	**12**	**3**
5	**Teoría de bandas**	**20**	**2**
6	**Semiconductores**	**4**	**3**
7	**Propiedades magnéticas**	**4**	**3**
	Total	**64**	**16**
	Suma total de horas	**80**	

Contenido Temático	
	Tema y subtemas
Unidad 1.	**Introducción**
1.1.	Concepto del estado sólido
1.2.	Clasificación de los sólidos
Unidad 2.	**Estructuras cristalinas**
2.1.	Tipos de enlace
2.2.	Energía de cohesión
2.3.	Simetrías y redes de Bravais
2.4.	Celdas unitarias y vectores primitivos
2.5.	Espacio recíproco y zonas de Brillouin
Unidad 3.	**Dinámica de la red**
3.1.	Aproximación armónica
3.2.	Aproximación adiabática
3.3.	Ondas elásticas
3.4.	Modos normales
3.5.	Teorías de calor específico de la red
Unidad 4.	**Teoría de metales**
4.1.	Modelos de Drude y de Sommerfeld
4.2.	Energía de Fermi y calor específico electrónico
4.3.	Conducción y la ecuación de Boltzmann
4.4.	Ley de Wiedermann-Franz
4.5.	Aspectos básicos de la superconductividad
Unidad 5.	**Teoría de bandas**
5.1.	Aproximación de un solo electrón
5.2.	Potencial periódico y teorema de Bloch
5.3.	Modelo de Kronig-Penney
5.4.	Aproximación de electrones casi libres
5.5.	Aproximación de amarre fuerte
5.6.	Conductor, semiconductor y aislante
Unidad 6.	**Semiconductores**
6.1.	Semiconductores intrínsecos y extrínsecos
6.2.	Estadística de electrones y huecos
6.3.	Energía de ionización de centros de impurezas
6.4.	Estadística de semiconductores intrínsecos
Unidad 7.	**Propiedades magnéticas**
7.1.	Susceptibilidad magnética
7.2.	Diamagnetismo
7.3.	Paramagnetismo
7.4.	Ferromagnetismo, ferrimagnetismo y antiferromagnetismo

Estrategias didácticas		Evaluación del aprendizaje	
Exposición	X	Exámenes parciales	X
Trabajo en equipo		Examen final	X
Lecturas		Trabajos y tareas	X
Trabajo de investigación	X	Presentación de tema	X
Prácticas (taller o laboratorio)		Participación en clase	X
Prácticas de campo		Asistencia	
Aprendizaje por proyectos		Rúbricas	
Aprendizaje basado en problemas	X	Portafolios	
Casos de enseñanza		Listas de cotejo	
Otras (especificar)		Otras (especificar)	

Bibliografía básica:

- Kittel, C. (1997). Introducción a la física del estado sólido. (3ª ed.). Barcelona: Reverté.
- Ashcroft, N.W. & Mermin, N.D. (1976). Solid state physics. USA: Holt-Saunders Co.
- Brown, F. (1970). Física de los sólidos. México: Reverté.
- Goldsmid, H.J. (1975). Problemas de física del estado sólido. México: Reverté.
- Ibach, H. & Lüth, H. (2009). Solid state physics. An introduction to principles of materials science. (4th ed.). USA: Springer.

Bibliografía complementaria:

- Economou, E. (2010). The physics of solids. Essentials and beyond. USA: Springer.
- Rössler, U. (2009). Solid state theory: an introduction. (2 nd ed.). USA: Springer.
- McKelvey, J.P. (1980). Física del estado sólido y semiconductores. México: Limusa.
- Animalu, A.O.E. (1977). Intermediate quantum theory of crystalline solids. USA: Prentice Hall.
- Tilley, D.R. & Tilley J. (1990). Superfluidity and superconductivity. Alemania: Springer.
- Goldsmid, H.J. (1975). Problemas de física del estado sólido. México: Reverté

Perfil profesiográfico:

Quienes impartan esta actividad deberán contar con el grado de Maestro(a) o Doctor(a) o con la dispensa de grado otorgada por el Comité Académico, en alguna disciplina afín a los contenidos de esta actividad académica; experiencia académica o profesional relacionadas con la docencia en los campos del conocimiento del Programa. Tener producción académica o profesional reciente, demostrada con obra académica o profesional reconocida. Manejo y conocimiento de técnicas de enseñanza y aprendizaje.

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

PROGRAMA DE POSGRADO EN CIENCIAS FÍSICAS
MAESTRÍA EN CIENCIAS (FÍSICA)

Estructura Electrónica de los Materiales

Clave	Semestre	Créditos	Campo del Conocimiento	Materia Condensada y Nanociencias
	2	12		

Modalidad	Curso (x) Taller ( ) Lab ( ) Sem ()	**Tipo**	T (x) P ( ) T/P ( )
Carácter	Obligatorio () Optativo ( ) Obligatorio E (x) Optativo E ( )	**Horas**	
Duración del programa	Semestral	**Semana**	**Semestre**
		Teóricas: 6	Teóricas: 96
		Prácticas: 0	Prácticas: 0
		Total: 6	Total: 96

Objetivo general:

El alumno tendrá la visión moderna de la estructura electrónica de los materiales. El énfasis es en el espacio real como un enfoque complementario en el que se pueden tratar tanto los defectos electrónicos como las propiedades de materiales amorfos, además de los cristalinos.

Objetivos específicos:

Contar con una metodología versátil y útil para entender la estructura electrónica de los materiales, con un enfoque más cercano a la concepción química de la descripción de sistemas electrónicos tipo moleculares y extendidos.

Índice temático

	Tema	Horas semestre	
		Teóricas	Prácticas
1	Introducción	8	0
2	La molécula diatómica	8	0
3	Sistemas finitos e infinitos	12	0
4	Sistemas bidimensionales y tridimensionales	12	0
5	Brechas de energía	8	0
6	Enlaces s-p. El caso del Silicio	6	0
7	Teoría del electrón libre	10	0
8	Propiedades de los metales	12	0
9	Metales de transición	12	0
10	Métodos autoconsistentes	4	0
11	Más allá de la teoría de bandas	4	0
	Total	96	0
	Suma total de horas	96	

Contenido Temático	
	Tema y subtemas
Unidad 1.	**Introducción**
1.1.	Revisión de conceptos en Mecánica Cuántica
1.2.	El átomo de hidrógeno
1.3.	Metales, semiconductores y aislantes
Unidad 2.	**La molécula diatómica**
2.1.	La molécula diatómica homonuclear
2.2.	La molécula diatómica heteronuclear
2.3.	Electronegatividad
2.4.	Energía de enlace y orden de enlace
Unidad 3.	**Sistemas finitos e infinitos**
3.1.	Cadenas moleculares y el espacio k
3.2.	Orden de enlace en un sistema infinito
3.3.	Densidad de estados local y total
3.4.	Energía de banda y energía de enlace
3.5.	Teorema de los momentos
3.6.	La aleación binaria
Unidad 4.	**Sistemas bidimensionales y tridimensionales**
4.1.	El sólido modelado como una molécula gigante
4.2.	La red cuadrada
4.3.	La red cúbica
4.4.	Zonas de Brillouin para las redes fcc y bcc
4.5.	Ecuación de movimiento para un electrón en un campo eléctrico
4.6.	El concepto de hueco
4.7.	Superficie de Fermi
4.8.	Densidad de estados en cristales tridimensionales
4.9.	Matriz de densidad, orden de enlace y energía de enlace
4.10.	Teorema de momentos en cristales tridimensionales
Unidad 5.	**Brechas de energía**
5.1.	Cadena infinita con dos estados atómicos por átomo
5.2.	Brechas de energía en una cadena infinita de una aleación binaria
5.3.	Distorsión de Peierls
5.4.	Metales, aislante y el enlace metálico
Unidad 6.	**Enlace s-p. El caso del Silicio**
6.1.	Enlace s-p entre dos átomos de silicio
6.2.	Dependencia angular en las integrales de *hopping* en enlaces s-p y p-p
6.3.	Híbridos sp
6.4.	Modelos simples de la estructura electrónica del silicio
6.5.	Estructura de bandas del silicio
6.6.	Orden de enlace y de energía en el silicio
Unidad 7.	**Teoría del electrón libre**
7.1.	Aproximación del electrón libre
7.2.	Densidad de estados
7.3.	Bandas de energía

7.4.	Modelo del electrón casi-libre
7.5.	Pseudopotenciales
7.6.	Apantallamiento electrónico
7.7.	Correlación e intercambio
Unidad 8.	**Propiedades de los metales**
8.1.	Estadística de Fermi-Dirac
8.2.	Potencial de contacto
8.3.	Calor específico electrónico
8.4.	Conductividad eléctrica y térmica
8.5.	Ley de Wiedemann-Franz
8.6.	Energía de cohesión en metales simples
8.7.	Diferencias energéticas estructurales
Unidad 9.	**Metales de transición**
9.1.	Modelo de Friedel
9.2.	Potenciales de Finnis-Sinclair
9.3.	Enlaces d-d
9.4.	Estructura cristalina
9.5.	Enlaces en aleaciones metálicas
Unidad 10.	**Métodos autoconsistentes**
10.1	La aproximación de Born-Oppenheimer
10.2.	Teoría de funcional de la densidad
10.3.	Aplicaciones
Unidad 11.	**Más allá de la teoría de bandas**
11.1	Electrones en materiales no-cristalinos
11.2.	Brecha de energía en silicio amorfo
11.3.	Localización electrónica
11.4.	Polarones
11.5.	Localización de Anderson
11.6.	Transición metal-aislante
11.7.	Superconductividad
11.8.	Magnetismo
11.9.	Cuasicristales

Estrategias didácticas		**Evaluación del aprendizaje**	
Exposición	X	Exámenes parciales	X
Trabajo en equipo		Examen final	X
Lecturas		Trabajos y tareas	X
Trabajo de investigación		Presentación de tema	X
Prácticas (taller o laboratorio)		Participación en clase	X
Prácticas de campo		Asistencia	
Aprendizaje por proyectos		Rúbricas	
Aprendizaje basado en problemas	X	Portafolios	
Casos de enseñanza		Listas de cotejo	
Otras (especificar)		Otras (especificar)	

Bibliografía básica:

- Sutton A.P., Electronic Structure of Materials, 1st. Edition, Oxford Science Pub., 1994.
- Harrison W.A., Electronic Structure and the Properties of Solids, Dover Publications, 1989.
- Kittel, C. (1997). Introducción a la física del estado sólido. (3ª ed.). Barcelona: Reverté.
- Ibach, H. & Lüth, H. (2009). Solid state physics. An introduction to principles of materials science. (4th ed.). USA: Springer.
- Rössler, U. (2009). Solid state theory: an introduction. (2 nd ed.). USA: Springer.

Bibliografía complementaria:

- Ashcroft N.W. and Mermin N.D., Solid State Physics, Holt-Saunders International Editions, 1975**.**
- Ziman J. M., Principles of the Theory of Solids, Cambridge University Press, 2nd. Edition, 1972.

Perfil profesiográfico:

Quienes impartan esta actividad deberán contar con el grado de Maestro(a) o Doctor(a) o con la dispensa de grado otorgada por el Comité Académico, en alguna disciplina afín a los contenidos de esta actividad académica; experiencia académica o profesional relacionadas con la docencia en los campos del conocimiento del Programa. Tener producción académica o profesional reciente, demostrada con obra académica o profesional reconocida. Manejo y conocimiento de técnicas de enseñanza y aprendizaje.

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

PROGRAMA DE POSGRADO EN CIENCIAS FÍSICAS
MAESTRÍA EN CIENCIAS (FÍSICA)

Física de Nanoestructuras

Clave	Semestre 2	Créditos 8	Campo del Conocimiento	Materia Condensada y Nanociencias
Modalidad	**Curso (x) Taller ( ) Lab ( ) Sem ()**		**Tipo**	**T (x) P ( ) T/P ( )**
Carácter	**Obligatorio ( ) Optativo ( )** **Obligatorio E (x) Optativo E ( )**		**Horas**	
Duración del programa	**Semestral**		**Semana**	**Semestre**
			Teóricas: 4	**Teóricas: 64**
			Prácticas: 0	**Prácticas: 0**
			Total: 4	**Total: 64**

Objetivo general:

El alumno identificará los principios y propiedades físicas que caracterizan a sistemas en la nanoescala.

Objetivos específicos:

Conocer los conceptos y métodos, así como técnicas analíticas y numéricas de relevancia para el estudio de las propiedades estructurales, dinámicas, electrónicas y ópticas de nanoestructuras. Particularmente, las propiedades de transporte en equilibrio de sistemas y dispositivos nanométricos.

Índice temático

	Tema	Horas semestre	
		Teóricas	Prácticas
1	Introducción	4	0
2	Teoría semiclásica de transporte	8	0
3	Sistemas cuánticos confinados	8	0
4	Transporte en nanoestructuras	12	0
5	Efecto de campos magnéticos en sistemas confinados	8	0
6	Puntos cuánticos	8	0
7	Ecuación maestra	8	0
8	Propiedades ópticas de nanoestructuras	8	0
	Total	64	0
	Suma total de horas	64	

Contenido Temático	
	Tema y subtemas
Unidad 1.	**Introducción**
1.1.	¿Qué es una nanoestructura?
1.2.	¿Porqué estudiar nanoestructuras?
1.3.	Heteroestructuras meso- y nanoscópicas
1.4.	Puntos y alambres cuánticos
Unidad 2.	**Teoría semiclásica de transporte**
2.1.	Ecuación de Boltzmann
2.2.	Conductividad eléctrica
2.3.	Efecto Hall
2.4.	Conductividad térmica
2.5.	Otros mecanismos de dispersión
Unidad 3.	**Sistemas cuánticos confinados**
3.1.	Propiedades generales de nanoestructuras
3.2.	Pozos cuánticos y gases de electrones bidimensionales
3.3.	Confinamiento lateral: alambres y puntos cuánticos
3.4.	Estados electrónicos en sistemas confinados
Unidad 4.	**Transporte en nanoestructuras**
4.1.	Corriente y tunelaje resonante
4.2.	Formalismo de Tsu-Esaki
4.3.	Fórmula de Landauer para la conductancia
4.4.	Cuantización de la conductancia en nanoestructuras
4.5.	Formalismo de Büttiker-Landauer para multiterminales
Unidad 5.	**Efectos de campos magnético en sistemas confinados**
5.1.	Electrones en dos dimensiones. Niveles de Landau
5.2.	Electrones en una dimensión. Estados de borde
5.3.	Efecto Hall cuántico
5.4.	Efecto Aharonov-Bohm
Unidad 6.	**Puntos cuánticos**
6.1.	Tunelaje de electrones individuales
6.2.	Bloqueo de Coulomb
6.3.	Efecto Kondo
6.4.	Puntos cuánticos acoplados
6.5.	Efectos de decoherencia
Unidad 7.	**Ecuación maestra**
7.1.	Modelo genérico de transporte
7.2.	Ecuación de Lindblad
7.3.	Ejemplos: punto cuántico con un nivel, doble punto cuántico, átomo de dos niveles acoplado a un campo de radiación
Unidad 8.	**Propiedades ópticas de nanoestructuras**
8.1.	Relaciones de Kramers-Kronig
8.2.	Funciones de respuesta óptica
8.3.	Transiciones inter e intra banda en pozos cuánticos
8.4.	Ganancia óptica y láseres
8.5.	Excitones
8.6.	Dispositivos ópticos basados en nanoestructuras

Estrategias didácticas		Evaluación del aprendizaje	
Exposición	X	Exámenes parciales	X
Trabajo en equipo		Examen final	X
Lecturas		Trabajos y tareas	X
Trabajo de investigación	X	Presentación de tema	X
Prácticas (taller o laboratorio)		Participación en clase	X
Prácticas de campo		Asistencia	
Aprendizaje por proyectos		Rúbricas	
Aprendizaje basado en problemas	X	Portafolios	
Casos de enseñanza		Listas de cotejo	
Otras (especificar)		Otras (especificar)	

Bibliografía básica:

- David K. Ferry and Stephen M. Goodnick, Transport in Nanostructures, Cambridge University Press, 1999.
- Supriyo Datta, Electronic Transport in Mesoscopic Systems, Cambridge University Press, 1997.
- John H. Davis, The Physics of Low Dimensional Semiconductors, Cambridge University Press, 1998.
- Claude Cohen-Tannoudji, Jaques Dupont-Roc, Gilbert Grynberg, Atom-Photon Interactions, Wiley, 1998.
- Ashcroft N.W. and Mermin N.D., Solid State Physics, Holt-Saunders International Editions, 1975.

Bibliografía complementaria:

- Mark A. Reed and Takhee Lee, Molecular Nanoelectronics, American Scientific Publishers, 2003.
- J.L. Morán-López y J.L. Rodríguez-López, Los Materiales Nanoestructurados, Fondo de Cultura Económica, México (2012).

Perfil profesiográfico:

Quienes impartan esta actividad deberán contar con el grado de Maestro(a) o Doctor(a) o con la dispensa de grado otorgada por el Comité Académico, en alguna disciplina afín a los contenidos de esta actividad académica; experiencia académica o profesional relacionadas con la docencia en los campos del conocimiento del Programa. Tener producción académica o profesional reciente, demostrada con obra académica o profesional reconocida. Manejo y conocimiento de técnicas de enseñanza y aprendizaje.

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

PROGRAMA DE POSGRADO EN CIENCIAS FÍSICAS
MAESTRÍA EN CIENCIAS (FÍSICA)

Métodos Experimentales I					
Clave	**Semestre 2**	**Créditos 12**	**Campo del Conocimiento**	**Materia Condensada y Nanociencias**	
Modalidad	**Curso () Taller ( ) Lab (X) Sem ()**			**Tipo**	**T ( ) P (X) T/P ( )**
Carácter	**Obligatorio ( ) Optativo ()** **Obligatorio E (x) Optativo E ( )**			**Horas**	
Duración del programa		**Semestral**		**Semana**	**Semestre**
				Teóricas: 0	**Teóricas: 0**
				Prácticas: 6	**Prácticas: 96**
				Total: 6	**Total: 96**

Objetivo.
El alumno dominará los principios físicos de diversas técnicas avanzadas para la síntesis y caracterización de nanoestructuras.

Objetivos específicos:
Adquirir experiencia en el trabajo de laboratorio, operando instrumentos para la síntesis y la caracterización de materiales nanoestructurados

Índice temático

	Tema	**Horas semestre**	
		Teóricas	**Prácticas**
1	**Síntesis de nanoestructuras**	**0**	**16**
2	**Espectroscopías y microscopías ópticas**	**0**	**16**
3	**Técnicas de microscopía electrónica de barrido**	**0**	**16**
4	**Técnicas de microscopía electrónica de transmisión**	**0**	**16**
5	**Microscopía de fuerza atómica (AFM)**	**0**	**16**
6	**Microscopía túnel de barrido (STM)**	**0**	**16**
	Total	**0**	**96**
	Suma total de horas	**96**	

Contenido Temático	
	Tema y subtemas
Unidad 1.	**Síntesis de nanoestructuras**
1.1.	Síntesis de películas delgadas por ALD (atomic layer deposition)
1.2.	Síntesis de películas delgadas por CBD (chemical bath deposition)
1.3.	Síntesis de nanohilos por PVD (physical vapour deposition)
1.4.	Síntesis de nanobarras por método hidrotermal
1.5.	Síntesis de nanopartículas metálicas por sol-gel
Unidad 2.	**Espectroscopías y microscopías ópticas**
2.1.	Microscopía confocal

2.2.	Espectroscopía Raman
2.3.	Absorción óptica
2.4.	Fotoluminiscencia
Unidad 3.	**Técnicas de microscopía electrónica de barrido**
3.1.	Electrones secundarios y retrodispersos
3.2.	Espectroscopía de energía dispersa
3.3.	Catodoluminiscencia
3.4.	Corriente inducida por el haz de electrones
Unidad 4.	**Técnicas de microscopía electrónica de transmisión**
4.1.	Imágenes de campo claro y campo obscuro
4.2.	Difracción de electrones en áreas selectivas (SAED)
4.3.	Espectroscopía de pérdida de energía (EELS)
Unidad 5.	**Microscopía de fuerza atómica (AFM)**
5.1.	Señales de fuerza normal y lateral
5.2.	Modo de operación *tapping*
5.3.	Microscopía de fuerza magnética (MFM)
5.4.	Modo conductivo (c-AFM)
Unidad 6.	**Microscopía túnel de barrido (STM)**
6.1.	Sistemas de ultra-alto-vacío (UHV)
6.2.	Fabricación de puntas metálicas
6.3.	Resolución atómica en el STM
6.4.	Espectroscopía túnel de barrido (STS)

Estrategias didácticas		**Evaluación del aprendizaje**	
Exposición		Exámenes parciales	X
Trabajo en equipo	X	Examen final	X
Lecturas	X	Trabajos y tareas	X
Trabajo de investigación	X	Presentación de tema	X
Prácticas (taller o laboratorio)	X	Participación en clase	X
Prácticas de campo		Asistencia	
Aprendizaje por proyectos		Rúbricas	
Aprendizaje basado en problemas		Portafolios	
Casos de enseñanza		Listas de cotejo	
Otras (especificar)		Otras (especificar)	

Bibliografía básica:

- Handbook of Microscopy for Nanotechnology. Nan Yao & Zhong Lin Wang (Edit.), Kluwer Academic Publishers (2005).
- SEM microcharacterization of semiconductors. D.B. Holt & D.C. Joy, Academic Press (1989).
- Brent Fultz and James Howe. Transmission electron microscopy and diffractometry of materials. Spinger (2013).
- Science of Microscopy. P.W. Hawkes & C.H. Spence (Edit.), Springer (2007).
- Microscopía Electrónica, R. González, Eudema, Madrid (1991).

Bibliografía complementaria:

- Microscopía electrónica: una vision del microcosmos, J.M. Yacamán J. Reyes, Fondo de Cultura Económica, México (1995).

Perfil profesiográfico:

Quienes impartan esta actividad deberán contar con el grado de Maestro(a) o Doctor(a) o con la dispensa de grado otorgada por el Comité Académico, en alguna disciplina afín a los contenidos de esta actividad académica; experiencia académica o profesional relacionadas con la docencia en los campos del conocimiento del Programa. Tener producción académica o profesional reciente, demostrada con obra académica o profesional reconocida. Manejo y conocimiento de técnicas de enseñanza y aprendizaje.

MEDIOS CONTINUOS

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

PROGRAMA DE POSGRADO EN CIENCIAS FÍSICAS
MAESTRÍA EN CIENCIAS (FÍSICA)

Acústica de Fluidos					
Clave	**Semestre 2**	**Créditos 6**	**Campo de conocimiento**	**Medios Continuos**	
Modalidad	**Curso (x) Taller ( ) Lab ( ) Sem ( )**			**Tipo**	**T (x) P ( ) T/P ( )**
Carácter	**Obligatorio ( ) Optativo ()** **Obligatorio E (X) Optativo E ( )**			**Horas**	
Duración del programa	**Semestral**			**Semana**	**Semestre**
				Teóricas: 3	**48**
				Prácticas: 0	**0**
				Total: 3	**48**

Objetivo general:
El alumno se introducirá en los conceptos básicos de la teoría de la acústica lineal en fluidos, enfocándose, principalmente, en aprender los fundamentos de la formación y propagación de ondas acústicas en fluidos utilizando las herramientas matemáticas apropiadas

Objetivos específicos:

- Familiarizarse con la ecuación de onda en el contexto acústico.
- Identificar las soluciones de la ecuación de onda en distintas geometrías, con y sin mecanismos de pérdidas.
- Ampliar sus conocimientos sobre diversas técnicas de medición y análisis de ondas acústicas.

Índice temático

	Tema	**Horas semestre**	
		Teóricas	**Prácticas**
1	**Fundamentos de la Mecánica de Fluidos**	6	0
2	**Ecuaciones de la Acústica Lineal**	9	0
3	**Ondas en una dimensión**	9	0
4	**Reflexión y Transmisión de Ondas Planas**	6	0
5	**Resonadores, cavidades y guías de onda**	9	0
6	**Radiación**	3	0
7	**Dispersión y difracción**	3	0
8	**Absorción y atenuación**	3	0
	Total	**48**	**0**
	Suma total de horas	**48**	

Contenido Temático	
	Tema y subtemas
Unidad 1	**Fundamentos de la Mecánica de Fluidos**
1.1	Definiciones: medio continuo
1.2	Ecuaciones de estado
1.3	Ecuaciones de conservación
1.4	Ecuaciones constitutivas
Unidad 2	**Ecuaciones de la Acústica Lineal**
2.1	Ecuación de onda lineal
2.2	Soluciones de la ecuación de onda lineal
2.3	Solución de D'Alembert
2.4	Modos de vibración
2.5	Función de Green
Unidad3	**Ondas en una dimension**
3.1	Ondas viajeras planas
3.2	Ondas estacionarias
3.3	Fuente punctual
3.4	Energía acústica y densidad de energía
3.5	Intensidad acústica
3.6	Potencia de la fuente
3.7	Impedancia acústica
3.8	Escala en decibeles
Unidad 4	**Reflexión y Transmisión de Ondas Planas**
4.1	Cambios de medio
4.2	Transmisión en una interfase entre dos fluidos ideales
4.3	Reflexión en discontinuidades
Unidad 5	**Resonadores, cavidades y guías de onda**
5.1	Ondas en cavidades abiertas y cerradas
5.2	Ondas en ductos
5.3	Guías de ondas acústicas
5.4	Resonador de Helmholtz
Unidad 6	**Radiación**
6.1	Radiación de esfera pulsante
6.2	Monopolos, dipolos y cuadrupolos
6.3	Expansiones multipolares
6.4	Radiación a partir de un tubo abierto
6.5	Radiación a partir de un pistón: la integral de Rayleigh
Unidad 7	**Dispersión y difracción**
7.1	Dispersión
7.2	Difracción
Unidad 8	**Absorción y atenuación**
8.1	Absorción viscosa
8.2	Atenuación por conducción térmica

Estrategias didácticas		Evaluación del aprendizaje	
Exposición	x	Exámenes parciales	x
Trabajo en equipo		Examen final	x
Lecturas	x	Trabajos y tareas	x
Trabajo de investigación		Presentación de tema	
Prácticas (taller o laboratorio)		Participación en clase	
Prácticas de campo		Asistencia	
Aprendizaje por proyectos	x	Rúbricas	
Aprendizaje basado en problemas		Portafolios	
Casos de enseñanza		Listas de cotejo	
Otras (especificar)		Otras (especificar)	

Bibliografía Básica:

- Blackstock, D. Fundamentals of Acoustics. John Wiley and Sons, 2000.
- Billingham, J., King, A.C. Wave Motion. Cambridge University Press, 2000.
- Bruneau, M., Fundamentals of Acoustics. Wiley-ISTE, 2006.
- Dowling, A.P., Ffowcs-Williams, J.E. Sound and Sources of Sound. Ellis Horwood, 1983.
- Fleisch, D., Kinnaman, L. A Student's Guide to Waves. Cambridge University Press, 2015.
- Kinsler, L.E., Frey, A.R., Coppens, A.B., Sanders, J.V. Fundamentals of Acoustics. John Wiley and Sons, 1982.
- Morse, P.M., Ingard, K.U. Theoretical Acoustics. Princeton University Press, 1987.
- Rayleigh, J.W.S. Theory of Sound. Volumes I and II. Dover Publications, 1976.

Bibliografía complementaria:

- Acheson, D.J. Elementary Fluid Dynamics. Clarendon Press, 1990.
- Crighton, D.G., Dowling, A.P., Ffowcs-Williams, J.E., Heckl, M., Leppington, F.G. Modern Methods in Analytical Acoustics. Springer, 1992.
- Pierce, A. Acoustics. Acoustical Society of America, 1991.
- Rossing, T.D., Fletcher, N.H. Principles of Vibration and Sound. Springer Verlag, 1999.
- White, F.M. Viscous Fluid Flow. McGraw Hill, 1991.

Perfil profesiográfico:

Quienes impartan esta actividad deberán contar con el grado de Maestro(a) o Doctor(a) o con la dispensa de grado otorgada por el Comité Académico, en alguna disciplina afín a los contenidos de esta actividad académica; experiencia académica o profesional relacionadas con la docencia en los campos del conocimiento del Programa. Tener producción académica o profesional reciente, demostrada con obra académica o profesional reconocida. Manejo y conocimiento de técnicas de enseñanza y aprendizaje

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

PROGRAMA DE POSGRADO EN CIENCIAS FÍSICAS
MAESTRÍA EN CIENCIAS (FÍSICA)

Flujos Astrofísicos					
Clave	**Semestre 2**	**Créditos 6**	**Campo de conocimiento**	**Medios Continuos**	
Modalidad	**Curso (x) Taller ( ) Lab ( ) Sem ( )**			**Tipo**	**T (x) P ( ) T/P ( )**
Carácter	**Obligatorio ( ) Optativo ()** **Obligatorio E (x) Optativo E ( )**			**Horas**	
Duración del programa	**Semestral**			**Semana**	**Semestre**
				Teóricas: 3	**48**
				Prácticas: 0	**0**
				Total: 3	**48**

Objetivo general:

El alumno adquirirá los conocimientos básicos e identificará los modelos más importantes de la dinámica de flujos astrofísicos.

Objetivos específicos:

Identificar, entender y explicar artículos de investigación sobre flujos astrofísicos, haciendo uso de los conocimientos aqduiridos.

Índice temático

	Tema	**Horas semestre**	
		Teóricas	**Prácticas**
1	**Introducción**	3	0
2	**Ecuaciones de fluidos**	6	0
3	**Gravitación**	3	0
4	**La ecuación de energía**	6	0
5	**Equilibrio hidrostático**	6	0
6	**Propagación de ondas de sonido**	6	0
7	**Ondas de choque**	6	0
8	**Inestabilidades en fluidos**	6	0
9	**Plasmas**	6	0
	Total	**48**	**0**
	Suma total de horas	**48**	

Contenido Temático	
	Tema y subtemas
Unidad 1	**Introducción**
1.1	El concepto de “elemento de fluido”
1.2	Relación entre las formulaciones Euleriana y Lagrangiana de fluidos
Unidad2	**Ecuaciones de fluidos**
2.1	Conservación de masa
2.2	Presión
2.3	Ecuación del momento
Unidad 3	**Gravitación**
3.1	El potencial gravitacional
3.2	Ecuación de Poisson
3.3	El teorema del virial
Unidad 4	**La ecuación de energía**
4.1	Gases Ideales
4.2	Ecuaciones de estado barotrópicas
4.3	Ecuación de la energía
4.4	Trasporte de energía
Unidad 5	**Equilibrio hidrostático**
5.1	Ecuaciones básicas
5.2	Atmósfera isotérmica con “g” constante
5.3	Estrellas modeladas con curvas politrópicas autogravitantes
5.4	Ecuación de Lane-Emden
Unidad 6	**Propagación de ondas de sonido**
6.1	Ondas de sonido en medios uniformes
6.2	Ondas de sonido en atmosferas estratificadas
Unidad 7	**Ondas de choque**
7.1	Explosiones fuertes en medios uniformes
7.2	Ondas de choque en astrofísica
7.3	Choques adiabáticos e isotérmicos. Condiciones de Rankine-Hugoniot
Unidad 8	**Inestabilidades en fluido**
8.1	Inestabilidades de Rayleigh-Taylor y Kelvin-Hemlholtz
8.2	Inestabilidad de Jeans
8.3	Inestabilidades térmicas
Unidad 9	**Plasmas**
9.1	Neutralidad de carga
9.2	Ecuaciones de la magnetohidrodinámica (MHD)
9.3	MHD ideal
9.4	Ondas en plasmas

Estrategias didácticas		**Evaluación del aprendizaje**	
Exposición	x	Exámenes parciales	
Trabajo en equipo		Examen final	
Lecturas	x	Trabajos y tareas	
Trabajo de investigación		Presentación de tema	x
Prácticas (taller o laboratorio)		Participación en clase	x
Prácticas de campo		Asistencia	x
Aprendizaje por proyectos		Rúbricas	
Aprendizaje basado en problemas		Portafolios	
Casos de enseñanza		Listas de cotejo	
Otras (especificar)		Otras (especificar)	

Bibliografía básica:

- Principles of Astrophysical Fluid Dynamics, C.J. Clarke & R.F. Carswell, 2007, University Cambridge University Press
- Astrophysical Flows, J. E. Pringle, A. King, 2007, Cambridge University Press
- Physics of Space Plasmas, G.K. Parks, 2004, University of California, Berkeley
- Astrophysical Concepts, M. Harwitt, 2006, Springer
- Modern Fluid Dynamics for Physics and Astrophysics, O. Regev, O. M. Umurhan, P. A. Yecko, 2016, Springer

Bibliografía complementaria:

- Astrophysical Fluid Dynamics, E. Battaner, 1996, Cambridge University Press
- Fluid Mechanics, L.D. Landau & E. M. Lifshiftz, 1987, Butterworth & Heinemann

Perfil profesiográfico:

Quienes impartan esta actividad deberán contar con el grado de Maestro(a) o Doctor(a) o con la dispensa de grado otorgada por el Comité Académico, en alguna disciplina afín a los contenidos de esta actividad académica; experiencia académica o profesional relacionadas con la docencia en los campos del conocimiento del Programa. Tener producción académica o profesional reciente, demostrada con obra académica o profesional reconocida. Manejo y conocimiento de técnicas de enseñanza y aprendizaje

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

PROGRAMA DE POSGRADO EN CIENCIAS FÍSICAS
MAESTRÍA EN CIENCIAS (FÍSICA)

Introducción a la Física de Plasmas					
Clave	**Semestre 2**	**Créditos 12**	**Campo de conocimiento**	**Medios Continuos**	
Modalidad	**Curso (x) Taller ( ) Lab ( ) Sem ( )**			**Tipo**	**T (x) P ( ) T/P ( )**
Carácter	**Obligatorio ( ) Optativo ()** **Obligatorio E (x) Optativo E ( )**			**Horas**	
Duración del programa	**Semestral**			**Semana**	**Semestre**
				Teóricas: 6	**96**
				Prácticas: 0	**0**
				Total: 6	**96**

Objetivo general:

El alumno se iniciará en los conceptos básicos, modelos fundamentales y nomenclatura comúnmente empleados en el campo de la física de plasmas.
Se familiarizará con el alcance y las aproximaciones involucrados en la construcción de los modelos.

Objetivos específicos:

- Desarrollar las capacidades básicas para el estudio de plasmas.
- Adquirir una formación básica para iniciarse en este tema de investigación.

Índice temático

	Tema	**Horas semestre**	
		Teóricas	**Prácticas**
1	**Introducción**	6	0
2	**Movimiento de partícula independiente**	15	0
3	**Modelos de plasma**	15	0
4	**Ondas en la descripción de modelos fluidos**	15	0
5	**Difusión y resistividad**	15	0
6	**Equilibrio magnetohidrodinámico**	15	0
7	**Estabilidad magnetohidrodinámica**	15	0
	Total	**96**	**0**
	Suma total de horas	**96**	

Contenido Temático	
	Tema y subtemas
Unidad 1	**Introducción**
1.1	Plasmas en la naturaleza
1.2	Definición de plasmas
1.3	Concepto de temperatura
1.4	Apantallamiento de Debye
1.5	Parámetro de plasma
1.6	Criterios que debe cumplir el plasma
Unidad 2	**Movimiento de partícula independiente**
2.1	Deriva E$\times$B. Deriva ∇B
2.2	Deriva de curvatura
2.3	Deriva de polarización
2.4	Momento magnético
2.5	Invariantes adiabáticos
2.6	Fuerza ponderomotríz
Unidad 3	**Modelos de plasma**
3.1	El modelo cinético (Ecuación de Vlasov)
3.2	Ecuaciones de multifluídos como momentos de la ecuación de Vlasov
3.3	Ecuaciones magnetohidrodinámicas (MHD) como aproximación de las ecuaciones de multifluidos
3.4	Forma conservativa de las ecuaciones MHD y constricciones magnetohidrodinámicas
3.5	Números de Reynolds
3.6	Reynolds magnético y Péclet
3.7	Consecuencias de la aproximación MHD
3.8	Difusión vs. congelamiento del campo magnético
Unidad 4	**Ondas en la descripción de modelos de fluidos**
4.1	Constante dieléctrica de un plasma fluido sin campo (E=B=0)
4.2	Oscilación de plasma
4.3	Ondas de espacio -carga en plasmas calientes
4.4	Ondas planas en plasmas fríos
4.5	Reflexión de ondas electromagnéticas por un plasma
4.6	Método de transmisión de microondas para medir propiedades del plasma
4.7	Tensor dieléctrico de un plasma frío magnetizado $\varepsilon(\omega)$
4.8	Ondas planas que propagan paralela y perpendicularmente al campo magnético en un plasma frío magnetizado (Resonancias, frecuencias de corte y casos límite. Ondas de Alfvén y magnetoacústicas)
4.9	Ondas acústicas de iones no lineales (Deducción de la ecuación de las ecuaciones de Burgers y de Korteweg de Vries. Transformación de Cole-Hopf en el primer caso y solución de onda solitaria en el último)
4.10	Inestabilidades paramétricas
Unidad 5	**Difusión y resistividad**
5.1	Difusión y movilidad en haces débilmente ionizados
5.2	Decaimiento de un plasma por difusión
5.3	Soluciones de estado estacionario
5.4	Recombinación. Difusión a través de un campo magnético
5.5	Colisiones en plasmas completamente ionizados
5.6	Soluciones de la ecuación de difusión
5.7	Soluciones a la ecuación de difusión y recombinación en una dimensión
5.8	Ecuación de Fokker-Planck
5.9	Tiempos de relajación

Unidad 6	**Equilibrio magnetohidrodinámico**
6.1	Ecuación de equilibrio
6.2	Principio variacional y estados de equilibrio
6.3	Campos libres de fuerza ($\nabla XB = \lambda B$) en plasmas de astrofísica y del laboratorio
6.4	Construcción de soluciones para el caso en que λ es escalar
6.5	Ecuación de Grad-Shafranov para el equilibrio toroidal
6.6	Métodos de solución
Unidad 7	**Estabilidad magnetohidrodinámica**
7.1	Concepto de estabilidad
7.2	Análisis de modos normales
7.3	Ecuaciones linealizadas y el principio de energía
7.4	Inestabilidad de Rayleigh-Taylor sin campo magnético y con él
7.5	Inestabilidades en una columna cilíndrica de plasma con frontera fija y con frontera libre
7.6	Modos de ruptura

Estrategias didácticas		**Evaluación del aprendizaje**	
Exposición	x	Exámenes parciales	x
Trabajo en equipo		Examen final	x
Lecturas	x	Trabajos y tareas	x
Trabajo de investigación		Presentación de tema	
Prácticas (taller o laboratorio)		Participación en clase	x
Prácticas de campo		Asistencia	
Aprendizaje por proyectos		Rúbricas	
Aprendizaje basado en problemas	x	Portafolios	
Casos de enseñanza		Listas de cotejo	
Otras (especificar)		Otras (especificar)	

Bibliografía Básica:

- Bellan, P. M. *Fundamentals of Plasma Physics*, Cambridge University Press, 2006. Goldston, R.J., Rutherford, P.H., *Introduction to plasma physics*, Institute of Physics Publ., Bristol, 1995
- Bittencourt, J.A. *Fundamentals of Plasma Physics*, Editado y publicado por el autor, São José dos Campos, 2003 (http://plasmaphysics.tripod.com.br)
- Boyd, T. J. M. y Sanders, J. J., *The Physics of Plasmas*, Cambridge University Press, Cambridge, 2003.
- Nicholson, D.R., *Introduction to plasma theory*, Wiley, N.Y., 1983.
- Schmidt, G., *Physics of high temperature plasmas*, Academic Press, N.Y., 1979.
- Krall, N.A., Trivelpiece, A.W., *Principles of plasma physics*, McGraw Hill, N.Y., 1973.

Bibliografía complementaria:

- Freidberg, *Ideal MHD*, Cambridge University Press, 2014
- Bateman, G., *MDH Instabilities*, MIT Press, Cambridge Mass., 1980.
- Miyamoto, K., *Plasma physics for nuclear fusion*, MIT Press, Cambridge Mass., 1989.
- Chen, F. F., *Introduction to plasma physics and controlled fusion*, Plenum Press, New York, 2010.
- Kulsrud, R. M., *Plasma Physics for Astrophysics*, Princeton University Press, 2005

Perfil profesiográfico:

Quienes impartan esta actividad deberán contar con el grado de Maestro(a) o Doctor(a) o con la dispensa de grado otorgada por el Comité Académico, en alguna disciplina afín a los contenidos de esta actividad académica; experiencia académica o profesional relacionadas con la docencia en los campos del conocimiento del Programa. Tener producción académica o profesional reciente, demostrada con obra académica o profesional reconocida. Manejo y conocimiento de técnicas de enseñanza y aprendizaje.

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

PROGRAMA DE POSGRADO EN CIENCIAS FÍSICAS
MAESTRÍA EN CIENCIAS (FÍSICA)

Mecánica de Fluidos					
Clave	**Semestre 2**	**Créditos 12**	**Campo de conocimiento**	**Medios Continuos**	
Modalidad	**Curso (x) Taller ( ) Lab ( ) Sem ( )**			**Tipo**	**T (x) P ( ) T/P ( )**
Carácter	**Obligatorio ( ) Optativo ()** **Obligatorio E (x) Optativo E ( )**			**Horas**	
Duración del programa	**Semestral**			**Semana**	**Semestre**
				Teóricas: 6	**96**
				Prácticas: 0	**0**
				Total: 6	**96**

Objetivo general:

El alumno conocerá y aplicará los principios de la mecánica de fluidos en el planteamiento y resolución de problemas, relacionados con sistemas de flujo de fluidos.

Objetivos específicos:

Adquirir una visión general de los aspectos teóricos fundamentales de la mecánica de fluidos, así como de los temas de frontera en el tema.

Índice temático

	Tema	**Horas semestre**	
		Teóricas	**Prácticas**
1	**Descripción de los fluidos y las ecuaciones de balance**	10	0
2	**Ecuaciones constitutivas**	6	0
3	**Cinemática de flujo**	6	0
4	**Teoremas fundamentales y formas especiales de las ecuaciones de balance**	6	0
5	**Flujo de fluidos ideales**	15	0
6	**Ondas en fluidos**	8	0
7	**Flujos viscosos incompresibles**	15	0
8	**Teoría de capa límite**	15	0
9	**Estabilidad y turbulencia**	15	0
	Total	**96**	**0**
	Suma total de horas	**96**	

Contenido Temático	
	Tema y subtemas
Unidad 1	**Descripción de los fluidos y las ecuaciones de balance**
1.1	Propiedades de los fluidos
1.2	La hipótesis del continuo
1.3	Descripción Euleriana y Lagrangiana
1.4	La derivada material
1.5	Teorema de transporte de Reynolds
1.6	Ecuación de balance de masa
1.7	Ecuación de balance de cantidad de movimiento (fuerzas de cuerpo y fuerzas de superficie)
1.8	Ecuación de balance de energía
Unidad 2	**Ecuaciones constitutivas**
2.1	Sistema de esfuerzos en un fluido (tensor de esfuerzos mecánico)
2.2	Tasa a la que un elemento de fluido es deformado en un flujo (tensor de rapidez de deformación)
2.3	Relación entre esfuerzos y rapidez de deformación
2.4	Fluidos Newtonianos
2.5	Relación entre presión termodinámica y presión mecánica
2.6	La hipótesis de Stokes
2.7	Ecuación de continuidad (flujo compresible e incompresible)
2.8	Ecuaciones de Navier-Stokes
2.9	Otras ecuaciones constitutivas (ley de Fourier, ley de Fick)
2.10	Introducción a los fluidos no Newtonianos
2.11	Ecuación de la energía para fluidos Newtonianos (ecuación de transferencia de calor)
2.12	Condiciones de frontera
Unidad 3	**Cinemática de flujo**
3.1	Visualización de flujos
3.2	Líneas de corriente, de trayectoria, y de traza
3.3	Circulación y vorticidad
3.4	Tubos de corriente y tubos de vórtice
3.5	Cinemática de líneas de vórtice
3.6	Flujo rotacional e irrotacional
3.7	Potencial de velocidad
Unidad 4	**Teoremas fundamentales y formas especiales de las ecuaciones de balance**
4.1	Teorema de Kelvin (conservación de la circulación y persistencia del flujo irrotacional)
4.2	Ecuación de Bernoulli (conservación de la energía cinética)
4.3	Ecuación de transporte de vorticidad
4.4	Transporte difusivo y transporte convectivo
4.5	El número de Reynolds
4.6	Analogía entre transporte de calor y transporte de vorticidad en dos dimensiones
4.7	Estiramiento de tubos de vórtice
4.8	Teoremas de Helmholtz

Unidad 5	**Flujo de fluidos ideales**
5.1	Flujos internos y flujos externos (concepto de capa límite)
5.2	Ecuación de Euler
5.3	Flujos potenciales en dos dimensiones
5.4	Función de corriente
5.5	Potencial complejo y velocidad compleja
5.6	Superposición de flujos
5.7	La integral de Blasius
5.8	Transformaciones conformes
5.9	Flujos potenciales en tres dimensiones
5.10	Flujo sobre una esfera
5.11	Paradoja de D'Alambert
Unidad 6	**Ondas en fluidos**
6.1	Ondas superficiales sobre aguas profundas
6.2	Dispersión y velocidad de grupo
6.3	Efectos de profundidad finita
6.4	Validez de la condición de incompresibilidad
6.5	El número de Mach. Ondas de sonido
6.6	Ecuación de onda y velocidad del sonido
Unidad 7	**Flujos viscosos incompresibles**
7.1	Soluciones exactas
7.2	Flujo en ductos y canales (flujos unidireccionales)
7.3	Introducción a los métodos de perturbación
7.4	Flujo a bajos números de Reynolds
7.5	Aproximación de Stokes
7.6	Aspectos generales de microflujos
Unidad 8	**Teoría de capa límite**
8.1	Formalización del concepto de capa límite
8.2	Grosores de capa límite
8.3	Ecuaciones de capa límite
8.4	Capa límite sobre una placa plana: Solución de Balsius
8.5	Estabilidad de la capa límite
8.6	Flujo sobre obstáculos
Unidad 9	**Estabilidad y turbulencia**
9.1	Aspectos generales de estabilidad y bifurcaciones
9.2	Convección de Rayleigh-Bénard
9.3	Flujo de Couette
9.4	Transición a la turbulencia
9.5	La teoría de Kolmogorov
9.6	Esfuerzos de Reynolds y cerraduras
9.7	Modelos de turbulencia

Estrategias didácticas		Evaluación del aprendizaje	
Exposición	X	Exámenes parciales	X
Trabajo en equipo		Examen final	X
Lecturas	X	Trabajos y tareas	X
Trabajo de investigación	X	Presentación de tema	
Prácticas (taller o laboratorio)		Participación en clase	
Prácticas de campo		Asistencia	
Aprendizaje por proyectos		Rúbricas	
Aprendizaje basado en problemas	X	Portafolios	
Casos de enseñanza		Listas de cotejo	
Otras (especificar)		Otras (especificar)	

Bibliografía básica:

- An Introduction to Fluid Dynamics, G.K. Batchelor, Cambridge University Press, 2012
- Fundamental Mechanics of Fluids, I. G. Currie, McGraw-Hill, 1974
- Fluid Mechanics, L.D. Landau & E. M. Lifshiftz, 1987, Butterworth & Heinemann
- Fluid Dynamics for Physicists, T. A. Faber, 1995, Cambridge University Press
- Viscous Fluid Flow, F. K. White, 1991, McGraw-Hill

Bibliografía complementaria:

- Boundary-Layer Theory, H. Schlichting, K. Gersten, Springer, 2017
- A First Course in Turbulence, H. Tennekes, J L. Lumley, MIT Press, 1972

Perfil profesiográfico:

Quienes impartan esta actividad deberán contar con el grado de Maestro(a) o Doctor(a) o con la dispensa de grado otorgada por el Comité Académico, en alguna disciplina afín a los contenidos de esta actividad académica; experiencia académica o profesional relacionadas con la docencia en los campos del conocimiento del Programa. Tener producción académica o profesional reciente, demostrada con obra académica o profesional reconocida. Manejo y conocimiento de técnicas de enseñanza y aprendizaje.

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

PROGRAMA DE POSGRADO EN CIENCIAS FÍSICA
MAESTRÍA EN CIENCIAS (FÍSICA)

Principio de Diagnósticos en Plasmas					
Clave	**Semestre 2**	**Créditos 6**	**Campo de conocimiento**	**Medios Continuos**	
Modalidad	**Curso (x) Taller ( ) Lab ( ) Sem ( )**			**Tipo**	**T (x) P ( ) T/P ( )**
Carácter	**Obligatorio ( ) Optativo ()** **Obligatorio E (x) Optativo E ( )**			**Horas**	
Duración del programa	**Semestral**			**Semana**	**Semestre**
				Teóricas: 3	**48**
				Prácticas: 0	**0**
				Total: 3	**48**

Objetivo general:

El alumno se familiarizará con las técnicas empleadas para diagnosticar el plasma in-situ tanto en plasmas espaciales como del laboratorio, partiendo de los principios físicos.

Objetivos específicos:

- Aprender a determinar densidades y temperaturas en plasmas térmicos en plasmas de temperatura alta.
- Adquirir conocimientos precisos del empleo de los diagnósticos ópticos, las mediciones de corrientes, fluctuaciones en el campo magnético.
- Extraer información a partir de la radiación del plasma.

Índice temático

	Tema	**Horas semestre**	
		Teóricas	**Prácticas**
1	**Diagnósticos de campo magnético**	8	0
2	**Flujo de partículas de plasma**	8	0
3	**Medidas del Índice de Refracción**	8	0
4	**Emisión electromagnética de electrones libres**	8	0
5	**Radiación electromagnética de electrones ligados**	8	0
6	**Procesos de iones**	8	0
	Total	**48**	**0**
	Suma total de horas	**48**	

Contenido Temático	
	Tema y subtemas
Unidad 1	**Diagnósticos de campo magnético**
1.1	Mediciones de campo magnético
1.2	Fluctuaciones
Unidad 2	**Flujo de partículas de plasma**
2.1	Sondas en plasmas sin colisiones y sin campo magnético
2.2	Efectos del campo magnético
2.3	Aplicaciones
Unidad 3	**Medidas del Índice de Refracción**
3.1	Ondas electromagnéticas en plasmas
3.2	Medición de la densidad de electrones
3.3	Mediciones de campo magnético
3.4	Inversión de Abel
3.5	Reflectometría
Unidad 4	**Emisión electromagnética de electrones libres**
4.1	Radiación de cargas aceleradas
4.2	Radiación de ciclotrón
4.3	Radiación por interacción entre electrones e iones
Unidad 5	**Radiación electromagnética de electrones ligados**
5.1	Tipos de equilibrio
5.2	Coeficientes de reacción para procesos colisionales
5.3	Ensanchamiento de línea
5.4	Aplicaciones
5.5	Diagnósticos activos
Unidad 6	**Procesos de iones**
6.1	Análisis de partículas neutras
6.2	Diagnósticos de partículas cargadas

Estrategias didácticas		Evaluación del aprendizaje	
Exposición	x	Exámenes parciales	
Trabajo en equipo	x	Examen final	
Lecturas		Trabajos y tareas	x
Trabajo de investigación	x	Presentación de tema	x
Prácticas (taller o laboratorio)		Participación en clase	x
Prácticas de campo		Asistencia	
Aprendizaje por proyectos	x	Rúbricas	
Aprendizaje basado en problemas		Portafolios	
Casos de enseñanza		Listas de cotejo	
Otras (especificar)		Otras (especificar)	

Bibliografía básica:

- I. H. Hutchinson, Principles of Plasma Diagnostics. Cambridge University. Segunda Edición. 2007. W.
- Locote-Holtgreven, Plasma Diagnostics, American Institute of Physics, Nueva York, 1995.
- Bellan, P. M. Fundamentals of Plasma Physics, Cambridge University Press, 2006.
- Krall, N.A., Trivelpiece, A.W., Principles of plasma physics, McGraw Hill, N.Y., 1973.
- R. H. Huddlestone Plasma diagnostic techniques, Academic Press, 1965

Bibliografía complementaria:

- D.L. Eggleston, *Basic Electronics for Scientists and Engineers,* Cambridge University Press, 2011.

Perfil profesiográfico:
Quienes impartan esta actividad deberán contar con el grado de Maestro(a) o Doctor(a) o con la dispensa de grado otorgada por el Comité Académico, en alguna disciplina afín a los contenidos de esta actividad académica; experiencia académica o profesional relacionadas con la docencia en los campos del conocimiento del Programa. Tener producción académica o profesional reciente, demostrada con obra académica o profesional reconocida. Manejo y conocimiento de técnicas de enseñanza y aprendizaje.

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

PROGRAMA DE POSGRADO EN CIENCIAS FÍSICA
MAESTRÍA EN CIENCIAS (FÍSICA)

Teoría Cinética de Plasmas					
Clave	**Semestre 2**	**Créditos 8**	**Campo de conocimiento**	**Medios Continuos**	
Modalidad	**Curso (x) Taller ( ) Lab ( ) Sem ( )**			**Tipo**	**T (x) P ( ) T/P ( )**
Carácter	**Obligatorio ( ) Optativo ()** **Obligatorio E (x) Optativo E ( )**			**Horas**	
Duración del programa	**Semestral**			**Semana**	**Semestre**
				Teóricas: 4	**64**
				Prácticas: 0	**0**
				Total:	**64**

Objetivo general:
El alumno ampliará y profundizará sus conocimientos en los conceptos estudiados en el curso introductorio de física de plasmas.

Objetivos específicos:

- Conocer los fundamentos y las aplicaciones de la teoría cinética.
- Identificar las técnicas del estudio de los fenómenos no lineales en plasmas.

Índice temático

	Tema	**Horas semestre**	
		Teóricas	**Prácticas**
1	**Fundamentación de las ecuaciones de la teoría cinética**	7	0
2	**Ondas en plasmas en la teoría de Vlasov**	10	0
3	**Estabilidad en la teoría de Vlasov**	10	0
4	**Teoría cuasilineal de ondas e inestabilidades**	10	0
5	**Teoría de plasma no lineal**	10	0
6	**Fluctuaciones y radiación**	10	0
7	**Colisiones en teoría cinética y teoría macroscópica no lineal**	7	0
	Total	**64**	**0**
	Suma total de horas	**64**	

Contenido Temático	
	Tema y subtemas
Unidad 1	**Fundamentación de las ecuaciones de la teoría cinética**
1.1	Ecuación de Klimontovich. Ecuación de Liouville
1.2	Jerarquía BBGKY
1.3	Ecuación de Balescu-Vlasov
Unidad 2	**Ondas en plasmas en la teoría de Vlasov**
2.1	Ecuaciones de Vlasov linealizadas --- soluciones
2.2	Ondas electrostáticas (ondas de Langmuir y ion-acústicas)
2.3	Amortiguamiento de Landau
2.4	Ondas electromagnéticas (B=0)
2.5	Ondas en plasmas magnetizados
2.6	Electrostáticas
2.7	Electromagnéticas (ondas Bernstein de iones)
2.8	Ondas en plasmas inhomogéneos magnetizados (ondas de deriva)
2.9	Ondas BGK (ondas no lineales)
Unidad 3	**Estabilidad en la teoría de Vlasov**
3.1	El problema de estabilidad. Teorema de Newcomb-Gardner
3.2	Inestabilidades en plasmas fríos (I. de los corrientes) y en plasmas calientes (I. de chipote en la cola)
3.3	Criterio de estabilidad de Penrose y análisis de Nyquist
3.4	Inestabilidades en plasmas anisotrópicos
3.5	Magnetizado --- cono de pérdidas (electrostática)
3.6	No magnetizado --- "pinching" (electromagnéticas)
Unidad 4	**Teoría cuasilineal de ondas e inestabilidades**
4.1	Ecuaciones cuasilineales
4.2	Amortigumiento de Landau en teoría cuasilineal
4.3	Inestabilidades en teoría cuasilineal
Unidad 5	**Teoría de plasma no lineal**
5.1	Atrapamiento de electrones en una onda
5.2	Ecos de ondas de plasma
5.3	Interacción onda --- partícula no lineal
5.4	Turbulencia débil, inestabilidades paramétricas
5.5	Ondas no lineales
Unidad 6	**Fluctuaciones y radiación**
6.1	Fluctuaciones del campo eléctrico para una partícula de prueba
6.2	Arrastre y emisión de ondas (teorema de fluctuación --- disipación)
6.3	Electrostáticas
6.4	Electromagnéticas
6.5	Dispersión de radiación incoherente
6.6	Emisión de radiación de un plasma (sincrotrón, Cerenkov, cuerpo negro)
Unidad 7	**Colisiones en teoría cinética y teoría macroscópica no lineal**
7.1	Ecuaciones cinéticas incluyendo relajación colisional
7.2	Fenómenos de transporte en plasmas totalmente ionizados
7.3	Ondas de choque (colisionales y no colisionales)
7.4	Ondas solitarias (solitones)
7.5	Teoría de capa límite

Estrategias didácticas		Evaluación del aprendizaje	
Exposición	x	Exámenes parciales	x
Trabajo en equipo		Examen final	x
Lecturas	x	Trabajos y tareas	x
Trabajo de investigación		Presentación de tema	
Prácticas (taller o laboratorio)		Participación en clase	x
Prácticas de campo		Asistencia	
Aprendizaje por proyectos		Rúbricas	
Aprendizaje basado en problemas	x	Portafolios	
Casos de enseñanza		Listas de cotejo	
Otras (especificar)		Otras (especificar)	

Bibliografía básica:

- Bellan, P. M. *Fundamentals of Plasma Physics* , Cambridge University Press, 2006.
- Bittencourt, J.A. *Fundamentals of Plasma Physics* , Editado y publicado por el autor, Sao José dos Campos, 2003 (http://plasmaphysics.tripod.com.br)
- Goldston, R.J., Rutherford, P.H., *Introduction to plasma physics*, Institute of Physics Publ., Bristol, 1995.
- Dwigth R. Nicholson, *Introduction to Plasma Theory***.** Wiley, N.Y.,1983.
- Nicholas A. Krall, *Principles of Plasma Physics.* McGraw Hill, N.Y., 1973.

Bibliografía complementaria:

- Thomas H. Stix, *Waves in Plasmas.* AIP, N.Y., 1992.
- R. Balescu, *Statistical Mechanics of Charged particles***.** Wiley, N.Y., 1963.
- Claude W. Horton, and L.E. Reichl, *Statistical Physics and Chaos in Fusion Plasmas.* Wiley, N.Y.,1984.
- George Schmidt, *Physics of High Temperature Plasmas.* Academic Press, N.Y. 1979.
- Kenro Miyamoto *Plasma Physics for Nuclear Fusion.* MIT Press, Cambridge Mass., 1989.
- Glenn Bateman, *MHD Inestabilitites.* MIT Press, Cambridge Mass., 1980.

Perfil profesiográfico:

Quienes impartan esta actividad deberán contar con el grado de Maestro(a) o Doctor(a) o con la dispensa de grado otorgada por el Comité Académico, en alguna disciplina afín a los contenidos de esta actividad académica; experiencia académica o profesional relacionadas con la docencia en los campos del conocimiento del Programa. Tener producción académica o profesional reciente, demostrada con obra académica o profesional reconocida. Manejo y conocimiento de técnicas de enseñanza y aprendizaje.

ÓPTICA Y FOTÓNICA

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

PROGRAMA DE POSGRADO EN CIENCIAS FÍSICAS
MAESTRÍA EN CIENCIAS (FÍSICA)

Fundamentos de Fotónica						
Clave	**Semestre 2**	**Créditos 8**	**Campo de conocimiento**	**Óptica y Fotónica**		
Modalidad	**Curso (x) Taller ( ) Lab ( ) Sem ( )**			**Tipo**	**T (x) P ( ) T/P ( )**	
Carácter	**Obligatorio ( ) Optativo ( )** **Obligatorio E (x) Optativo E ( )**			**Horas**		
Duración del programa	**Semestral**			**Semana**	**Semestre**	
				Teóricas: 4	**64**	
				Prácticas: 0	**0**	
				Total: 4	**64**	

Objetivo general:
El alumno se iniciará en el conocimiento de los conceptos básicos de la óptica fotónica.

Objetivos específicos:

- Describir la propagación diferentes tipos de haces en el espacio libre y a través de componentes ópticos.
- Aprender la propagación de la luz en guías de onda y fibras ópticas.
- Conocer las diferentes configuraciones de resonadores ópticos.
- Identificar la interacción de fotones y átomos y la interacción de fotones con electrones y huecos.
- Comprender el funcionamiento de diferentes detectores de luz.
- Aprender los principios básicos de la electro-óptica y la acusto-optica

Índice temático

	Tema	**Horas semestre**	
		Teóricas	**Prácticas**
1	**Óptica de haces**	10	0
2	**Guías de onda**	8	0
3	**Fibras ópticas**	8	0
4	**Óptica de resonadores**	10	0
5	**Fotones y átomos**	4	0
6	**Fotones en semiconductores**	6	0
7	**Detectores semiconductores**	8	0
8	**Electro-óptica**	6	0
9	**Acusto-óptica**	4	0
	Total	**64**	**0**
	Suma total de horas	**64**	

Contenido Temático	
	Tema y subtemas
Unidad 1	**Óptica de haces**
1.1	El haz Gaussiano
1.2	Transmisión a través de componentes ópticos
1.3	Haces Hermite-Gaussiano y Laguerre-Gaussianos
1.4	Haces Bessel
Unidad 2	**Guías de onda**
2.1	Guías con espejos planos
2.2	Guías planas dieléctricas
2.3	Guías bidimensionales
2.4	Acoplamiento óptico en guías de onda
Unidad 3	**Fibras ópticas**
3.1	Fibras de índice escalonado
3.2	Fibras de gradiente de índice
3.3	Atenuación y dispersión
Unidad 4	**Óptica de resonadores**
4.1	Resonadores de espejos planos
4.2	Resonadores de espejos esféricos
Unidad 5	**Fotones y átomos**
5.1	Átomos, moléculas y sólidos
5.2	Interacción de fotones y átomos
5.3	Luz térmica
5.4	Luminescencia
Unidad 6	**Fotones en semiconductores**
6.1	Semiconductores
6.2	Interacción de fotones con electrones y huecos
6.3	Diodos emisores de luz
Unidad 7	**Detectores semiconductores**
7.1	Propiedades de detectores semiconductores
7.2	Fotoconductores
7.3	Fotodiodos
7.4	Fotodiodos de avalancha
Unidad 8	**Electro-óptica**
8.1	Principios de electro-óptica
8.2	Electro-óptica de medios anisotrópicos
8.3	Electro-óptica de cristales líquidos
8.4	Materiales fotorefractivos
Unidad 9	**Acusto-óptica**
9.1	Interacción de luz y sonido
9.2	Dispositivos acusto-ópticos

Estrategias didácticas		Evaluación del aprendizaje	
Exposición	x	Exámenes parciales	x
Trabajo en equipo		Examen final	
Lecturas	x	Trabajos y tareas	x
Trabajo de investigación		Presentación de tema	
Prácticas (taller o laboratorio)	x	Participación en clase	x
Prácticas de campo		Asistencia	x
Aprendizaje por proyectos		Rúbricas	
Aprendizaje basado en problemas	x	Portafolios	
Casos de enseñanza		Listas de cotejo	
Otras (especificar)		Otras (especificar)	

Bibliografía básica:

- B. E. A. Saleh and M.C. Teich, Fundamentals of Photonics (2nd or 3rd Edition), John Wiley and sons.
- A. E. Siegman, Lasers, University Science Books, 1986.
- A. Yariv, Quantum Electronics 3rd Edition, John Wiley and sons, 1989.
- B.E. A. Saleh and M.C. Teich, Fundamentals of Photonics Part II: Photonics, (3rd Edition), John Wiley and sons.
- A. Yariv, Pochi Yeh, Photonics: Optical Electronics in Modern Communications, The Oxford Series in Electrical and Computer Engineering)

Bibliografía complementaria:

- K.A. Jones, Introduction to optical electronics, John Wiley&Sons, 1991.
- A. Katzir, Lasers and optical fibers in medicine, Academic Press, 1993.
- Paras N. Prasad, Introduction to Biophotonics, Wiley-Interscience, 2003.

Perfil profesiográfico:

Quienes impartan esta actividad deberán contar con el grado de Maestro(a) o Doctor(a) o con la dispensa de grado otorgada por el Comité Académico, en alguna disciplina afín a los contenidos de esta actividad académica; experiencia académica o profesional relacionadas con la docencia en los campos del conocimiento del Programa. Tener producción académica o profesional reciente, demostrada con obra académica o profesional reconocida. Manejo y conocimiento de técnicas de enseñanza y aprendizaje.

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

PROGRAMA DE POSGRADO EN CIENCIAS FÍSICAS
MAESTRÍA EN CIENCIAS (FÍSICA)

Fundamentos de Óptica					
Clave	**Semestre** 2	**Créditos** 8	**Campo de conocimiento**	**Óptica y Fotónica**	
Modalidad	**Curso (x) Taller ( ) Lab ( ) Sem ( )**			**Tipo**	**T (x) P ( ) T/P ( )**
Carácter	**Obligatorio ( ) Optativo ( )** **Obligatorio E (x) Optativo E ( )**			**Horas**	
Duración del programa	**Semestral**			**Semana**	**Semestre**
				Teóricas: 4	**64**
				Prácticas: 0	**0**
				Total: 4	**64**

Objetivo general:

El alumno se iniciará en el conocimiento de los conceptos básicos de la óptica física y la óptica clásica, así como en sus aplicaciones.

Objetivos específicos:

- Aplicar las ecuaciones de Maxwell para el estudio de la propagación de ondas electromagnéticas en medios dieléctricos: homogéneos, inhomogéneos y anisotrópicos.
- Aprender los conceptos de velocidad de fase y velocidad de grupo.
- Entender la aproximación de la óptica geométrica, el concepto de rayos y los teoremas básicos de la óptica geométrica.
- Caracterizar los estados de polarización con parámetros de Stokes.
- Comprender la coherencia temporal y espacial.
- Sumar dos o más ondas de la misma frecuencia y de diferente frecuencia.
- Conocer los conceptos básicos de la óptica no lineal de segundo y tercer orden.

Índice temático

	Tema	**Horas semestre**	
		Teóricas	**Prácticas**
1	**Propiedades básicas del campo electromagnético**	14	0
2	**Fundamentos de óptica geométrica**	12	0
3	**Óptica de medios anisotrópicos y dispositivos polarizadores**	14	0
4	**Interferencia**	12	0
5	**Óptica no lineal**	12	0
	Total	**64**	**0**
	Suma total de horas	**64**	

Contenido Temático	
	Tema y subtemas
Unidad 1	**Propiedades básicas del campo electromagnético**
1.1	El campo electromagnético
1.2	La ecuación de onda y la velocidad de la luz
1.3	Ondas escalares
1.4	Ecuación paraxial y haz Gaussiano
1.5	Ondas electromagnéticas en medios dieléctricos
1.6	Polarización
1.7	Medios dispersivos
Unidad 2	**Fundamentos de óptica geométrica**
2.1	Aproximación para longitudes de onda corta
2.2	Propiedades generales de los rayos
2.3	Teoremas básicos de la óptica geométrica
Unidad 3	**Óptica de medios anisotrópicos y dispositivos polarizadores**
3.1	Optica de cristales
3.2	Actividad óptica y efecto Faraday
3.3	Cristales líquidos
3.4	Dispositivos polarizadores
Unidad 4	**Interferencia**
4.1	Coherencia espacial y temporal
4.2	Interferencia de dos ondas
4.3	Interferencia de múltiples ondas
Unidad 5	**Óptica no lineal**
5.1	Óptica no lineal de segundo orden
5.2	Óptica no lineal de tercer orden

Estrategias didácticas		**Evaluación del aprendizaje**	
Exposición	x	Exámenes parciales	x
Trabajo en equipo		Examen final	x
Lecturas		Trabajos y tareas	x
Trabajo de investigación		Presentación de tema	
Prácticas (taller o laboratorio)		Participación en clase	x
Prácticas de campo		Asistencia	x
Aprendizaje por proyectos		Rúbricas	
Aprendizaje basado en problemas	x	Portafolios	
Casos de enseñanza		Listas de cotejo	
Otras (especificar)		Otras (especificar)	

Bibliografía básica:

- J. D. Jackson, Classical electrodynamics 3rd. Edition, John Wiley and sons, 1999.
- B. E. A. Saleh and M.C. Teich, Fundamentals of photonics (2nd or 3rd Edition), John Wiley and sons.
- M. Born and E, Wolf, Principles of Optics 7th (expanded) Edition, Cambridge University Press, 1999
- Admon Jarvi and Pochi Yeh, Optical, Waves in Crystals, 1 st Edition, - JOHN WILEY & Sons, INC. 1983
- J. C. Diels and W. Rudolph, Ultrashort Laser Pulse Phenomenal, 1st Edition, Elsevier INC. 2006

Bibliografía complementaria:

- G.P. Agrawal, Nonlinear Fiber Optics, Academic Press, Inc. 1989.
- A. Newell & J. Moloney, Nonlinear Optics. Addison Wesley, 1992.
- E. Hetch, Optics. Addison-Wiley Inc. 1998.

Perfil profesiográfico:

Quienes impartan esta actividad deberán contar con el grado de Maestro(a) o Doctor(a) o con la dispensa de grado otorgada por el Comité Académico, en alguna disciplina afín a los contenidos de esta actividad académica; experiencia académica o profesional relacionadas con la docencia en los campos del conocimiento del Programa. Tener producción académica o profesional reciente, demostrada con obra académica o profesional reconocida. Manejo y conocimiento de técnicas de enseñanza y aprendizaje.

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

PROGRAMA DE POSGRADO EN CIENCIAS FÍSICAS
MAESTRÍA EN CIENCIAS (FÍSICA)

Introducción a la Óptica Cuántica					
Clave	**Semestre 2**	**Créditos 12**	**Campo de conocimiento**	**Óptica y Fotónica**	
Modalidad	**Curso (x) Taller ( ) Lab ( ) Sem ( )**			**Tipo**	**T () P ( ) T/P (x)**
Carácter	**Obligatorio ( ) Optativo ( )** **Obligatorio E (x) Optativo E ( )**			**Horas**	
Duración del programa	**Semestral**			**Semana**	**Semestre**
				Teóricas: 3	**48**
				Prácticas: 3	**48**
				Total: 6	**96**

Objetivo general:

El alumno adquirirá conocimientos básicos en el área de óptica cuántica, a través del estudio de las propiedades cuánticas de la luz y el tratamiento de su interacción con átomos.

Objetivos específicos:

- Entender la cuantización del campo electromagnético (CEM) y definición del fotón como cuanto del CEM.
- Introducir las clases fundamentales de estados de luz no clásica, incluyendo estados de Fock (número), estados coherentes, estados comprimidos.
- Estudiar la emisión y absorción de radiación por átomos, incluyendo los modelos de Rabi y de Jaynes-Cummings
- Introducir el concepto de enredamiento cuántico a partir de la paradoja EPR, y su estudio mediante desigualdes de Bell.
- Introducir algunos conceptos clave de la óptica no lineal y estudio de procesos paramétricos de generación de parejas de fotones.
- Introducir la distinción entre estados puros y estados mezcla, y estudio de luz térmica como ejemplo de estados mezcla.
- Introducir la coherencia cuántica de primer y segundo orden

Índice temático

	Tema	**Horas semestre**	
		Teóricas	**Prácticas**
1	Cuantización del campo electromagnético	6	4
2	Estados no-clásicos del campo electromagnético	4	4
3	Funciones de Cuasi-Probabilidad	4	4
4	Emisión y absorción de radiación por átomos	5	4
5	Breve introducción a la óptica no lineal	5	8
6	Procesos paramétricos espontáneos para la generación de parejas de fotones	4	4
7	Interferometría cuántica	5	4

8	Enredamiento cuántico	5	4
9	Teoría de coherencia cuántica	4	4
10	Estados mezcla	3	4
11	Tecnologías cuánticas	3	4
	Total	**48**	**48**
	Suma total de horas	**96**	

Contenido Temático	
	Tema y subtemas
Unidad 1	**Cuantización del campo electromagnético**
1.1	Derivación de la ecuación de onda
1.2	Solución de la ecuación de onda en una región cubica
1.3	Obtención del operador Hamiltoniano para el campo electromagnético
Unidad 2	**Estados no-clásicos del campo electromagnético**
2.1	Estados de Fock
2.2	Estados coherentes
2.3	Estados comprimidos
Unidad 3	**Funciones de Cuasi-Probabilidad**
3.1	Espacio fase en óptica cuántica
3.2	La función de Wigner
3.3	La función de Husimi-Kano (Función Q)
3.4	La función de Glauber-Sudarshan (Función P)
Unidad 4	**Emisión y absorción de radiación por átomos**
4.1	Interacción de un átomo con un campo clásico
4.2	Interacción de un átomo con un campo cuantizado
4.3	El modelo de Rabi
4.4	El modelo de Jaynes-Cummings
4.5	Estados vestidos
Unidad 5	**Breve introducción a la óptica no lineal**
5.1	Procesos ópticos no lineales de segundo orden
5.2	Procesos ópticos no lineales de tercer orden
5.3	Distinción entre procesos clásicos y cuánticos
Unidad 6	**Procesos paramétricos espontáneos para la generación de parejas de fotones**
6.1	El cuadro de interacción
6.2	Proceso de conversión paramétrica descendente
6.3	Proceso de mezclado de cuatro ondas espontáneo
6.4	Empatamiento de fases
Unidad 7	**Interferometría cuántica**
7.1	El divisor de haz cuántico
7.2	Detección homodina y aplicaciones de estados comprimidos
7.3	Interferencia de Hong Ou Mandel
7.4	Interferencia de Franson
Unidad 8	**Enredamiento cuántico**
8.1	La paradoja de Einstein Podolsky Rosen

8.2	El experimento pensado de Bohm para espín ½
8.3	No localidad y no realismo
8.4	Desigualdades de Bell
8.5	Correlaciones de polarización en parejas de fotones enredadas y violaciones de la desigualdad de Bell
Unidad 9	**Teoría de coherencia cuántica**
9.1	Coherencia temporal/espacial de primer orden
9.2	Coherencia temporal/espacial de segundo orden
9.3	Interferómetro de Hanbury Brown Twiss
9.4	Amontonamiento y anti-amontonamiento
Unidad 10	**Estados mezcla**
10.1	Funciones de estado y operadores de densidad
10.2	La luz térmica como ejemplo de estado mezcla
10.3	Distribución de Bose Einstein
10.4	Radiación de cuerpo negro
Unidad 11	**Tecnologías cuánticas**
11.1	Criptografía cuántica como ejemplo de una tecnología cuántica

Estrategias didácticas		**Evaluación del aprendizaje**	
Exposición	x	Exámenes parciales	x
Trabajo en equipo	x	Examen final	x
Lecturas	x	Trabajos y tareas	x
Trabajo de investigación		Presentación de tema	x
Prácticas (taller o laboratorio)		Participación en clase	
Prácticas de campo		Asistencia	
Aprendizaje por proyectos		Rúbricas	
Aprendizaje basado en problemas	x	Portafolios	
Casos de enseñanza		Listas de cotejo	
Otras (especificar)		Otras (especificar)	

Bibliografía básica:

- Quantum Theory of Light, Rodney Loudon (Oxford University Press, 1973).
- Introductory Quantum Optics, Christopher Gerry and Peter Knight (Cambridge University Press, New York, 2005).
- Optical Coherence and Quantum Optics, Leonard Mandel and Emil Wolf (Cambridge University Press, New York, 1995).
- Quantum Optics in Phase Space, Wolfgang P Schleich, Wiley- VCH (2015).
- Introduction to Quantum Optics, From Light Quanta to Quantum Teleportation, Harry Paul, Cambridge University Press 2004.

Bibliografía complementaria:

- Atoms, Molecules and Photons: An Introduction to Atomic-, Molecular- and Quantum Physics, Wolfgang Demtröder, Springer, 3rd ed. 2018

Perfil profesiográfico:

Quienes impartan esta actividad deberán contar con el grado de Maestro(a) o Doctor(a) o con la dispensa de grado otorgada por el Comité Académico, en alguna disciplina afín a los contenidos de esta actividad académica; experiencia académica o profesional relacionadas con la docencia en los campos del conocimiento del Programa. Tener producción académica o profesional reciente, demostrada con obra académica o profesional reconocida. Manejo y conocimiento de técnicas de enseñanza y aprendizaje.

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

PROGRAMA DE POSGRADO EN CIENCIAS FÍSICAS
MAESTRÍA EN CIENCIAS (FÍSICA)

Láseres y Optoelectrónica						
Clave	**Semestre** 2	**Créditos** 10	**Campo de conocimiento**	**Óptica y Fotónica**		
Modalidad	**Curso (x) Taller ( ) Lab ( ) Sem ( )**			**Tipo**	**T ( ) P ( ) T/P (x)**	
Carácter	**Obligatorio ( ) Optativo ( )** **Obligatorio E (x) Optativo E ( )**			**Horas**		
Duración del programa	**Semestral**			**Semana**	**Semestre**	
				Teóricas: 3	**48**	
				Prácticas: 2	**32**	
				Total: 5	**80**	

Objetivo general:
El alumno aprenderá los principios básicos de los láseres, como fuentes de luz en comparación con otras formas de radiación electromagnética.

Objetivos específicos:

- Llevar a cabo la caracterización de diferentes sistemas láser.
- Aprender el uso de dispositivos tales como detectores de potencia, anlizadores de espectro, fotodetectores rápidos interfometro en FAbry-Perot y Michelson, Ociloscopios analógicos y digital, así como técnicas de caracterización de pulsos ultracortos y algunas aplicaciones.
- Comprender los principios básicos de alineación de una cavidad de láser.

Índice temático

	Tema	**Horas semestre**	
		Teóricas	**Prácticas**
1	Seguridad Láser	8	2
2	Principios Básicos	8	10
3	Emisión Láser	8	4
4	Modificación de la emisión de salida	8	4
5	Principios de operación, diseño de diferentes tipos de Láseres (medios activos) y detectores	8	6
6	Aplicaciones	8	6
	Total	**48**	**32**
	Suma total de horas	**80**	

Contenido Temático	
	Tema y subtemas
Unidad 1	**Seguridad Láser**
1.1	Medidas preventivas básicas
1.2	Efectos en piel y ojos
1.3	Criterios de clasificación (Clases de láseres de acuerdo a riesgos en su manejo)
Unidad 2	**Principios Básicos**
2.1	Espectro Electromagnético
2.2	Radiación de Cuerpo Negro
2.3	Emisión Espontánea, Absorción y Emisión Estimulada
2.4	Coeficientes de Einstein
2.5	Ecuaciones de Población: sistemas de 3 y 4 niveles
2.6	Resonadores ópticos
2.7	Haces gaussianos
Unidad 3	**Emisión Láser**
3.1	Medio Activo: Ganancia de pequeña señal y saturación de ganancia
3.2	Modos Longitudinales y Transversales
3.3	Características de emisión (ancho de banda, direccionalidad, divergencia, coherencia, polarización)
3.4	Ensanchamiento de línea (Homogénea, In-homogénea)
Unidad 4	**Modificación de la emisión de salida**
4.1	Sintonización de la longitud de onda de emisión
4.2	Modo Pulsado: Q-Switch, Amarre de Modos (Activo y Pasivo)
4.3	Sistemas amplificados y de extracción intracavidad
4.4	Generación de pulsos ultracortos
4.5	Conversión de frecuencias por procesos ópticos no lineales
Unidad 5	**Principios de operación, diseño de diferentes tipos de Láseres (medios activos) y detectores**
5.1	Gas
5.2	Molecular
5.3	Semiconductor
5.4	Estado Sólido
5.5	Líquido
5.6	Fotodetectores, medidores de potencia y energía
Unidad 6	**Aplicaciones**
6.1	En la Ciencia
6.2	En la Industria
6.3	En la Medicina
6.4	En las Telecomunicaciones
6.5	En las Artes y Arqueología

Estrategias didácticas		Evaluación del aprendizaje	
Exposición	X	Exámenes parciales	X
Trabajo en equipo		Examen final	X
Lecturas	X	Trabajos y tareas	X
Trabajo de investigación		Presentación de tema	X
Prácticas (taller o laboratorio)		Participación en clase	X
Prácticas de campo		Asistencia	X
Aprendizaje por proyectos		Rúbricas	
Aprendizaje basado en problemas	X	Portafolios	
Casos de enseñanza		Listas de cotejo	

Otras (especificar)		Otras (especificar)	

Bibliografía básica:

- Silvafast, W.T., Laser Fundamentals, 1996, Cambridge University Press 2nd Edition
- O'Shea, D.C. et al, Introduction to Lasers and Their Applications, 1978, Addison-Wesley.
- Siegman, A., Lasers, University Science Books, 1986, The Maple-Vail Book Manufacturing Group
- Verdeyen, J.T., Laser Electronics, 1981, Prentice Hall
- Yariv, A., Introduction to Optical Electronics, Second Edition, 1976, Holt Rinehart and Winston
- Hecht, J., The laser Guidebook, 1986, McGraw-Hill
- Milloni, P.W, J.H. Eberly, Lasers, 1988, John Wiley and Sons
- Verdeyen, J.T., Laser Electronics, 1981, Prentice Hall
- Knoll, G.F, Radiation and Measurement, Third Edition, 2000, John Wiley and Sons
- Grumm, F. R.J. Becherer, Optical Radiation Measurements, VI, 1979, Academic Press
- Saleh B.E.A., Teich M.C., Fundamentals of photonics, second ed., 2007, John Wiley and Sons.

Bibliografía complementaria:

- Pedrotti F., Introduction to optics, second ed., 1993, Pretice Hall.
- Ghatak, A.K., K. Thyagarajan, Optical electronics, Cambridge University Press, 1989.
- Chang, W.S.C., Principles of lasers and optics, Cambridge University Press, 1995.
- Lyagushyn, S, Quantum Optics and Laser Experiments, InThech, 2012.
- Kenyon I.R., The light fantastic, A modern introduction to classical and quantum optics, Oxford University Press, 2008.

Perfil profesiográfico:

Quienes impartan esta actividad deberán contar con el grado de Maestro(a) o Doctor(a) o con la dispensa de grado otorgada por el Comité Académico, en alguna disciplina afín a los contenidos de esta actividad académica; experiencia académica o profesional relacionadas con la docencia en los campos del conocimiento del Programa. Tener producción académica o profesional reciente, demostrada con obra académica o profesional reconocida. Manejo y conocimiento de técnicas de enseñanza y aprendizaje.

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

PROGRAMA DE POSGRADO EN CIENCIAS FÍSICAS
MAESTRÍA EN CIENCIAS (FÍSICA)

Óptica de Fourier					
Clave	**Semestre 2**	**Créditos 8**	**Campo de conocimiento**	**Óptica y Fotónica**	
Modalidad	**Curso (x) Taller ( ) Lab ( ) Sem ( )**			**Tipo**	**T (x) P ( ) T/P ( )**
Carácter	**Obligatorio ( ) Optativo ( )** **Obligatorio E (x) Optativo E ( )**			**Horas**	
Duración del programa	**Semestral**			**Semana**	**Semestre**
				Teóricas: 4	**64**
				Prácticas: 0	**0**
				Total: 4	**64**

Objetivo general:

El alumno conocerá los conceptos de transformada Fourier y su aplicación en la óptica, así como, la formación de imágenes en sistemas coherentes e incoherentes y el concepto de coherencia óptica

Objetivos específicos:

- Calcular e interpretar el comportamiento de sistemas ópticos a través de manipulaciones en el espacio Fourier, en particular en el espacio de frecuencia espacial.
- Entender la teoría escalar de difracción y conocer las herramientas necesarias para calcular patrones de difracción en el campo lejano y en el campo cercano.
- Aprender el significado físico de las frecuencias espaciales y como se puede manipular imágenes en este espacio.

Índice temático

	Tema	**Horas semestre**	
		Teóricas	**Prácticas**
1	Propiedades de la transformada de Fourier	6	0
2	Sistemas lineales y convolución	6	0
3	Principios de difracción escalar	6	0
4	Difracción de Fraunhoffer	6	0
5	Difracción de Fresnel	6	0
6	Transformada de Fourier con una lente	6	0
7	Formación de imágenes en sistemas coherentes e incoherentes	6	0
8	La MTF de detectores pixelados	6	0
9	Filtraje espacial con el sistema 4f y luz coherente	6	0
10	Holografía y reconocimiento de patrones	5	0
11	Coherencia óptica	5	0
	Total	**64**	**0**
	Suma total de horas	**64**	

Contenido Temático	
	Tema y subtemas
Unidad 1	**Propiedades de la transformada de Fourier**
1.1	Definición de la transformada de Fourier en 1-D y 2D
1.2	La transformada inversa de Fourier
1.3	Linealidad de la transformada de Fourier
1.4	Teorema de corrimiento, teorema de cambio de posición, teorema de Parseva
Unidad 2	**Sistemas lineales y convolución**
2.1	Definición de un sistema lineal
2.2	Superposición y la definición de la convolución
2.3	Sistemas lineales e isoplanáticos
2.4	Funciones de transferencia
2.5	Teorema de muestreo
Unidad 3	**Principios de difracción escalar**
3.1	La aproximación escalar
3.2	Teorema de difracción de Huygens-Fresnel
3.3	Teorema de difracción de Fresnel-Kirchhoff
3.4	Condiciones de frontera de Kirchhoff, condición de radiación de Sommerfeld
3.5	Teorema de difracción de Rayleigh-Sommerfeld
Unidad 4	**Difracción de Fraunhoffer**
4.1	La relación del patrón de difracción de Fraunhoffer con la transformada de Fourier
4.2	Ejemplos de patrones de difracción de Fraunhoffer: rendijas, rejillas, abertura circular aberturas más complicadas
Unidad 5	**Difracción de Fresnel**
5.1	Integrales de seno y coseno
5.2	Ejemplos de patrones de difracción de Fresnel: borde, rendija
5.3	La transformada fraccional de Fourier
5.4	Efecto Talbot
Unidad 6	**Transformada de Fourier con una lente**
6.1	La aproximación de una lente delgada
6.2	La función de fase de una lente delgada
6.3	La transformada de Fourier con una lente delgada
Unidad 7	**Formación de imágenes en sistemas coherentes e incoherentes**
7.1	Formación de imágenes como un sistema lineal
7.2	Funciones de transferencia en sistemas coherentes e incoherentes
7.3	Función de transferencia de modulación, por sus siglas en inglés MTF (modulation transfer function)
7.4	Efecto de aberraciones en la MTF
Unidad 8	**La MTF de detectores pixelados**
8.1	La MTF de muestreo
8.2	La MTF del pixel
Unidad 9	**Filtraje espacial con el sistema 4f y luz coherente**
9.1	El sistema 4f
9.2	Filtros de amplitud
9.3	Filtros de fase, imágenes de contraste de fase
Unidad 10	**Holografía y reconocimiento de patrones**
10.1	Principios de holografía
10.2	Holografía de la transformada de Fourier

10.3	Filtros de Van der Lugt
10.4	Filtraje espacial con un filtro de Van der Lugt
10.5	Reconocimiento de patrones
Unidad 11	**Coherencia óptica**
11.1	Grado de coherencia mutua
11.2	Efecto del grado de coherencia mutua en visibilidad de franjas de interferencia
11.3	Medición del grado de coherencia mutua en espacio y tiempo
11.4	Teorema de Van Cittert-Zernike

Estrategias didácticas		**Evaluación del aprendizaje**	
Exposición	x	Exámenes parciales	x
Trabajo en equipo		Examen final	x
Lecturas	x	Trabajos y tareas	x
Trabajo de investigación		Presentación de tema	
Prácticas (taller o laboratorio)		Participación en clase	
Prácticas de campo		Asistencia	x
Aprendizaje por proyectos		Rúbricas	
Aprendizaje basado en problemas	x	Portafolios	
Casos de enseñanza		Listas de cotejo	
Otras (especificar)		Otras (especificar)	

Bibliografía básica:

- Goodman, J.W., Introduction to Fourier optics, 2da edición, McGraw-Hill, New York, 1996
- Steward, E.G., Fourier optics: an introduction, J. Wiley and Sons, New York, 1983.
- Gaskill, J.D., Linear systems, Fourier transforms, and optics, J. Wiley and Sons, New York, 1978.
- Reynolds, DeVelis, Parrent y Thompson, The new physical optics notebook: tutorials in Fourier optics, S.P.I.E., Bellingham, Washington, 1989.
- Born, M. y Wolf, E., Principles of optics, Pergamon, Oxford, 1970.

Bibliografía complementaria:

- Boreman, G.D., Modulation Transfer Function in Optical and Electro-Optical Systems, SPIE Press, Bellingham, Washington, 2001
- Diffraction, Fourier Optics and Imaging, Okan K. Ersoy, John Wiley & Sons, Inc. 2007.

Perfil profesiográfico:

Quienes impartan esta actividad deberán contar con el grado de Maestro(a) o Doctor(a) o con la dispensa de grado otorgada por el Comité Académico, en alguna disciplina afín a los contenidos de esta actividad académica; experiencia académica o profesional relacionadas con la docencia en los campos del conocimiento del Programa. Tener producción académica o profesional reciente, demostrada con obra académica o profesional reconocida. Manejo y conocimiento de técnicas de enseñanza y aprendizaje.

ACTIVIDADES OPTATIVAS (TÓPICOS AVANZADOS O ESPECIALIZADOS)

PARA TODOS LOS CAMPOS DE CONOCIMIENTO

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

PROGRAMA DE POSGRADO EN CIENCIAS FÍSICAS
MAESTRÍA EN CIENCIAS

Temas Selectos					
Clave	**Semestre:** **1, 2 o 3**	**Créditos:** **Variable entre 6 y 12**	**Campo de conocimiento**	**Todos**	
Modalidad	**Curso (X) Taller ( ) Lab ( ) Sem ( )**			**Tipo**	**T ( ) P ( ) T/P (x)**
Carácter	**Obligatorio () Optativo (x)** **Obligatorio E ( ) Optativo E ( )**			**Horas**	
Duración del programa	**semestral**			**Semana**	**Semestre**
				Teóricas	**Variable**
				Prácticas	**Variable**
				Total	**Variable**

Objetivo general:
El alumno conocerá los temas de actualidad y frontera en los diferentes campos de conocimiento ofertados en la Maestría en Ciencias (Física).

Objetivos específicos:
Aprender y profundizar sobre aspectos particulares de la Física de vanguardia para fomentar la inclusión de temas en desarrollo o de reciente aparición.

Índice temático

	Tema	**Horas semestre**	
		Teóricas	**Prácticas**
	Estas actividades tratarán aspectos particulares de un determinado tema de física de actualidad. Con la finalidad de fomentar la inclusión de temas en desarrollo o de reciente aparición. Estos cursos no contarán con temarios preestablecidos. Previo al inicio de cada semestre, los profesores interesados propondrán el temario del curso solicitado, el cual será revisado y en su caso aprobado o modificado por el Comité Académico.		
	Suma total de horas	**Variable**	

Contenido Temático	
	Tema y subtemas
	Estas actividades tratarán aspectos particulares de la Física de un determinado tema de actualidad. Con la finalidad de fomentar la inclusión de temas en desarrollo o de reciente aparición. Estos cursos no contarán con temarios preestablecidos. Previo al inicio de cada semestre, los profesores interesados propondrán el temario del curso solicitado, el cual será revisado y en su caso aprobado o modificado por el Comité Académico.

Estrategias didácticas		Evaluación del aprendizaje	
Exposición		Exámenes parciales	
Trabajo en equipo		Examen final	
Lecturas		Trabajos y tareas	
Trabajo de investigación		Presentación de tema	
Prácticas (taller o laboratorio)		Participación en clase	
Prácticas de campo		Asistencia	
Aprendizaje por proyectos		Rúbricas	
Aprendizaje basado en problemas		Portafolios	
Casos de enseñanza		Listas de cotejo	
Otras (especificar)		Otras (especificar)	

*Estas podrán variar dependiendo del tema a abordar en el tema selecto.

Bibliografía básica:

- La bibliografía dependerá del tema que se aborde en el tema selecto.

Bibliografía complementaria:

- La bibliografía dependerá del tema que se aborde en el tema selecto.

Perfil profesiográfico:

Quienes impartan esta actividad deberán contar con el grado de Maestro(a) o Doctor(a) o con la dispensa de grado otorgada por el Comité Académico, en alguna disciplina afín a los contenidos de esta actividad académica; experiencia académica o profesional relacionadas con la docencia en los campos del conocimiento del Programa. Tener producción académica o profesional reciente, demostrada con obra académica o profesional reconocida. Manejo y conocimiento de técnicas de enseñanza y aprendizaje.

FÍSICA CUÁNTICA, ATÓMICA Y MOLECULAR

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

PROGRAMA DE POSGRADO EN CIENCIAS FÍSICAS
MAESTRÍA EN CIENCIAS (FÍSICA)

Correlaciones Cuánticas					
Clave	**Semestre** 1, 2 o 3	**Créditos** 6	**Campo de conocimiento**	**Física Cuántica, Atómica y Molecular**	
Modalidad	**Curso (x) Taller ( ) Lab ( ) Sem ( )**			**Tipo**	**T (x) P ( ) T/P ( )**
Carácter	**Obligatorio ( ) Optativo (x)** **Obligatorio E ( ) Optativo E ( )**			**Horas**	
Duración del programa	**Semestral**			**Semana**	**Semestre**
				Teóricas: 3	**48**
				Prácticas: 0	**0**
				Total: 3	**48**

Objetivo general:
El alumno profundizará sus conocimientos sobre las definiciones de la información cuántica. Posteriormente estudiará la cuantificación del enlazamiento y las aplicaciones de cómputo cuántico y decoherencia

Objetivos específicos:

- Calcular diversas medidas de entrelazamiento cuántico.
- Aplicar los conocimientos adquiridos en sistemas de interés actual.

Índice temático

	Tema	**Horas semestre**	
		Teóricas	**Prácticas**
1	Definición de enlazamiento	4	0
2	Correlaciones tipo Bell	6	0
3	Medidas de enlazamiento	6	0
4	Enlazamiento en cómputo cuántico y otras correlaciones cuánticas	6	0
5	Decoherencia y la transición clásico-cuántico	8	0
6	Enlazamiento en variables continuas	8	0
7	Leyes de área y transiciones de fase	10	0
	Total	**48**	**0**
	Suma total de horas	**48**	

Contenido Temático	
	Tema y subtemas
Unidad 1	**Definición de enlazamiento**
1.1	Sistemas puros
1.2	Sistemas mixtos
1.3	Otras correlaciones cuánticas
Unidad 2	**Correlaciones tipo Bell**
2.1	Desigualdades de Bell
2.2	Estados GHZ
2.3	Pruebas tipo todo contra nada
Unidad 3	**Medidas de enlazamiento**
Unidad 4	**Enlazamiento en cómputo cuántico y otras correlaciones cuánticas**
Unidad 5	**Decoherencia y la transición clásico-cuántico**
Unidad 6	**Enlazamiento en variables continuas**
Unidad 7	**Leyes de área y transiciones de fase**

Estrategias didácticas		Evaluación del aprendizaje	
Exposición	x	Exámenes parciales	x
Trabajo en equipo		Examen final	x
Lecturas	X	Trabajos y tareas	x
Trabajo de investigación	x	Presentación de tema	
Prácticas (taller o laboratorio)		Participación en clase	x
Prácticas de campo		Asistencia	
Aprendizaje por proyectos		Rúbricas	
Aprendizaje basado en problemas		Portafolios	
Casos de enseñanza		Listas de cotejo	
Otras (especificar)		Otras (especificar)	

Bibliografía básica:

- Nielsen Michael A., Chuang Isaac L., Quantum Computation and Quantum Information, Cambridge University Press 2000.
- Ingemar Bengtsson and Karol yczkowski Geometry of Quantum States: An Introduction to Quantum Entanglement, Cambridge University Press 2006.
- Kaye Phillip, Laflamme Raymond, Mosca Michele, An Introduction to Quantum Computing, Oxford University Press 2007.
- Streitsov, Alexander, Quantum Correlations Beyond Entanglement, and their role in quantum information theory, Springer 2015.
- Haroche S, Raimond J M. Exploring the quantum: Atoms, cavities and photons, Oxford Graduate Texts, 2006.

Bibliografía complementaria:

- H.P. Breuer and F. Petruccione, The Theory of Open Quantum Systemas, Oxford University Press (2002)

Perfil profesiográfico:

Quienes impartan esta actividad deberán contar con el grado de Maestro(a) o Doctor(a) o con la dispensa de grado otorgada por el Comité Académico, en alguna disciplina afín a los contenidos de esta actividad académica; experiencia académica o profesional relacionadas con la docencia en los campos del conocimiento del Programa. Tener producción académica o profesional reciente, demostrada con obra académica o profesional reconocida. Manejo y conocimiento de técnicas de enseñanza y aprendizaje.

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

PROGRAMA DE POSGRADO EN CIENCIAS FÍSICAS
MAESTRÍA EN CIENCIAS (FÍSICA)

Física atómica II					
Clave	**Semestre** 1, 2 o 3	**Créditos** 8	**Campo de conocimiento**	**Física Cuántica, Atómica y Molecular**	
Modalidad	**Curso (x) Taller ( ) Lab ( ) Sem ( )**			**Tipo**	**T (x) P ( ) T/P ( )**
Carácter	**Obligatorio ( ) Optativo (x)** **Obligatorio E ( ) Optativo E ( )**			**Horas**	
Duración del programa	**Semestral**			**Semana**	**Semestre**
				Teóricas: 4	**64**
				Prácticas: 0	**0**
				Total: 4	**64**

Objetivo general:

El alumno profundizará y ampliará los conocimientos fundamentales de la física atómica, enfocándose principalmente en las aplicaciones de ésta, en los distintos temas de frontera.

Objetivos específicos:

- Leer y analizar artículos de investigación actualizados, relevantes, sobre temas de gran interés en Física Atómica contemporánea.

Índice temático

	Tema	**Horas semestre**	
		Teóricas	**Prácticas**
1	**Enfriamiento atómico**	16	0
2	**Confinamiento de átomos**	16	0
3	**Espectroscopia**	16	0
4	**Efectos no lineales**	16	0
	Total	**64**	**0**
	Suma total de horas	**64**	

Contenido Temático	
	Tema y subtemas
Unidad 1	**Enfriamiento atómico**
1.1	Condensación de Bose-Einstein

1.2	Efecto de las interacciones en condensados de Bose-Einstein y en sistemas fermiónicos a bajas temperaturas
Unidad 2	**Confinamiento de átomos**
2.1	Trampa de Paul
2.2	Trampa de Penning
2.3	Trampas magneto ópticas
2.4	Redes ópticas
Unidad 3	**Espectroscopia**
3.1	Interacción radiación - materia
3.2	Matriz de densidad
3.3	Ecuaciones de Bloch
3.4	Ecuación de Lindblad
Unidad 4	**Efectos no lineales**
4.1	Transparencia inducida electromagnéticamente (EIT)
4.2	Medio de Kerr
4.3	X^3

Estrategias didácticas		**Evaluación del aprendizaje**	
Exposición	x	Exámenes parciales	x
Trabajo en equipo		Examen final	x
Lecturas	x	Trabajos y tareas	x
Trabajo de investigación	x	Presentación de tema	
Prácticas (taller o laboratorio)		Participación en clase	
Prácticas de campo		Asistencia	
Aprendizaje por proyectos		Rúbricas	
Aprendizaje basado en problemas	x	Portafolios	
Casos de enseñanza		Listas de cotejo	
Otras (especificar)		Otras (especificar)	

Bibliografía básica:

- Haroche S., Raimond J. M., Exploring the Quantum, Atoms Cavities and Photons, Oxford University Press 2006.
- Breuer H. P., Petruccione F., The Theory of Open Quantum Systems, Clarendon Press, Oxford 2002.
- M Auzinsh, D Budker, SM Rochester, Optically Polarized Atoms, Oxford University Press 2010
- Vasant Natarajan, Modern Atomic Physics, CRC Press 2015
- Harald Friedrich, Theoretical Atomic Physics, Springer, 1998

Bibliografía complementaria:

- Optical Coherence and Quantum Optics, Leonard Mandel and Emil Wolf (Cambridge University Press, New York, 1995)
- JJ Sakurai, Jim Napolitano, Modern Quantum Mechanics, 2nd Edition Addison Wesley 2011.

Perfil profesiográfico:

Quienes impartan esta actividad deberán contar con el grado de Maestro(a) o Doctor(a) o con la dispensa de grado otorgada por el Comité Académico, en alguna disciplina afín a los contenidos de esta actividad académica; experiencia académica o profesional relacionadas con la docencia en los campos del conocimiento del Programa. Tener producción académica o profesional reciente, demostrada con obra académica o profesional reconocida. Manejo y conocimiento de técnicas de enseñanza y aprendizaje.

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

PROGRAMA DE POSGRADO EN CIENCIAS FÍSICAS
MAESTRÍA EN CIENCIAS (FÍSICA)

Información Cuántica					
Clave	**Semestre 1, 2 o 3**	**Créditos 12**	**Campo de conocimiento**	**Física Cuántica, Atómica y Molecular**	
Modalidad	**Curso (x) Taller ( ) Lab ( ) Sem ( )**		**Tipo**	**T (x) P ( ) T/P ( )**	
Carácter	**Obligatorio ( ) Optativo (x)** **Obligatorio E ( ) Optativo E ( )**		**Horas**		
Duración del programa	**Semestral**		**Semana**	**Semestre**	
			Teóricas: 6	**96**	
			Prácticas: 0	**0**	
			Total: 6	**96**	

Objetivo general:
El alumno entenderá los conceptos fundamentales y adquirirá las herramientas necesarias para estudiar fenómenos de información, de transferencia y manipulación de información, y de computación cuánticas, así como de conocer a detalle sus ventajas sobre la manipulación de información clásica.

Objetivos específicos:

- Utilizar operadores de densidad, técnicas de medición y en particular aquellas en las que el sistema está en interacción con el entorno.
- Aprender a trabajar con compuertas lógicas y diseño de algoritmos computacionales,
- Conocer los fenómenos como el enredamiento y la teleportación.
- Identificar las técnicas de codificación de información y corrección de errores al transmitirlas, todo ello dentro del formalismo de la mecánica cuántica (y su comparación y ventajas con el caso clásico).

Índice temático

	Tema	**Horas semestre**	
		Teóricas	**Prácticas**
1	**Motivación**	9	0
2	**Operadores**	9	0
3	**Operador de densidad**	9	0
4	**Medición en la mecánica cuántica**	12	0
5	**Enredamiento y elementos de la teoría de la información cuántica**	12	0
6	**Compuertas lógicas cuánticas**	9	0
7	**Algoritmos cuánticos**	9	0
8	**Teleportación y codificación superdensa**	9	0
9	**Criptografía cuántica**	9	0
10	**Ruido cuántico y corrección de errores**	9	0
	Total	**96**	**0**
	Suma total de horas	**96**	

Contenido Temático	
	Tema y subtemas
Unidad 1	**Motivación**
1.1	Necesidad de la computación cuántica
1.2	Información clásica
1.3	Compuertas clásicas
1.4	Entropía de Shannon
Unidad 2	**Operadores**
2.1	Producto interno y espacios de Hilbert
2.2	Esfera de Bloch y producto tensorial
2.3	q-bits
2.4	Observables y operadores hermitianos
2.5	Operadores unitarios
2.6	Descomposición espectral
2.7	Producto exterior
2.8	Operadores de Pauli
2.9	Valores de expectación
2.10	Principio de Heisenberg
Unidad 3	**Operador de densidad**
3.1	Operador de densidad para estados puros
3.2	Evolución temporal del operador de densidad
3.3	Operador de densidad para estados mixtos
3.4	Operador reducido
Unidad 4	**Medición en la mecánica cuántica**
4.1	Mediciones proyectivas
4.2	Mediciones de sistemas compuestos
4.3	Medidas positivas (POVM)
Unidad 5	**Enredamiento y elementos de la teoría de la información cuántica**
5.1	Sistemas enredados
5.2	Base de Bell
5.3	Representación de Pauli
5.4	Fidelidad
5.5	Concurrencia
5.6	Contenido de información y entropía
Unidad 6	**Compuertas lógicas cuánticas**
6.1	Compuertas de 1 q-bit
6.2	Compuertas controladas y generación de enredamiento
6.3	Compuertas universales
Unidad 7	**Algoritmos cuánticos**
7.1	Diagramas de circuitos cuánticos
7.2	Algoritmos de Deutsch y Deutsch-Josza
7.3	Algoritmo de estimación de fases
7.4	Transformada cuántica de Fourier
7.5	Algoritmo de cálculo de eigenvalores
7.6	Algoritmo de Shor
7.7	Algoritmo de Grover
7.8	Simulación cuántica de la ecuación de Schr¨odinger
Unidad 8	**Teleportación y codificación superdensa**
Unidad 9	**Criptografía cuántica**

9.1	Encripción
9.2	Protocolo BB84
9.3	Protocolo B92
9.4	Protocolo E91
9.5	Teorema de no-clonación
Unidad 10	**Ruido cuántico y corrección de errores**
10.1	Corrección clásica de errores
10.2	Contraseña clásica de 3 bits
10.3	Modelo de errores para computación cuántica
10.4	Codificación cuántica de 3 y 9 q-bits

Estrategias didácticas		Evaluación del aprendizaje	
Exposición	x	Exámenes parciales	x
Trabajo en equipo	x	Examen final	x
Lecturas	x	Trabajos y tareas	x
Trabajo de investigación		Presentación de tema	x
Prácticas (taller o laboratorio)		Participación en clase	
Prácticas de campo		Asistencia	
Aprendizaje por proyectos		Rúbricas	
Aprendizaje basado en problemas	x	Portafolios	
Casos de enseñanza		Listas de cotejo	
Otras (especificar)		Otras (especificar)	

Bibliografía básica:

- Benenti G., Casati G., Strini G.: Principles of Quantum Computation and Information, vol. I, World Scientic (2005).
- McMahon D.: Quantum Computing Explained, Wiley (2008).
- Nakahara M., Ohmi T.: Quantum Computing, From Linear Algebra to Physical realizations, CRC Press (2008).
- Nielsen M.A., Chuang, I.L.: Quantum Computation and Quantum Information, Cambridge University Press (2001).
- Mermin D., Quantum Computation Lecture Notes,
- http://people.ccmr.cornell.edu/mermin/gcomp/CS483.html

Bibliografía complementaria:

- Preskill, J., Quantum Computation Lecture Notes, http://www.theory.caltech.edu/people/preskill/ph229/lecture.

Perfil profesiográfico:

Quienes impartan esta actividad deberán contar con el grado de Maestro(a) o Doctor(a) o con la dispensa de grado otorgada por el Comité Académico, en alguna disciplina afín a los contenidos de esta actividad académica; experiencia académica o profesional relacionadas con la docencia en los campos del conocimiento del Programa. Tener producción académica o profesional reciente, demostrada con obra académica o profesional reconocida. Manejo y conocimiento de técnicas de enseñanza y aprendizaje.

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

PROGRAMA DE POSGRADO EN CIENCIAS FÍSICAS
MAESTRÍA EN CIENCIAS (FÍSICA)

Óptica Cuántica					
Clave	**Semestre** **1, 2 o 3**	**Créditos** **8**	**Campo de conocimiento**	**Física Cuántica, Atómica y Molecular**	
Modalidad	**Curso (x) Taller ( ) Lab ( ) Sem ( )**			**Tipo**	**T (x) P ( ) T/P ( )**
Carácter	**Obligatorio ( ) Optativo (x)** **Obligatorio E () Optativo E ( )**			**Horas**	
Duración del programa	**Semestral**			**Semana**	**Semestre**
				Teóricas: 4	**64**
				Prácticas: 0	**0**
				Total: 4	**64**

Objetivo general:

El alumno estudiará las aplicaciones de la mecánica cuántica a fenómenos relacionados con la luz y su interacción con la materia. Entenderá los elementos básicos de la fenomenología estadística de la luz, tanto desde el punto de vista clásico como cuántico. Dará énfasis a la interacción de la luz con su entorno material y sus consecuencias, en particular las relacionadas con la decoherencia cuántica, y se introducirá en los conceptos asociados a fenómenos ópticos colectivos.

Objetivos específicos:

- Entender la cuantización del campo electromagnético (CEM) y definición del fotón como cuanto del CEM.
- Introducir las clases fundamentales de estados de luz no clásica, incluyendo estados de Fock (número), estados coherentes, y estados comprimidos.
- Estudiar la emisión y absorción de radiación por átomos, incluyendo los modelos de Rabi y de Jaynes-Cummings
- Incorporar el concepto de enredamiento cuántico a patir de la paradoja EPR, y su estudio mediante desigualdes de Bell.
- Introducir algunos conceptos clave de la óptica no lineal y estudio de procesos paramétricos de generación de parejas de fotones.
- Establecer la distinción entre estados puros y estados mezcla, y estudio de luz térmica como ejemplo de estados mezcla.
- Introducir la coherencia cuántica de primer y segundo orden.

Índice temático			
	Tema	**Horas semestre**	
		Teóricas	**Prácticas**
1	**Coherencia clásica y cuántica**	**12**	**0**
2	**Láseres y amplificadores**	**14**	**0**
3	**Ruido cuántico**	**13**	**0**
4	**Efectos colectivos**	**13**	**0**
5	**Temas avanzados de óptica contemporánea**	**12**	**0**
	Total	**64**	**0**
	Suma total de horas	**64**	

Contenido Temático	
	Tema y subtemas
Unidad 1	**Coherencia clásica y cuántica**
1.1	Propiedades estadísticas de la luz clásica
1.2	Coherencia y funciones de correlación clásicas
1.3	Cuantización del campo electromagnético y estados cuánticos de la luz (estados de Fock, estados coherentes y estados comprimidos)
1.4	Funciones características. Distribuciones de probabilidad y cuasi probabilidad
1.5	Funciones de correlación cuánticas
Unidad 2	**Láseres y amplificadores**
2.1	El concepto de láser
2.2	Teoría semiclásica
2.3	Teoría cuántica
2.4	Estadística de fotones
2.5	Amplificación de señales ópticas. Amplificadores paramétricos y osciladores
Unidad 3	**Ruido cuántico**
3.1	Sistemas cuánticos abiertos
3.2	Interacción radiación materia. Modelo básico con átomos de dos niveles
3.3	Ecuaciones maestras
3.4	Decoherencia cuántica
Unidad 4	**Efectos colectivos**
4.1	Superradiancia
4.2	Ecos fotónicos
4.3	Transparencia autoinducida
Unidad 5	**Temas avanzados de óptica contemporánea**
5.1	Utilidad potencial y actual de la óptica cuántica para la implementación de algoritmos de información cuántica
5.2	Electrodinámica cuántica en cavidades
5.3	Condensados de Bose-Einstein: comparaciones entre in- terferómetría atómica y óptica
5.4	Óptica cuántica con haces estructurados

Estrategias didácticas		Evaluación del aprendizaje	
Exposición	x	Exámenes parciales	x
Trabajo en equipo	x	Examen final	x
Lecturas	x	Trabajos y tareas	x
Trabajo de investigación		Presentación de tema	
Prácticas (taller o laboratorio)		Participación en clase	
Prácticas de campo		Asistencia	
Aprendizaje por proyectos		Rúbricas	
Aprendizaje basado en problemas	x	Portafolios	
Casos de enseñanza		Listas de cotejo	
Otras (especificar)		Otras (especificar)	

Bibliografía básica:

- Quantum Statistical Properties of Radiation. W. H. Louisell, Wi- ley (1974).
- Optical Coherence and Quantum Optics. L. Mandel y E. Wolf, Cambridge U.P. (1995).
- A guide to experiments in Quantum Optics H. A. Bachor y T. C. Ralph, Wiley-VCH (2004).
- Atom Photon Interactions C. Cohen Tannoudji, J. Dupont-Roc, G. Grynberg, Wiley-VCH (2004).
- Statistical Methods in Quantum Optics I H. J. Carmichael, Springer Verlag Berlin (2002).

Bibliografía complementaria:

- Quantum Optics in Phase Space, Wolfgang P Schleich, Wiley- VCH (2015)

Perfil profesiográfico:

Quienes impartan esta actividad deberán contar con el grado de Maestro(a) o Doctor(a) o con la dispensa de grado otorgada por el Comité Académico, en alguna disciplina afín a los contenidos de esta actividad académica; experiencia académica o profesional relacionadas con la docencia en los campos del conocimiento del Programa. Tener producción académica o profesional reciente, demostrada con obra académica o profesional reconocida. Manejo y conocimiento de técnicas de enseñanza y aprendizaje.

FÍSICA DE ALTAS ENERGÍAS, FÍSICA NUCLEAR, GRAVITACIÓN Y FÍSICA MATEMÁTICA

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

PROGRAMA DE POSGRADO EN CIENCIAS FÍSICAS
MAESTRÍA EN CIENCIAS (FÍSICA)

Aplicaciones Astrofísicas y Cosmológicas de la Relatividad General					
Clave	**Semestre 1, 2 o 3**	**Créditos 8**	**Campo de conocimiento**	**Física de Altas Energías, Física Nuclear, Gravitación y Física Matemática**	
Modalidad	**Curso (X) Taller ( ) Lab ( ) Sem ( )**			**Tipo**	**T (X) P ( ) T/P ()**
Carácter	**Obligatorio ( ) Optativo (X)** **Obligatorio E ( ) Optativo E ( )**			**Horas**	
Duración del programa	**Semestral**			**Semana**	**Semestre**
				Teóricas: 4	**Teóricas: 64**
				Prácticas: 0	**Prácticas: 0**
				Total: 4	**Total: 64**

Objetivo general:

El alumno adquirirá conocimientos avanzados de las aplicaciones de la relatividad general en la astrofísica y la cosmología, obteniendo así, una mayor visión de los aspectos más relevantes de esta materia en el contexto de la investigación actual.

Objetivos específicos:

- Introducir al alumno a aquellas aplicaciones de la relatividad general que pueden ser comparadas directamente con los resultados de las observaciones a gran escala y a nivel de galaxias y objetos compactos.
- Identificar los datos observacionales que de manera indirecta han probado la existencia de ondas gravitacionales.

Índice temático

	Tema	**Horas semestre**	
		Teóricas	**Prácticas**
1	**Relatividad General**	8	0
2	**Objetos compactos**	10	0
3	**Ondas y radiación Gravitacional**	12	0
4	**Cosmología teórica y observacional**	9	0
5	**Inflación cósmica**	9	0
6	**Radiación Cósmica de Fondo**	8	0
7	**Formación de estructura**	8	0
	Total	**64**	**0**
	Suma total de horas	**64**	

Contenido Temático	
	Tema y subtemas
Unidad 1	**Relatividad General**
1.1	Espacios tiempo curvos
1.2	Ecuaciones de Einstein
Unidad2	**Objetos compactos**
2.1	Estrellas de neutrones
2.2	Enanas blancas
2.3	Límite de Chandrasekhar
2.4	Aujeros negros
2.5	Soluciones de Schwarzschild y de Kerr
2.6	Acreción
2.7	Colapso gravitacional
Unidad3	**Ondas y radiación Gravitacional**
3.1	Campo débil
3.2	Interacción de las ondas gravitacionales con la materia
3.3	Generación de ondas gravitacionales
3.4	Formalismo cuadrupolar
3.5	Detección
Unidad 4	**Cosmología teórica y observacional**
4.1	Modelo estándar: Etapas de evolución cósmica
4.2	Nucleosíntesis primordial
4.3	Materia y Energía oscuras
4.4	Parámetros cosmológicos
Unidad 5	**Inflación cósmica**
5.1	Solución a problemas del modelo estándar
5.2	Perturbaciones cuánticas primordiales y modelos inflacionarios
5.3	Agujeros negros primordiales y recalentamiento
Unidad 6	**Radiación Cósmica de Fondo**
6.1	Ecuaciones de difusión y Jerarquía de Boltzmann
6.2	Espectros de Temperatura y polarización
Unidad 7	**Formación de estructura**
7.1	Perturbaciones del modelo estándar: Normas y cantidades invariantes
7.2	Perturbaciones a segundo orden en LCDM y desplazamiento de partículas
7.3	Oscilaciones acústicas de bariones
7.4	Modelos no-perturbativos de formación de estructura y observables en sondeos de galaxias

Estrategias didácticas		Evaluación del aprendizaje	
Exposición		Exámenes parciales	X
Trabajo en equipo		Examen final	X
Lecturas	X	Trabajos y tareas	X
Trabajo de investigación	X	Presentación de tema	X
Prácticas (taller o laboratorio)		Participación en clase	
Prácticas de campo		Asistencia	
Aprendizaje por proyectos		Rúbricas	
Aprendizaje basado en problemas		Portafolios	
Casos de enseñanza		Listas de cotejo	
Otras (especificar)		Otras (especificar)	

Bibliografía básica:

- R. M. Wald, General Relativity, Chicago, Usa: Univ. Pr. (1984) 491p
- J. B. Hartle, An introduction to Einstein's general relativity, San Francisco, USA: Addison-Wesley (2003) 582 p
- D. H. Lyth and A. R. Liddle, The primordial density perturbation: Cosmology, inflation and the origin of structure, Cambridge, UK: Cambridge Univ. Pr. (2009) 497 p
- Eric Poisson, *A Relativist's Toolkit: The Mathematics of Black-Hole Mechanics*, Cambridge University Press, 2007.
- G. F. R. Ellis, R. Maartens, M. A. H. MacCallum, Relativistic Cosmology, Cambridge, UK: Cambridge Univ. Pr. (2012) 634 p

Bibliografía Complementaria:

- B. F.Schutz, A First Course In General Relativity, Cambridge, Uk: Univ. Pr. (1985) 376p
- Carroll S. M., *Spacetime and Geometry: An Introduction to General Relativity*, Addison Wesley, 2004.
- D'Inverno R., *Introducing Einstein's Relativity*, Clarendon Press, 1992.

Perfil profesiográfico:

Quienes impartan esta actividad deberán contar con el grado de Maestro(a) o Doctor(a) o con la dispensa de grado otorgada por el Comité Académico, en alguna disciplina afín a los contenidos de esta actividad académica; experiencia académica o profesional relacionadas con la docencia en los campos del conocimiento del Programa. Tener producción académica o profesional reciente, demostrada con obra académica o profesional reconocida. Manejo y conocimiento de técnicas de enseñanza y aprendizaje.

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

PROGRAMA DE POSGRADO EN CIENCIAS FÍSICAS
MAESTRÍA EN CIENCIAS (FÍSICA)

Aspectos Geométricos de la Mecánica Cuántica					
Clave	**Semestre 1, 2 o 3**	**Créditos** 8	**Campo de conocimiento**	**Física de Altas Energías, Física Nuclear, Gravitación y Física Matemática**	
Modalidad	**Curso (**X**) Taller ( ) Lab ( ) Sem ( )**			**Tipo**	**T (** X**) P ( ) T/P ( )**
Carácter	**Obligatorio ( ) Optativo (X)** **Obligatorio E ( ) Optativo E ( )**			**Horas**	
Duración del programa	**Semestral**			**Semana**	**Semestre**
				Teóricas: 4	**Teóricas: 6**4
				Prácticas: 0	**Prácticas:** 0
				Total: 4	**Total: 6**4

Objetivo general:

El alumno se familiarizará con la visión geométrica de la mecánica cuántica, la cual permite avances importantes en varias ramas de la física teórica, como gravedad cuántica, cómputo cuántico, física matemática, y estado sólido, entre otros.

Objetivos específicos:

- Estudiar la geometría del espacio de estados cuánticos y de los operadores que actúan sobre ellos.
- Desarrollar el conocimiento y habilidades necesarias para la descripción geométrica de conceptos fundamentales cuánticos, en particular el enredamiento multipartita.

Índice temático

	Tema	**Horas semestre**	
		Teóricas	**Prácticas**
1	Antecedentes geométricos	4	0
2	Aspectos Geométricos de Distribuciones de Probabilidad	4	0
3	Esferas e Hipercubos	4	0
4	Espacios Proyectivos Complejos	6	0
5	Aspectos geométricos de la Mecánica Cuántica	10	0
6	Estados Coherentes y Acciones de Grupos	4	0
7	La Representación Estelar de Majorana	6	0
8	El Espacio de Matrices de Densidad	6	0
9	Purificación de Estados Cuánticos Mixtos	4	0
10	Operaciones Cuánticas	6	0
11	Enredamiento Cuántico	10	0
	Total	**64**	**0**
	Suma total de horas	**64**	

Contenido Temático	
	Tema y subtemas
Unidad 1	**Antecedentes geométricos**
1.1	Conjuntos convexos
1.2	Teoremas de Minkowski y de Caratheodory
1.3	Funciones convexas
1.4	Símplices
1.5	Métricas
1.6	Geometría de distribuciones de probabilidad
Unidad 2	**Aspectos Geométricos de Distribuciones de Probabilidad**
2.1	Majorización y ordenamiento parcial
2.2	Matrices estocásticas y bistocásticas
2.3	Lema de Hardy-Littlewood-Polya
2.4	Lema de Horn
2.5	Teorema de Birkhoff
2.6	Entropía de Shannon
2.7	Entropía relativa
2.8	La métrica de Fisher-Rao
2.9	Entropías generalizadas
Unidad 3	**Esferas e Hipercubos**
3.1	Propiedades de esferas e hipercubos en altas dimensiones
3.2	Variedades complejas, hermíticas y de Kahler
3.3	Variedades simplécticas
3.4	La fibración de Hopf
3.5	Haces fibrados y conexiones
3.6	La 3-esfera como un grupo
Unidad 4	**Espacios Proyectivos Complejos**
4.1	Geometría proyectiva compleja
4.2	El encajamiento de Segre
4.3	La métrica de Fubini-Study
4.4	Visualización del espacio proyectivo
4.5	Grassmannianas
Unidad 5	**Aspectos geométricos de la Mecánica Cuántica**
5.1	Formulación hamiltoniana de mecánica cuántica
5.2	El papel de la estructura de Kahler
5.3	Deformaciones, gravitación y cuántica
Unidad 6	**Estados Coherentes y Acciones de Grupos**
6.1	Estados coherentes canónicos
6.2	Distribuciones de cuasi-probabilidad
6.3	Estados coherentes de Bloch
6.4	Estados coherentes de SU(3)
Unidad 7	**Representación estelar de Majorana**
7.1	Representación estelar de Majorana
7.2	Estados coherentes y órbitas
7.3	La función de Husimi
7.4	Entropía de Wehrl y la conjetura de Lieb
7.5	El problema de transporte y la distancia de Monge
Unidad 8	**El Espacio de Matrices de Densidad**
8.1	Espacio de Hilbert-Schmidt y operadores positivos
8.2	El conjunto de estados mixtos
8.3	El espacio de matrices de densidad como un conjunto convexo

8.4	Estratificación
Unidad 9	**Purificación de Estados Cuánticos Mixtos**
9.1	Productos tensoriales y reducción de estado
9.2	La descomposición de Schmidt
9.3	Purificación de estados y el haz fibrado de Hilbert-Schmidt
9.4	La métrica de Bures
Unidad 10	**Operaciones Cuánticas**
10.1	Mediciones y POVMs
10.2	Mapeos positivos
10.3	Propiedades espectrales
10.4	Mapeos unitarios y bistocásticos
Unidad 11	**Enredamiento Cuántico**
11.1	El concepto de enredamiento y su visualización en el caso de estados puros de dos qubits
11.2	Estados puros de un sistema bipartita
11.3	Estados mixtos y separabilidad
11.4	Geometría del conjunto de estados separables
11.5	Medidas de enredamiento
11.6	Estados mixtos de dos qubits

Estrategias didácticas		**Evaluación del aprendizaje**	
Exposición		Exámenes parciales	
Trabajo en equipo		Examen final	x
Lecturas	x	Trabajos y tareas	x
Trabajo de investigación		Presentación de tema	
Prácticas (taller o laboratorio)		Participación en clase	x
Prácticas de campo		Asistencia	x
Aprendizaje por proyectos		Rúbricas	
Aprendizaje basado en problemas	x	Portafolios	
Casos de enseñanza		Listas de cotejo	
Otras (especificar)		Otras (especificar)	

Bibliografía básica:

- I. Bengtsson y K. Zyczkowski, *Geometry of Quantum States*, Cambridge University Press.
- Ashtekar, T. Schilling, Geometrical Formulation of Quantum Mechanics. In A. Harvey (ed.) On Einstein's Path, p. 23-65. Springer, 1999.
- Bohm, A. Mostafazadeh, H. Koizumi, Q. Niu, J. Zwanziger. *The Geometric Phase in Quantum Systems*. Springer, 2003.
- D. Chruscinski, A. Jamiolkowski. *Geometric Phases in Classical and Quantum Mechanics*. Birkhauser, 2004.
- M. Spera. Geometric Methods in Quantum Mechanics. In I. Mladenov et al (eds), Proceedings of the Thirteenth International Conference on Geometry, Integrability and Quantization, doi: 10.7546/giq-13-2012-43-82

Bibliografía complementaria:

- D. C. Brody, L. P. Hughston. Geometric Quantum Mechanics. arXiv: quant-ph/9906086v2.
- J. Anandan, Y. Aharonov. Geometry of Quantum Evolution. PRL 65/14 (1990) 1697-1700.

Perfil profesiográfico:

Quienes impartan esta actividad deberán contar con el grado de Maestro(a) o Doctor(a) o con la dispensa de grado otorgada por el Comité Académico, en alguna disciplina afín a los contenidos de esta actividad académica; experiencia académica o profesional relacionadas con la docencia en los campos del conocimiento del Programa. Tener producción académica o profesional reciente, demostrada con obra académica o profesional reconocida. Manejo y conocimiento de técnicas de enseñanza y aprendizaje.

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

PROGRAMA DE POSGRADO EN CIENCIAS FÍSICAS
MAESTRÍA EN CIENCIAS (FÍSICA)

Astropartículas					
Clave	**Semestre 1, 2 o 3**	**Créditos 8**	**Campo de conocimiento**	**Física de Altas Energías, Física Nuclear, Gravitación y Física Matemática**	
Modalidad	**Curso (X) Taller ( ) Lab ( ) Sem ( )**			**Tipo**	**T (X) P ( ) T/P ( )**
Carácter	**Obligatorio ( ) Optativo (X)** **Obligatorio E ( ) Optativo E ( )**			**Horas**	
Duración del programa	**Semestral**			**Semana**	**Semestre**
				Teóricas: 4	**Teóricas: 64**
				Prácticas: 0	**Prácticas: 0**
				Total: 4	**Total: 64**

Objetivo general:
El alumno adquirirá los conocimientos avanzados del área de astropartículas, a través de una visión amplia de los aspectos más relevante de esta materia en el contexto de la investigación actual.

Objetivos específicos:
Reconocer la relevancia de la física de partículas a nivel astrofísico, tanto en los aspectos teóricos como en los observacionales y experimentales.

Índice temático

	Tema	**Horas semestre**	
		Teóricas	**Prácticas**
1	**Radiación cósmica de fondo**	**10**	**0**
2	**Rayos cósmicos**	**10**	**0**
3	**Bariogénesis**	**8**	**0**
4	**Materia obscura**	**10**	**0**
5	**Axiones**	**9**	**0**
6	**Neutrinos solares**	**9**	**0**
7	**Neutrinos en supernovas**	**8**	**0**
	Total	**64**	**0**
	Suma total de horas	**64**	

Contenido Temático	
	Tema y subtemas
Unidad1	**Radiación cósmica de fondo**
1.1	Modelos cosmológicos
1.2	El modelo del Big Bang
1.3	Problemas del Modelo Estándar. Fase inflacionaria
1.4	Nucleosíntesis primordial

1.5	Espectro y temperatura de la radiación fondo. Anisotropías
1.6	Fondo de neutrinos cósmicos
Unidad 2	**Rayos cósmicos**
2.1	El espectro primario de los rayos cósmicos
2.2	Mediciones directas
2.3	Chubascos atmosféricos
2.4	Muones atmosféricos
2.5	Neutrinos atmosféricos. Oscilaciones de neutrinos
2.6	Producción y propagación de los rayos cósmicos
2.7	Neutrinos ultraenergéticos
Unidad 3	**Bariogénesis**
3.1	Violación de número bariónico
3.2	Violación del CP
3.3	Bariogénesis electrodébil
3.4	Bariogénesis vía leptogénesis
Unidad 4	**Materia obscura**
4.1	Evidencias de materia obscura
4.2	Candidatos de materia obscura
4.3	Materia obscura y formación de estructura
	Detección de materia obscura. Experimentos directos e indirectos
Unidad 5	**Axiones**
5.1	Motivación teórica
5.2	Características del axión
5.3	Axiones y evolución estelar
5.4	Axiones en cosmología
5.5	Axiones como materia obscura
5.6	Búsqueda experimental de axiones
Unidad 6	**Neutrinos solares**
6.1	El modelo solar estándar. Espectro de los neutrinos solares
6.2	Observaciones de neutrinos solares. Detectores químicos y de Cerenkov
6.3	Primeras indicaciones de la masa de los neutrinos: oscilaciones de neutrinos
6.4	Efecto MSW
Unidad 7	**Neutrinos en supernovas**
7.1	Evolución de estrellas masivas y colapso estelar
7.2	Emisión de neutrinos en explosiones de supernovas
7.3	Propiedades de los neutrinos a partir de las observaciones de la SN1987 a
7.4	Oscilaciones de neutrinos. Oscilaciones colectivas de neutrinos
7.5	Escenarios explosivos y síntesis de elementos hasta Fe. Síntesis de elementos más pesados de Fe

Estrategias didácticas		**Evaluación del aprendizaje**	
Exposición	X	Exámenes parciales	X
Trabajo en equipo		Examen final	X
Lecturas	X	Trabajos y tareas	X
Trabajo de investigación		Presentación de tema	X
Prácticas (taller o laboratorio)		Participación en clase	X
Prácticas de campo		Asistencia	X
Aprendizaje por proyectos		Rúbricas	
Aprendizaje basado en problemas		Portafolios	
Casos de enseñanza		Listas de cotejo	
Otras (especificar)		Otras (especificar)	

Bibliografía básica: ▪ C. Grupen, Astroparticle Physics, Springer, 2005. ▪ U. Sarkar, Particle and Astroparticle Physics, Taylor and Francis, 2008 ▪ M. Spurio, Particles and Astrophysics, a multimessanger approach, Springer, 2015. ▪ G. Siegl, Astroparticle Physics: Theory and Phenomenology, Atlantis Press, 2017. ▪ A. de Angelis, M. Pimenta, Introduction to Particle and Astroparticle Physics, Springer, 2015.
Bibliografía complementaria: ▪ M.S. Longair, High Energy Astrophysics, Cambridge University Press, 2011.
Perfil profesiográfico: Quienes impartan esta actividad deberán contar con el grado de Maestro(a) o Doctor(a) o con la dispensa de grado otorgada por el Comité Académico, en alguna disciplina afín a los contenidos de esta actividad académica; experiencia académica o profesional relacionadas con la docencia en los campos del conocimiento del Programa. Tener producción académica o profesional reciente, demostrada con obra académica o profesional reconocida. Manejo y conocimiento de técnicas de enseñanza y aprendizaje.

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

PROGRAMA DE POSGRADO EN CIENCIAS FÍSICAS
MAESTRÍA EN CIENCIAS (FÍSICA)

Correspondencia Holográfica

Clave	Semestre 1, 2 o 3	Créditos 8	Campo de conocimiento	Física de Altas Energías, Física Nuclear, Gravitación y Física Matemática
Modalidad	Curso (X) Taller ( ) Lab ( ) Sem ( )		Tipo	T (X) P ( ) T/P ( )
Carácter	Obligatorio ( ) Optativo (X) Obligatorio E ( ) Optativo E ( )		Horas	
Duración del programa	Semestral		Semana	Semestre
			Teóricas: 4	Teóricas: 64
			Prácticas: 0	Prácticas: 0
			Total: 4	Total: 64

Objetivo general:

El alumno adquirirá conocimientos sobre los fundamentos de la correspondencia holográfica (o AdS/CFT, o norma-gravedad), que establecen una muy sorprendente equivalencia entre teorías cuánticas de campos (sin gravedad) en menor número de dimensiones y teorías de gravedad cuántica (prominentemente, teorías de cuerdas) en más dimensiones.

Objetivos específicos:

- Entender el contraste que existe entre las teorías cuánticas con y sin gravedad.
- Conocer el argumento dentro de la teoría de cuerdas que condujo al descubrimiento de los primeros ejemplos de equivalencia entre estos 2 tipos tan distintos de teorías.
- Identificar las principales evidencias que existen a favor de esta equivalencia.
- Manejar el diccionario para traducir cálculos de un lenguaje al otro.
- Conocer algunas aplicaciones.

Índice temático

	Tema	Horas semestre	
		Teóricas	Prácticas
1	Motivación y Antecedentes	16	0
2	Deducción de la Correspondencia	4	0
3	Evidencias y Diccionario	24	0
4	Temperatura Finita	10	0
5	Contacto con Conceptos de Información Cuántica	10	0
	Total	64	0
	Suma total de horas	64	

Contenido Temático	
	Tema y subtemas
Unidad 1	**Motivación y Antecedentes**
1.1	¿Qué es la correspondencia norma-gravedad?
1.2	Acoplamiento Débil y Fuerte en Teorías de Campo
1.3	QCD
1.4	Primas de QCD
1.5	N grande y MSYM
1.6	Gravedad Cuántica
1.7	Holografía
Unidad 2	**Deducción de la Correspondencia**
2.1	Breve repaso de cuerdas
2.2	branas negras y D-branas
2.3	Deducción de AdS5/CFT4 a partir de D3-branas
Unidad 3	**Evidencias y Diccionario**
3.1	Espacio anti-de Sitter
3.2	Mapeo de coordenadas y simetrías
3.3	Conexión UV/IR
3.4	Operadores locales
3.5	Teoría de campos conforme
3.6	Funciones de correlación (recetas de GKPW y BDHM)
3.7	Renormalización holográfica
3.8	Modos normalizables y no normalizables
3.9	BMN y estados cuánticos con números grandes
3.10	Quarks. Lazos de Wilson y potencial quark-antiquark
3.11	El grupo de renormalización holográfico
Unidad 4	**Temperatura Finita**
4.1	Schwarzschild-anti de Sitter
4.2	Aplicaciones al plasma de quarks y gluones
4.3	Bekenstein-Hawking y la entropía
4.4	Schwinger-Keldysh, Kubo y la viscosidad
4.5	Correspondencia fluidos
4.6	Gravedad
Unidad 5	**Contacto con Conceptos de Información Cuántica**
5.1	Entropía de entrelazamiento
5.2	Entrelazamiento en teorías de campos y el truco de réplica
5.3	Fórmula de Ryu-Takayanagi
5.4	Entropía diferencial y geometría integral
5.5	Diccionario invariante bajo difeos
5.6	Complejidad
5.7	Emergencia de la gravedad y ER=EPR

Estrategias didácticas		**Evaluación del aprendizaje**	
Exposición	X	Exámenes parciales	X
Trabajo en equipo		Examen final	X
Lecturas	X	Trabajos y tareas	X
Trabajo de investigación		Presentación de tema	X
Prácticas (taller o laboratorio)		Participación en clase	X
Prácticas de campo		Asistencia	
Aprendizaje por proyectos		Rúbricas	
Aprendizaje basado en problemas		Portafolios	
Casos de enseñanza		Listas de cotejo	
Otras (especificar)		Otras (especificar)	

Bibliografía básica:

- H. Nastase, *Introduction to the AdS/CFT Correspondence*, Cambridge University Press (2015).
- J. Erdmenger y M. Ammon, *Gauge/Gravity Duality*, Cambridge University Press (2015).
- E. Papantonopoulos, ed., *From Gravity to Thermal Gauge Theories: The AdS/CFT Correspondence*, Lecture Notes on Physics vol. 828, Springer (2011).
- M. Natsuume, *AdS/CFT Duality User Guide*, Lecture Notes in Physics vol. 903, Springer (2015).
- J. Casalderrey-Solana, H. Liu, D. Mateos, K. Rajagopal y U. Wiedemann, *Gauge/String Duality, Hot QCD and Heavy Ion Collisions*, Cambridge University Press (2014).
- J. Zaanen, Y. Liu, Y.-W. Sun, K. Schalm, *Holographic Duality in Condensed Matter Physics, Cambridge University Press* (2016).
- O. Aharony, S. S. Gubser, J. Maldacena, H. Ooguri, Y. Oz, "Large N Field Theories, String Theory and Gravity," hep-th/9905111
- H. Nastase, "Introduction to AdS-CFT", arXiv:0712.0689
- E. D'Hoker, D. Z. Freedman, "Supersymmetric Gauge Theories and the AdS/CFT Correspondence," hep-th/0201253
- J. Polchinski, "Introduction to Gauge/Gravity Duality," arXiv:1010.6134
- G. Horowitz, J. Polchinski, "Gauge/Gravity Duality," gr-qc/0602037
- V. Hubeny, "The AdS/CFT Correspondence", arXiv:1501.00007
- R. Sundrum, "From Fixed Points to the Fifth Dimension," arXiv:1106.4501
- J. McGreevy, "Holographic Duality with a view toward Many-Body Physics," arXiv:0909.0518
- J. Kaplan, "Lectures on AdS/CFT from the Bottom Up," http://sites.krieger.jhu.edu/jared-kaplan/files/2016/05/AdSCFTCourseNotesCurrentPublic.pdf
- T. Takayanagi, "Entanglement Entropy from a Holographic Viewpoint," arXiv:1204.2450
- M. Rangamani, T. Takayanagi, "Holographic Entanglement Entropy," arXiv:1609.01287
- M. Van Raamsdonk, "Lectures on Gravity and Entanglement," arXiv:1609.00026
- D. Harlow, "Jerusalem Lectures on Black Holes and Quantum Information," arXiv:1409.1231
- G. W. Semenoff, K. Zarembo, "Wilson Loops in SYM Theory: from Weak to Strong Coupling", hep-th/0202156
- J. Sonnenschein,"What does the String/Gauge Correspondence teach us about Wilson Loops?," hep-th/0003032
- K. Skenderis, "Lecture Notes on Holographic Renormalization," hep-th/0209067
- V. E. Hubeny, S. Minwalla, M. Rangamani, "The Fluid/Gravity Correspondence," arXiv:1107.5780

Bibliografía complementaria:

- J. Casalderrey, D. Mateos, H. Liu, K. Rajagopal, U. A. Wiedemann, "Gauge/String Duality, Hot QCD and Heavy Ion Collisions," arXiv:1101.0618
- S. S. Gubser, A. Karch, "From Gauge-String Duality to Strong Interactions: a Pedestrian's Guide," arXiv:0901.0935
- D. Mateos, "String Theory and Quantum Chromodynamics," arXiv:0709.1523
- N. Iqbal, H. Liu, M. Mezei, "Lectures on Holographic non-Fermi Liquids and Quantum Phase Transitions," arXiv:11103814
- G. Horowitz,"Introduction to Holographic Superconductors," arXiv:1002.1722
- C. P. Herzog, "Lectures on Holographic Superfluidity and Superconductivity," arXiv:0904.1975
- S. A. Hartnoll, "Horizons, holography and condensed matter," arXiv:1106.4324
- O. Aharony, "The non-AdS/non-CFT Correspondence, or Three Different Paths to QCD," hep-th/0212193
- J. Edelstein, R. Portugues, "Gauge/String Duality in Confining Theories," hep-th/0602021
- M. J. Strassler, "The Duality Cascade," hep-th/0505153

- Beisert et al., “Review of AdS/CFT Integrability: an Overview,” arXiv:1012.3982
- V. Pestun et al., “Localization Techniques in Quantum Field Theories,” arXiv:1608.02952
- R. Bousso, “The Holographic Principle,” hep-th/0203101
- M. J. Strassler, “An Unorthodox Introducton to Supersymmetric Gauge Theory,” hep-th/0309149
- W. Peet, “TASI Lectures on Black Holes in String Theory,” hep-th/0008241
- H. Nastase, “Introduction to Supergravity,” arXiv:1112.3502
- V. Manohar, “Large N QCD,” hep-ph/9802419

Perfil profesiográfico:

Quienes impartan esta actividad deberán contar con el grado de Maestro(a) o Doctor(a) o con la dispensa de grado otorgada por el Comité Académico, en alguna disciplina afín a los contenidos de esta actividad académica; experiencia académica o profesional relacionadas con la docencia en los campos del conocimiento del Programa. Tener producción académica o profesional reciente, demostrada con obra académica o profesional reconocida. Manejo y conocimiento de técnicas de enseñanza y aprendizaje.

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

PROGRAMA DE POSGRADO EN CIENCIAS FÍSICAS
MAESTRÍA EN CIENCIAS (FÍSICA)

Geometría Diferencial y Topología para Físicos II					
Clave	**Semestre 1, 2 o 3**	**Créditos 8**	**Campo de conocimiento**	**Física de Altas Energías, Física Nuclear, Gravitación y Física Matemática**	
Modalidad	**Curso (X) Taller ( ) Lab ( ) Sem ( )**			**Tipo**	**T (X) P ( ) T/P ( )**
Carácter	**Obligatorio ( ) Optativo (X)** **Obligatorio E ( ) Optativo E ( )**			**Horas**	
Duración del programa		**Semestral**		**Semana**	**Semestre**
				Teóricas: 4	**Teóricas: 64**
				Prácticas: 0	**Prácticas: 0**
				Total: 4	**Total: 64**

Objetivo general:

El alumno profundizará en conceptos y métodos de la geometría diferencial y la topología que surgen en diversas aplicaciones en la física teórica**.**

Objetivos específicos:

- Familiarizarse con la teoría de grupos y álgebras de Lie, y de haces fibrados, y sus varias aplicaciones en distintas ramas de la física teórica.
- Desarrollar un criterio geométrico y, más generalmente, una madurez y sofisticación matemática, que permita percibir, analizar, y generalizar estructuras subyacentes matemáticas en la física teórica.

Índice temático

	Tema	**Horas semestre**	
		Teóricas	**Prácticas**
1	Grupos de Lie	10	**0**
2	Álgebras de Lie	10	**0**
3	Estructura de Grupos y Álgebras de Lie	8	**0**
4	Haces Fibrados	6	**0**
5	Conexión y Curvatura en Haces Fibrados	8	**0**
6	Clases Características	8	**0**
7	Teoremas de Índices	6	**0**
8	Aplicaciones en la Física	8	**0**
	Total	**64**	**0**
	Suma total de horas	**64**	

Contenido Temático	
	Tema y subtemas
Unidad 1	**Grupos de Lie**
1.1	Definición de un grupo de Lie
1.2	Subgrupos
1.3	La acción Adjunta
1.4	Subgrupos normales
1.5	Espacios homogéneos
1.6	Campos vectoriales y de p-formas invariantes
1.7	El mapeo exponencial
1.8	Las ecuaciones de Maurer-Cartan
1.9	Representaciones irreducibles y proyectivas de grupos de Lie
1.10	Ejemplos de grupos matriciales de Lie (GL, SL, U, SU, O, SO, Sp)
1.11	El grupo de difeomorfismos
1.12	Aspectos topológicos de grupos de Lie
1.13	SU(2)
1.14	SL(2)
1.15	Los grupos de Lorentz y Poincaré
Unidad 2	**Algebras de Lie**
2.1	Producto de Lie
2.2	Identidad de Jacobi
2.3	Transformaciones infinitesimales
2.4	Conmutadores
2.5	Exponenciales de matrices
2.6	La fórmula BCH y la expansión de Magnus
2.7	La acción adjunta. Representaciones irreducibles y proyectivas de algebras de Lie
2.8	SU(2). El algebra de Lorentz y de Poincaré
2.9	Forma de Killing
2.10	La forma de Maurer-Cartan
Unidad 3	**Estructura de Grupos y Álgebras de Lie**
3.1	Semisimplicidad
3.2	Clasificación de algebras de Lie
3.3	Tensores invariantes
3.4	Teoría de deformaciones algebraicas (Nijenhuis-Richardson-Gerstenhaber)
3.5	Estabilidad de álgebras de Lie
Unidad 4	**Haces Fibrados**
4.1	Haz tangente
4.2	Haces fibrados, vectoriales, y principales
4.3	Campos vectoriales fundamentales
4.4	Grupo de estructura
4.5	Secciones
4.6	Haz de marcos
Unidad 5	**Conexión y Curvatura en Haces Fibrados**
5.1	Conexiones sobre haces principales
5.2	2-forma de curvatura y ecuación de estructura
5.3	Curvatura seccional
5.4	Espacios de curvatura constante
5.5	Teorema de reducción
5.6	Conexiones invariantes
5.7	Teorema de Ambrose y Singer
5.8	Variedades de Kaehler
5.9	Grupos de holonomía
Unidad 6	**Clases Características**
6.1	Homomorfismo de Weil

6.2	Polynomios invariantes
6.3	Clases y caracteres de Chern
6.4	Clases de Pontrjagin y de Euler
6.5	Formas de Chern-Simons
Unidad 7	**Teoremas de Índices**
7.1	Operadores elípticos y de Fredholm
7.2	El teorema de Atiyah-Singer
7.3	Los complejos de de Rham y de Dolbeault
7.4	El teorema de Atiyah-Patodi-Singer
Unidad 8	**Aplicaciones en la Física**
8.1	Monopolos e instantones
8.2	Teorías de norma
8.3	El efecto de Wilzcek-Zee
8.4	Cómputo cuántico holonómico

Estrategias didácticas		**Evaluación del aprendizaje**	
Exposición		Exámenes parciales	
Trabajo en equipo		Examen final	x
Lecturas		Trabajos y tareas	x
Trabajo de investigación		Presentación de tema	
Prácticas (taller o laboratorio)		Participación en clase	x
Prácticas de campo		Asistencia	x
Aprendizaje por proyectos		Rúbricas	
Aprendizaje basado en problemas	x	Portafolios	
Casos de enseñanza		Listas de cotejo	
Otras (especificar)		Otras (especificar)	

Bibliografía básica:

- M. Nakahara. *Geometry, Topology and Physics*. Institute of Physics Publishing, 1990.
- T. Frankel. *The Geometry of Physics.* Cambridge University Press, 1997.
- C. Nash and S. Sen. *Topology and Geometry for Physicists*. Academic Press, 1983.
- S. Kobayashi, K. Nomizu. *Foundations of Differential Geometry I & II*. J. Wiley, 1963 & 1969.
- B. C. Hall. *Lie Groups, Lie Algebras, and Representations*. Springer, 2003.
- T. Eguchi, P. B. Gilkey, and A. J. Hanson. Gravitation, Gauge Theories and Differential Geometry. *Phys. Rep.*, 66:213-393, 1980.

Bibliografía complementaria:

- S. Helgason. *Differential Geometry, Lie Groups and Symmetric Spaces*. Academic Press, 1978.
- D. Bleecker. Gauge Theory and Variational Principles. Dover, 1981.
- D. Bleecker, B.Booss-Bavnbek*. Index Theory*. International Press, 2013.
- S. Sternberg. *Curvature in Mathematics and Physics*. Dover, 2012.

Perfil profesiográfico:

Quienes impartan esta actividad deberán contar con el grado de Maestro(a) o Doctor(a) o con la dispensa de grado otorgada por el Comité Académico, en alguna disciplina afín a los contenidos de esta actividad académica; experiencia académica o profesional relacionadas con la docencia en los campos del conocimiento del Programa. Tener producción académica o profesional reciente, demostrada con obra académica o profesional reconocida. Manejo y conocimiento de técnicas de enseñanza y aprendizaje.

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

PROGRAMA DE POSGRADO EN CIENCIAS FÍSICAS
MAESTRÍA EN CIENCIAS (FÍSICA)

Cuantización de Teorías de Norma					
Clave	**Semestre 1, 2 o 3**	**Créditos 8**	**Campo de conocimiento**	**Física de Altas Energías, Física Nuclear, Gravitación y Física Matemática**	
Modalidad	**Curso (X) Taller ( ) Lab ( ) Sem( )**			**Tipo**	**T (X) P ( ) T/P ( )**
Carácter	**Obligatorio ( ) Optativo (x)** **Obligatorio E ( ) Optativo E ()**			**Horas**	
Duración del programa			**Semestral**	**Semana**	**Semestre**
				Teóricas: 4	**Teóricas: 64**
				Prácticas: 0	**Prácticas: 0**
				Total: 4	**Total: 64**

Objetivo general:

El alumno adquirirá conocimientos avanzados de los sistemas con grados de libertad de norma y su cuantización, a través del estudio del formalismo sistemático basado en la construcción de la carga BRST.

Objetivos específicos:

- Identificar los sistemas con constricciones y su relación con simetrías de norma.
- Conocer la construcción BRST-BFV hamiltoniana y la construcción BV Lagrangiana.
- Revisar los aspectos de la teoría de deformaciones.

Índice temático

	Tema	**Horas semestre**	
		Teóricas	**Prácticas**
1	**Introducción al Método de Dirac**	10	0
2	**Construcción BRST-BFV**	20	0
3	**Construcción BV**	20	0
4	**Teoría de deformaciones en BV**	14	0
	Total	**64**	**0**
	Suma total de horas	**64**	

Contenido Temático	
	Tema y subtemas
Unidad 1	**Introducción al Método de Dirac**
1.1	Sistemas Hamiltonianos singulares
1.2	Constricciones de segunda clase y paréntesis de Dirac
1.3	Constricciones de primera clase y transformaciones de norma. Observables
1.4	Proceso para fijar la norma, variables de Grassmann clásicas
1.5	Cuantización Canónica
1.6	Integrales funcionales para sistemas con constricciones

1.7	Método de Faddeev. Ejemplos
Unidad 2	**Construcción BRST-BFV**
2.1	Carga BRST
2.2	Cuantización BRST
2.3	Integral de trayectoria de BFV. Ejemplos
Unidad 3	**Construcción BV**
3.1	Sistemas Lagrangianos singulares
3.2	Método BV anticampos
3.3	Anti-paréntesis BV
3.4	Ecuación maestra condiciones de Wess-Zumino
3.5	Ejemplos
Unidad 4	**Teoría de deformaciones en BV**
4.1	Teoría cohomológica
4.2	Cohomologia: características, anomalías y deformaciones.

Estrategias didácticas		**Evaluación del aprendizaje**	
Exposición	X	Exámenes parciales	
Trabajo en equipo		Examen final	
Lecturas	X	Trabajos y tareas	
Trabajo de investigación		Presentación de tema	X
Prácticas (taller o laboratorio)		Participación en clase	X
Prácticas de campo		Asistencia	
Aprendizaje por proyectos		Rúbricas	
Aprendizaje basado en problemas		Portafolios	
Casos de enseñanza		Listas de cotejo	
Otras (especificar)		Otras (especificar	

Bibliografía básica:

- M. Henneaux, C. Teitelboim, Quantization of gauge systems, Published in Princeton, USA: Univ. Pr. (1992) 520 p
- M. Henneaux, Hamiltonian Form of the Path Integral for Theories with a Gauge Freedom, Physics Reports 126, 1-66 (1985).
- Alexei Deriglazov, Classical Mechanics Hamiltonian and Lagrangian Formalism, Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2010
- Heinz J Rothe , Klaus D Rothe, Classical and Quantum Dynamics of Constrained Hamiltonian Systems (World Scientific Lecture Notes in Physics) V.81, (2010).
- Kurt Sundermeyer (Freie U., Berlin), Symmetries in fundamental physics, 2014. 763 pp., Fundam.Theor.Phys. 176 (2014)

Bibliografía complementaria:

- Glenn Barnich, Friedemann Brandt, Marc Henneaux, Local BRST cohomology in gauge theories, Feb 2000. 149 pp., Phys.Rept. 338 (2000) 439-569, hep-th/0002245
- Glenn Barnich, Friedemann Brandt, Marc Henneaux, Conserved currents and gauge invariance in Yang-Mills theory, Nov 1994. 11 pp., Published in Phys.Lett. B346 (1995) 81-86, hep-th/9411202
- G. Barnich, M. Henneaux, R. Tatar, Consistent interactions between gauge fields and the local BRST cohomology: The Example of Yang-Mills models, Apr 1993. 8 pp., Int.J.Mod.Phys. D3 (1994) 139-144, hep-th/9307155

Perfil profesiográfico:

Quienes impartan esta actividad deberán contar con el grado de Maestro(a) o Doctor(a) o con la dispensa de grado otorgada por el Comité Académico, en alguna disciplina afín a los contenidos de esta actividad académica; experiencia académica o profesional relacionadas con la docencia en los campos del conocimiento del Programa. Tener producción académica o profesional reciente, demostrada con obra académica o profesional reconocida. Manejo y conocimiento de técnicas de enseñanza y aprendizaje.

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

PROGRAMA DE POSGRADO EN CIENCIAS FÍSICAS
MAESTRÍA EN CIENCIAS (FÍSICA)

Modelo Estándar Electrodébil					
Clave	**Semestre** 1, 2 o 3	**Créditos** **8**	**Campo de conocimiento**	**Física de Altas Energías, Física Nuclear, Gravitación y Física Matemática**	
Modalidad	**Curso (X) Taller ( ) Lab ( ) Sem ( )**			**Tipo**	**T (X) P ( ) T/P ( )**
Carácter	**Obligatorio ( ) Optativo (x)** **Obligatorio E ( ) Optativo E ( )**			**Horas**	
Duración del programa	**Semestral**			**Semana**	**Semestre**
				Teóricas 4	**Teóricas 64**
				Prácticas 0	**Prácticas 0**
				Total 4	**Total 64**

Objetivo general:

El alumno profundizará y ampliará sus conocimientos sobre el sector electrodébil del modelo estándar, a través de una mayor visión sobre los aspectos más relevantes de esta materia en el contexto de la investigación actual.

Objetivos específicos:

Analizar diferentes procesos de la física electrodébil, tanto a nivel árbol como a nivel de un lazo, haciendo uso de las herramientas teóricas y de cálculo.

Índice temático

	Tema	**Horas semestre**	
		Teóricas	**Prácticas**
1	Invariancia global y local o de norma	6	0
2	Interacciones electrodébiles	6	0
3	Ruptura espontánea de simetría: Goldstone y Higgs	8	0
4	El Modelo Estándar GSW	10	0
5	El Modelo Estándar GSW en normas específicas	8	0
6	Renormalización del modelo GSW	10	0
7	Integrales a un lazo	8	0
8	Cálculo de amplitudes a un lazo	8	0
	Total	**64**	**0**
	Suma total de horas	**64**	

Contenido Temático	
	Tema y subtemas
Unidad 1	**Invariancia global y local o de norma**
1.1	Simetrías en teoría de campos
1.2	Simetría global
1.3	Invariancia local o de norma
1.4	QED, una simple teoría de norma
1.5	Invariancia de norma en la interacción electrodébil
1.6	Propiedades de los bosones de norma
Unidad 2	**Interacciones electrodébiles**
2.1	Teoría clásica de las interacciones débiles
2.2	Modelo de Fermi-Cabbibo
2.3	Problemas de la teoría clásica
2.4	La teoría del bosón vectorial intermedio (IVB)
2.5	Violación de la paridad
2.6	Dificultades de la teoría IVB
2.7	Condición general necesaria para la renormalizabilidad
2.8	Necesidad de campos escalares
Unidad 3	**Ruptura espontánea de simetría: Goldstone y Higgs**
3.1	Ruptura espontánea de una simetría
3.2	Ruptura espontánea de una simetría global: Teorema de Goldstone
3.3	Ruptura espontánea de una invariancia local o de norma: Mecanismo de Higgs
3.4	Teorías de norma espontáneamente rotas (resumen)
Unidad 4	**El Modelo Estándar GSW**
4.1	Elección del grupo de norma
4.2	Propiedades de transformación de los leptones
4.3	Lagrangiano invariante de norma global para leptones
4.4	Incorporación del sector escalar
4.5	Ruptura espontánea de la simetría
4.6	Densidad lagrangiana en la norma unitaria
4.7	Espectro de masas de la teoría GSW
4.8	Interacciones de la teoría GSW: reglas de Feynman en la norma unitaria
4.9	Algunos procesos importantes: dispersión elástica de neutrinos por electrones, aniquilación electrón-positrón, decaimiento del muón, decaimiento leptónico del bosón W, anchura del bosón Z
4.10	Incorporación del sector de cuarks
4.11	El ángulo de Cabbibo y la matriz CKM
4.12	Matriz PMNS y oscilaciones de neutrinos
4.13	El mecanismo GIM
4.14	Procesos con bosones de Higgs
Unidad 5	**El Modelo Estándar GSW en normas específicas**
5.1	El sector de Yang-Mills
5.2	El sector de Higgs
5.3	El sector fermiónico
5.4	Parámetros y campos físicos
5.5	Cuantización: término fijador de norma
5.6	El lagrangiano completo del modelo GSW: reglas de Feynman del modelo GSW en la norma del $R\xi$
5.7	Algunas normas populares
5.8	El método de campo de fondo electrodébil
Unidad 6	**Renormalización del modelo GSW**

6.1	Esquemas de renormalización: renormalización sobre la capa de masa
6.2	Constantes de renormalización y contratérminos
6.3	Condiciones de renormalización
6.4	Forma explícita de las constantes de renormalización
Unidad 7	**Integrales a un lazo**
7.1	Definiciones y álgebra de Dirac en d dimensiones
7.2	Reducción de integrales tensoriales a integrales escalares
7.3	Integrales escalares a un lazo para d≤4
7.3.1	Integral escalar de 1 punto (A_0)
7.3.2	Integral escalar de 2 puntos (B_0)
7.3.3	Integral escalar de 3 puntos (C_0)
7.3.4	Integral escalar de 4 puntos (D_0)
7.4	Divergencias ultravioleta de las integrales tensoriales
Unidad 8	**Cálculo de amplitudes a un lazo**
8.1	Reducción algebraica de los diagramas de Feynman
8.2	Procesos
8.3	Factores de forma
8.4	Decaimientos
8.5	Anomalía de norma

Estrategias didácticas		Evaluación del aprendizaje	
Exposición	X	Exámenes parciales	X
Trabajo en equipo		Examen final	X
Lecturas	X	Trabajos y tareas	X
Trabajo de investigación		Presentación de tema	X
Prácticas (taller o laboratorio)		Participación en clase	X
Prácticas de campo		Asistencia	X
Aprendizaje por proyectos		Rúbricas	
Aprendizaje basado en problemas		Portafolios	
Casos de enseñanza		Listas de cotejo	
Otras (especificar)		Otras (especificar)	

Bibliografía básica:

- M.E. Peskin, *Lectures on the Theory of the Weak Interaction,* arXiv:1708.09043
- S. Dawson, *TASI 2016 Lectures: Electroweak Symmetry Breaking and Effective Field Theory*, arXiv:1712.07232
- P. Langacker, *Introduction to the Standard Model and Electroweak Physics*, arXiv:0901.0241.
- A. Pich, *The Standard Model of Electroweak Interactions*, arXiv:1201.0537.
- R. Barbieri, *Ten Lectures on the Electroweak Interactions*, arXiv:0706.0684.
- W. Hollik, *Radiative corrections in the standard model and the role for the precision test of the electroweak*, CERN, TH-Division, 1988.
- W. Hollik, *Electroweak radiative corrections, Lectures given at the XV III Meeting on Fundamental Physics and XXI G.I.F.T. International Seminar on Theoretical Physics*, Santander, Spain, 1990.
- W. Hollik, *Electroweak theory*, Lectures given at the 5th Hellenic School and Workshops on Elementary Particle Physics,hep-ph/9602380. CORE (Compendium of Relations., V-I. Borodulin,
- -R. N. Rogalyov and S. R. Slabospitsky, hep-ph/9507456), 324 September 1995.
- J. F. Donoghue y,et-al., *Dynamics of the standard model*, Cambridge U. P., 1996.
- Ta-Pei Cheng y Ling-Fong Li, *Gauge theory of elementary particle physics*, Oxford U. P., 1992.
- W. Greiner y B. Müller, *Gauge theory of weak interactions Vol. 5*, Springer-Verlag, 1993.

Bibliografía complementaria:

- F. Mandl y G. Shaw, *Quantum field theory, Cap.10 al 14*, John Wiley & Sons, 1985.
- M. Böhm, W. Hollik y H. Spiesberger, Fortschr. Phys., 687, 1986, 34.
- A. Denner, Fortschr. Techniques for the calculation of electroweak radiative corrections at the one-loop level and results for w-physics at LEP 200 *Phys. 41 4, 307-420*, 1993.
- K. I. Aoki, Z. Hioki, R. Kawuabe, M. Konuma y T. Muta, Prog. Theo. Phys. 64, 707, 1980.
- K. I. Aoki, Z. Hioki, R. Kawuabe, M. Konuma y T. Muta, Prog. Theo. Phys. 65 1001, 1981.
- K. I. Aoki, Z. Hioki, R. Kawuabe, M. Konuma y T. Muta, Suppl. Prog. Theo. Phys. 73, 1982

Perfil profesiográfico:

Quienes impartan esta actividad deberán contar con el grado de Maestro(a) o Doctor(a) o con la dispensa de grado otorgada por el Comité Académico, en alguna disciplina afín a los contenidos de esta actividad académica; experiencia académica o profesional relacionadas con la docencia en los campos del conocimiento del Programa. Tener producción académica o profesional reciente, demostrada con obra académica o profesional reconocida. Manejo y conocimiento de técnicas de enseñanza y aprendizaje.

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

PROGRAMA DE POSGRADO EN CIENCIAS FÍSICAS
MAESTRÍA EN CIENCIAS (FÍSICA)

Interacciones Fuertes					
Clave	**Semestre** 1, 2 o 3	**Créditos** **8**	**Campo de conocimiento**	**Física de Altas Energías, Física Nuclear, Gravitación y Física Matemática**	
Modalidad	**Curso (X) Taller ( ) Lab ( ) Sem ( )**			**Tipo**	**T (X) P ( ) T/P ( )**
Carácter	**Obligatorio ( ) Optativo (x)** **Obligatorio E ( ) Optativo E ( )**			**Horas**	
Duración del programa	**Semestral**			**Semana**	**Semestre**
				Teóricas: 4	**Teóricas: 64**
				Prácticas: 0	**Prácticas: 0**
				Total: 4	**Total: 64**

Objetivo general:

El alumno adquirirá conocimientos avanzados de la teoría que describe las interacciones fuertes conocida como la Cromodinámica Cuántica (QCD), a través de una visión amplia de algunos de los aspectos más relevantes de esta materia en el contexto de la investigación actual.

Objetivos específicos:

- Estudiar las intereacciones fuertes desde el punto de vista de los grados de libertad fundamentales (quarks y gluones) como de los grados de libertad efectivos a bajas energías (hadrones)
- Identificar el cúmulo de fenómenos colectivos relacionados con las propiedades de la materia hadrónica en en codiciones extremas de densidad y temperatura.

Índice temático

	Tema	**Horas semestre**	
		Teóricas	**Prácticas**
1	**Generalidades de la QCD**	14	0
2	**Dispersión inelástica profunda**	10	0
3	**Simetría quiral y Lagrangianos efectivos**	10	0
4	**Materia hadrónica en condiciones extremas**	10	0
5	**Colisiones de iones pesados a altas energías**	10	0
6	**Métodos no perturbativos**	10	0
	Total	**64**	**0**
	Suma total de horas	**64**	

Contenido Temático	
	Tema y subtemas
Unidad 1	**Generalidades de la QCD**
1.1	El Lagrangiano de la QCD y sus simetrías
1.2	El tensor de energía-momento
1.3	Cuantización: pérdida de la invariancia de escala
1.4	Regularización dimensional y renormalización a un loop
1.5	La función beta
1.6	Corrimiento de la constante de acoplamiento con la energía
Unidad 2	**Dispersión inelástica profunda**
2.1	El modelo de partones
2.2	Funciones de estructura
2.3	Evolución de las funciones de estructura a la Altarelli-Parisi
2.4	Ecuaciones de evolución a x pequeña
Unidad 3	**Simetría quiral y Lagrangianos efectivos**
3.1	Simetría quiral de la QCD
3.2	2 Lagrangianos quirales: Modelos sigma lineal y no lineal y modelo de Nambu-Jona-Lasinio
3.3	Expansión a bajas energías y teoremas de piones suaves
Unidad 4	**Materia hadrónica en condiciones extremas**
4.1	Breve introducción a la teoría térmica de campos
4.2	Transiciones de fase de la materia nuclear a temperatura y densidad bariónica finita
	El diagrama de fase
Unidad 5	**Colisiones de iones pesados a altas energías**
5.1	Fenómenos colectivos descritos por la hidrodinámica relativista
5.2	Resultados experimentales relevantes y su interpretación en términos de la existencia del plasma de quarks y gluones
Unidad 6	**Métodos no perturbativos**
6.1	Reglas de suma. Ecuaciones de Schwinger-Dyson

Estrategias didácticas		Evaluación del aprendizaje	
Exposición	X	Exámenes parciales	X
Trabajo en equipo		Examen final	X
Lecturas	X	Trabajos y tareas	X
Trabajo de investigación		Presentación de tema	X
Prácticas (taller o laboratorio)		Participación en clase	X
Prácticas de campo		Asistencia	X
Aprendizaje por proyectos		Rúbricas	
Aprendizaje basado en problemas		Portafolios	
Casos de enseñanza		Listas de cotejo	
Otras (especificar)		Otras (especificar)	

Bibliografía básica:

- Francisco J. Ynduráin, The theory of quark and gluon interactions, Springer, 1999.
- P. Pascual and R. Tarrach, QCD renormalization for the practitioner, Lecture Notes in Physics 194, Springer-Verlag.
- L. P. Csernai, Introduction to relativistic heavy ion collisions, John Wiley & Sons, 1994.
- E.V. Shuryak, The QCD vacuum, hadrons and the superdense matter, World Scientific, 1988.
- John F. Donoghue, Eugene Golowich, Barry R. Holstein, Dynamics of the standard model, Cambridge Monographs on Particle Physics, Nuclear Physics and Cosmology 2, Cambridge University Press1992.

▪ W. Greiner y A. Shafer, Quantum chromodynamics, Springer, 1995.
Bibliografía complementaria: ▪ Michel Le Bellac, Thermal Field Theory, Cambridge Monographs on Mathematical Physics, Cambridge University Press1996. ▪ Joseph I Kapusta and Charles Gale, Finite Temperature Field Theory Principles and Appications, Cambridge Monographs on Mathematical Physics, Cambridge University Press 2006. ▪ R.K. Ellis, W.J.Stirling, B.R. Webber, QCD and Collider Physics, Cambridge Monographs on Particle Physics, Nuclear Physics and Cosmology, 2010.
Perfil profesiográfico: Quienes impartan esta actividad deberán contar con el grado de Maestro(a) o Doctor(a) o con la dispensa de grado otorgada por el Comité Académico, en alguna disciplina afín a los contenidos de esta actividad académica; experiencia académica o profesional relacionadas con la docencia en los campos del conocimiento del Programa. Tener producción académica o profesional reciente, demostrada con obra académica o profesional reconocida. Manejo y conocimiento de técnicas de enseñanza y aprendizaje.

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

PROGRAMA DE POSGRADO EN CIENCIAS FÍSICAS
MAESTRÍA EN CIENCIAS (FÍSICA)

Introducción a la Física de Neutrinos

Clave	Semestre	Créditos	Campo de Conocimiento	
	1, 2 o 3	8		Física de Altas Energías, Física Nuclear, Gravitación y Física Matemática

Modalidad	**Curso (X) Taller ( ) Lab ( ) Sem ( )**	**Tipo**	**T (X) P ( ) T/P ( )**
Carácter	**Obligatorio ( ) Optativo (x)** **Obligatorio E ( ) Optativo E ( )**	**Horas**	

Duración del Programa	Semestral	Semana	Semestre
		Teóricas: 4	**Teóricas: 64**
		Prácticas: 0	**Prácticas: 0**
		Total: 4	**Total: 64**

Objetivo General:

El alumno obtendrá un panorama global de las ideas esenciales de la física de neutrinos en la actualidad, con un énfasis en los aspectos calculacional y fenomenológico (incluyendo ejercicios numéricos), sin descuidar aspectos teóricos relevantes.

Objetivos específicos:

- Descubirir un panorama histórico del desarrollo de la física de neutrinos a lo largo de los siglos XX y XXI. Aplicar las ideas elementales para la descripción de fermiones masivos al caso de los neutrinos y entender sus implicaciones fenomenológicas.
- Comprender la posición de los neutrinos en el Modelo Estándar de Física de Partículas y las maneras en las que pueden incluirse masas de los neutrinos en algunas extensiones de éste.
- Aplicar las reglas de Feynman del sector electro-débil del Modelo Estándar para calcular diversos procesos con neutrinos y entender la relevancia de experimentos para extraer sus propiedades y estudiar la estructura nuclear.
- Entender el fenómeno de Oscilaciones de neutrinos en el vacío y en medios materiales.
- Identificar las aportaciones de los diferentes experimentos a la comprensión del paradigma de mezcla de tres neutrinos masivos.
- Entender el estado actual de los experimentales de oscilaciones de neutrinos y los temas de mayor interés que quedan por resolver en el sector de neutrinos de la teoría.
- Conocer los límites experimentales para la escala de masa absoluta de los neutrinos obtenidos por mediciones directas.
- Comprender el rol de los neutrinos en una variedad de procesos astrofísicos y en la evolución del Universo desde el Big-Bang hasta nuestra era.

Índice temático			
	Tema	**Horas semestre**	
		Teóricas	**Prácticas**
1	**Neutrinos masivos y el Modelo Estándar**	24	0
2	**Oscilaciones de neutrinos, fenomenología y masa absoluta del neutrino**	27	0
3	**Neutrinos en Astrofísica y Cosmología**	13	0
	Total	**64**	**0**
	Suma total de horas	**64**	

Contenido Temático	
	Tema y subtemas
Unidad 1	**Neutrinos masivos y el Modelo Estándar**
1.1	Consideraciones históricas
1.2	Descripción de fermiones masivos
1.3	Neutrinos en el modelo estándar de física de partículas
1.4	Neutrinos masivos y física más allá del modelo estándar
1.5	Cálculo de procesos con neutrinos
Unidad 2	**Oscilaciones de neutrinos, fenomenología y masa absoluta del neutrino**
2.1	Oscilaciones de neutrinos
2.2	Neutrinos solares, atmosféricos y del interior de la Tierra
2.3	Neutrinos de aceleradores, de reactores nucleares
2.4	Fenomenología de oscilaciones de neutrinos
2.5	Búsquedas directas de la masa del neutrino
2.6	Decaimiento beta doble
Unidad 3	**Neutrinos en Astrofísica y Cosmología**
3.1	Neutrinos de supernovas
3.2	Neutrinos ultra-energéticos del cosmos
3.3	Neutrinos en cosmología

Estrategias didácticas		Evaluación del aprendizaje	
Exposición	X	Exámenes parciales	X
Trabajo en equipo	X	Examen final	X
Lecturas	X	Trabajos y tareas	X
Trabajo de investigación		Presentación de tema	X
Prácticas (taller o laboratorio)		Participción en clase	X
Prácticas de campo		Asistencia	X
Aprendizaje por proyectos		Rúbricas	
Aprendizaje basado en problemas		Portafolios	
Casos de enseñanza		Listas de cotejo	
Otras (especificar)		Otras (especificar)	

Bibliografía básica:

- C. Giunti y C.W. Kim, *Fundamentals of Neutrino Physics and Astrophysics*, Oxford U.P., 2007.
- J.W.F. Valle y J.C. Romao, *Neutrinos in High Energy and Astroparticle Physics*, Willey-VCH, 2015
- R.N. Mohapatra y P.B. Pal, *Neutrinos in Physics and Astrophysics*, 3rd ed., World Scientific, 2003
- K. Zuber, *Neutrino Physics*, CRC Press, 2012
- D.O. Caldwell, *Current Aspects of Neutrino Physics,* Springer, 2001.

Bibliografía complementaria:

- M. Thomson, *Modern Particle Physics*, Cambridge University Press, 2013.
- D. Griffiths, *Introduction to Elementary Particles*, Wiley-VCH, 2008
- D. H. Perkins, *Introduction to High energy Physics*, Cambridge University Press, 2000
- L. Lyons, *Statistics for Nuclear and Particle Physics*, Cambridge University Press, 1986
- Artículos de investigación diversos

Perfil profesiográfico:

Quienes impartan esta actividad deberán contar con el grado de Maestro(a) o Doctor(a) o con la dispensa de grado otorgada por el Comité Académico, en alguna disciplina afín a los contenidos de esta actividad académica; experiencia académica o profesional relacionadas con la docencia en los campos del conocimiento del Programa. Tener producción académica o profesional reciente, demostrada con obra académica o profesional reconocida. Manejo y conocimiento de técnicas de enseñanza y aprendizaje.

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

PROGRAMA DE POSGRADO EN CIENCIAS FÍSICAS
MAESTRÍA EN CIENCIAS (FÍSICA)

Introducción a la Teoría de Cuerdas					
Clave	**Semestre 1, 2 o 3**	**Créditos 8**	**Campo de conocimiento**	**Física de Altas Energías, Física Nuclear, Gravitación y Física Matemática**	
Modalidad	**Curso (X) Taller ( ) Lab ( ) Sem ()**			**Tipo**	**T (X) P ( ) T/P ( )**
Carácter	**Obligatorio ( ) Optativo (x)** **Obligatorio E ( ) Optativo E ( )**			**Horas**	
Duración del programa	**Semestral**			**Semana**	**Semestre**
				Teóricas: 4	**Teóricas: 64**
				Prácticas: 0	**Prácticas: 0**
				Total: 4	**Total: 64**

Objetivo general:

El alumno adquirirá las ideas centrales de la teoría de cuerdas, desde la definición tradicional basada en objetos unidimensionales hasta conceptos más modernos como branas, dualidades y Teoría M.

Objetivos específicos:

- Conocer los fundamentos de la teoría de cuerdas, la cual es una generalización del lenguaje de teoría de campos que incorpora a la gravedad cuántica.
- Identificar la utilidad de la teoría de cuerdas para aplicaciones en diversas áreas de la física teórica.

Índice temático

	Tema	**Horas semestre**	
		Teóricas	**Prácticas**
1	**Cuantización de la Cuerda Bosónica Libre**	12	0
2	**Interacciones en la Cuerda Bosónica**	14	0
3	**Supercuerdas**	14	0
4	**Dualidad T y D-branas**	12	0
5	**Dualidad S y Teoría M**	12	0
	Total	**64**	**0**
	Suma total de horas	**64**	

Contenido Temático	
	Tema y subtemas
Unidad 1	**Cuantización de la Cuerda Bosónica Libre**
1.1	Motivación de la teoría de cuerdas
1.2	Primera y segunda cuantización de partículas
1.3	Cuantización covariante de cuerdas
1.4	Acción y simetrías
1.5	Teorías de campos conformes en dos dimensiones
1.6	Espectro
1.7	Anomalía de Weyl y dimensión crítica
Unidad 2	**Interacciones en la Cuerda Bosónica**
2.1	Operadores de vértice
2.2	Expansión perturbativa de amplitudes de dispersión
2.3	Amplitudes a nivel árbol
2.4	Amplitudes a un lazo e invariancia modular
Unidad 3	**Supercuerdas**
3.1	Supersimetría en la hoja de mundo
3.2	Cuantización covariante
3.3	Proyección GSO
3.4	Supersimetría en el espacio-tiempo
3.5	Teorías tipo II
3.6	Teorías tipo 0
3.7	Teoría tipo I
3.8	Teorías heteróticas
Unidad 4	**Dualidad T y D-branas**
4.1	Compactificación toroidal
4.2	Orbivariedades
4.3	Dualidad T para cuerdas cerradas
4.4	Dualidad T para cuerdas abiertas
4.5	D-branas
4.6	Estados BPS
4.7	Tensión y carga
4.8	Espectro de excitaciones
4.9	Acción efectiva
4.10	Branas negras
4.11	Cuerdas Born-Infeld
Unidad 5	**Dualidad S y Teoría M**
5.1	Acciones efectivas de supergravedad
5.2	Autodualidad S en la teoría IIB
5.3	Dualidad S entre la teoría I y heterótica SO (32)
5.4	Onceava dimensión en la teoría IIA
5.5	Teoría M
5.6	Teoría heterótica E8 X E8 a partir de la teoría M
5.7	Unificación
5.8	Holografía

Estrategias didácticas		Evaluación del aprendizaje	
Exposición	X	Exámenes parciales	X
Trabajo en equipo		Examen final	X
Lecturas	X	Trabajos y tareas	X
Trabajo de investigación		Presentación de tema	X
Prácticas (taller o laboratorio)		Participción en clase	X
Prácticas de campo		Asistencia	
Aprendizaje por proyectos		Rúbricas	
Aprendizaje basado en problemas		Portafolios	
Casos de enseñanza		Listas de cotejo	
Otras (especificar)		Otras (especificar)	

Bibliografía básica:

- J. Polchinski, *String theory vols. I y II*, Cambridge University Press, Cambridge, 1998.
- M. B. Green y et-al., *Superstring theory Vols. I y II*, Cambridge University Press, Cambridge, 1987.
- K. Becker y M. Becker, J. H., *String Theory and M-Theory: A Modern Introduction*, 2007
- E. Kiritsis, String Theory in a Nutshell, Princeton University Press, 2007.
- D. Bailin y A. Love, *Supersymmetric gauge field theory and string theory* IOP Publishing, 1994.
- B. Hatfield, *Quantum field theory of point particles and strings*, Addison-Wesley, 1992.
- L. Brink y M. Henneaux, *Principles of string theory* Plenum Press, 1988.
- D. Lüst y S. Theisen, *Lectures on string theory* Springer-Verlag, 1989.
- C. V. Johnson, *D-branes*, Cambridge University Press, 2003.
- K. Becker, M. Becker y J. Schwarz, *String Theory and M-Theory: A Modern Introduction*, 2007.

Bibliografía complementaria:

- M. Nakahara, *Geometry, Topology and Physics*, IOP Publishing, 1990.
- M. B. Green y, et-al., *Superstring theory Vols. I y II,* Cambridge University Press, 1987.
- D. Bailin y A. Love, *Supersymmetric gauge field theory and string theory*, IOP Publishing, 1994.
- J. Polchinski, *TASI Lectures on D-branes, hep-th/99611050.* http://arXiv.org/archive/hep-th
- O. Aharony, S. S. Gubser, J. Maldacena, H. Ooguri, y Y. Oz, *Large N field theories, string theory and gravity, Phys. Rept. 323, 183 (2000), hep-th/9905111*,
- H. Nastase, *Introduction to the AdS/CFT Correspondence*, Cambridge University Press (2015).
- J. Erdmenger y M. Ammon, *Gauge/Gravity Duality*, Cambridge University Press (2015). W. Taylor IV, *Matrix theory: matrix quantum mechanics as a fundamental theory, Rev. Mod. Phys. 73, 419 (2001), hep-th/0101126*, http://arXiv.org/archive/hep-th
- A. W. Peet, *The Bekenstein formula and string theory (N-brane theory), Class. Quant. Grav. 15, 3291 (1998), hep-th/9712253.*, http://arXiv.org/archive/hep-th
- A. Sen, *An introduction to non-perturbative string theory, hep-th/9802051*

Perfil profesiográfico:

Quienes impartan esta actividad deberán contar con el grado de Maestro(a) o Doctor(a) o con la dispensa de grado otorgada por el Comité Académico, en alguna disciplina afín a los contenidos de esta actividad académica; experiencia académica o profesional relacionadas con la docencia en los campos del conocimiento del Programa. Tener producción académica o profesional reciente, demostrada con obra académica o profesional reconocida. Manejo y conocimiento de técnicas de enseñanza y aprendizaje.

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

PROGRAMA DE POSGRADO EN CIENCIAS FÍSICAS
MAESTRÍA EN CIENCIAS (FÍSICA)

Métodos Numéricos					
Clave	**Semestre 1, 2 o 3**	**Créditos 8**	**Campo de conocimiento**	**Física de Altas Energías, Física Nuclear, Gravitación y Física Matemática**	
Modalidad	**Curso (X) Taller ( ) Lab ( ) Sem ( )**			**Tipo**	**T (X) P ( ) T/P ( )**
Carácter	**Obligatorio ( ) Optativo (x)** **Obligatorio E ( ) Optativo E ( )**			**Horas**	
Duración del programa		**Semestral**		**Semana**	**Semestre**
				Teóricas 4	**Teóricas 64**
				Prácticas 0	**Prácticas 0**
				Total 4	**Total 64**

Objetivo general:

El alumo aprenderá los elementos básicos de los métodos númericos y técnicas de análisis que pueden ser usadas en una variedad de problemas científicos y de ingeniería.

Objetivos específicos:
Familiarizar a los alumnos con los algoritmos y metodología existentes, para el dominio de aplicación y sus limitaciones.

Índice temático

	Tema	**Horas semestre**	
		Teóricas	**Prácticas**
1	**Conceptos Básicos**	4	0
2	**Solución de ecuaciones**	6	0
3	**Sistemas lineales y no-lineales**	6	0
4	**Interpolación y aproximación**	8	0
5	**Ajuste de curvas**	4	0
6	**Ecuaciones de diferencia y transformadas Z**	6	0
7	**Diferenciación numérica e integración**	6	0
8	**Ecuaciones diferenciales ordinarias**	8	0
9	**Ecuaciones diferenciales parciales**	8	0
10	**Métodos de Monte Carlo**	4	0
11	**Métodos numéricos misceláneos**	4	0
	Total	**64**	**0**
	Suma total de horas	**64**	

Contenido Temático	
	Tema y subtemas
Unidad 1	**Conceptos Básicos**
1.1	Derivada de una función
1.2	Teorema fundamental del cálculo
1.3	Series de Taylor para funciones de una variable
1.4	El símbolo de Landay *O*
1.5	Series de Taylor para funciones de dos variables
1.6	Teorema del valor medio
1.7	Teorema del valor medio para integrales
1.8	Teorema del valor extremal
1.9	Teorema de Rolle
1.10	Teorema del valor intermedio
1.11	Representación de números
1.12	Conversión de números
1.13	Conversión entre diferentes bases
1.14	Almacenamiento de números en la computadora
1.15	Cálculos numéricos
1.16	Secuencias infinitas
Unidad 2	**Solución de ecuaciones**
2.1	Métodos gráficos
2.2	Método de bisección
2.3	Interpolación lineal
2.4	Métodos iterativos
2.5	Convergencia de métodos iterativos
2.6	Método de Newton-Raphson
2.7	Método de Newton-Raphson con raíces múltiples
2.8	Modificación del método de Newton-Raphson
2.9	Método de la secante
2.10	Método de Müller
Unidad 3	**Sistemas lineales y no-lineales**
3.1	Preliminares
3.2	Eigenvalores y eigenvectores
3.3	Operaciones renglón elementales
3.4	Eliminación Gaussiana
3.5	Forma escalonada y rango
3.6	Soluciones y rango
3.7	Descomposición LU
3.8	Métodos iterativos para resolver $A\overline{x} = \overline{b}$
3.9	Método de Gauss-Seidel
3.10	Métodos SOR
3.11	Sistemas no-lineales
3.12	Método de Newton para sistemas de orden más alto
Unidad 4	**Interpolación y aproximación**
4.1	Tablas de diferencias
4.2	Polinomios de interpolación
4.3	Datos uniformemente espaciados
4.4	datos no uniformemente espaciados
4.5	Diferencias divididas
4.6	Términos de error para interpolación de polinomios
4.7	Interpolación con splines cúbicos por partes
4.8	Condición de linealidad
4.9	Interpolación de Hermite

4.10	Funciones especiales y operadores
4.11	Funciones racionales
4.12	Fracciones continuadas
4.13	Representaciones paramétricas
4.14	Funciones ortogonales
Unidad 5	**Ajuste de curvas**
5.1	Mínimos cuadrados
5.2	Regresión lineal
5.3	Mínimos cuadrados pesados
5.4	Regresión no-lineal
Unidad 6	**Ecuaciones de diferencia y transformadas Z**
6.1	Diferencias y ecuaciones de diferencia
6.2	Diferencias especiales
6.3	Integrales finitas
6.4	Suma de series
6.5	Ecuaciones de diferencia con coeficientes constantes
6.6	Ecuaciones de diferencia no-homogéneas
6.7	Transformadas Z
6.8	Propiedades de la transformada Z
Unidad 7	**Diferenciación numérica e integración**
7.1	Aproximación numérica para derivada
7.2	Términos de error para aproximaciones numéricas
7.3	Método de coeficientes subdeterminados
7.4	Integración numérica
7.5	Fórmula de Newton-Cotes
7.6	Integración de Romberg
7.7	Cuadratura adaptativa
7.8	Cuadratura Gaussiana
7.9	Integración de Gauss-Legendre
7.10	Integración de Gauss-Chebyshev
7.11	Integración general de Gauss
7.12	Términos de error
7.13	Integrales impropias
Unidad 8	**Ecuaciones diferenciales ordinarias**
8.1	Ecuaciones de orden más alto
8.2	Solución numérica
8.3	Métodos de un paso
8.4	Método de series de Taylor
8.5	Métodos de Runge-Kutta ordinarios de segundo orden, de tercer orden y de cuarto orden
8.6	Métodos de pasos múltiples
8.7	Fórmula de Adams abierta y cerrada
8.8	Métodos de predictor corrector
8.9	Método de coeficientes subdeterminados
8.10	Términos de error
8.11	Series de Taylor para sistemas de ecuaciones
8.12	Runge-Kutta para sistemas de ecuaciones
8.13	Error local y global
8.14	Estabilidad
8.15	Análisis de estabilidad de métodos de pasos múltiples
8.16	Ecuaciones diferenciales rígidas
8.17	Tamaño variable de paso
8.18	Método de Runge-Kutta-Fehlberg
8.19	Problemas con valor a la frontera

8.20	Métodos de shooting
8.21	Ecuaciones diferenciales con puntos singulares
Unidad 9	**Ecuaciones diferenciales parciales**
9.1	Formas canónicas
9.2	Condiciones iniciales y a la frontera
9.3	La ecuación del calor
9.4	La ecuación de onda
9.5	Ecuación elíptica
9.6	Solución numérica de la ecuación de Laplacae
9.7	Solución numérica de la ecuación del calor
9.8	Método de Crank-Nicolson
9.9	Solución numérica de la ecuación de onda
9.10	Esquema implícito de dirección alternante
9.11	Sistemas de ecuaciones difrenciales parciales
Unidad 10	**Métodos de Monte Carlo**
10.1	Números aleatorios uniformemente distribuidos
10.2	Método de χ^2
10.3	Distribuciones continuas y discretas
10.4	Distribuciones discretas selectas
10.5	Distribuciones continuas selectas
10.6	Ejemplos de Monte Carlo
10.7	Teoría de filas
Unidad 11	**Métodos numéricos misceláneos**
11.1	Sistemas de cómputo paralelo
11.2	Curvas de Bézier
11.3	Splines B
11.4	Ecuación integral de Fredholm
11.5	Series de Neumann
11.6	Ecuación integral de Volterra
11.7	Ecuación diferencial-integral de Boltzmann

Estrategias didácticas		Evaluación del aprendizaje	
Exposición	X	Exámenes parciales	X
Trabajo en equipo		Examen final	X
Lecturas	X	Trabajos y tareas	X
Trabajo de investigación		Presentación de tema	X
Prácticas (taller o laboratorio)		Participación en clase	X
Prácticas de campo		Asistencia	X
Aprendizaje por proyectos		Rúbricas	
Aprendizaje basado en problemas		Portafolios	
Casos de enseñanza		Listas de cotejo	
Otras (especificar)		Otras (especificar)	

Bibliografía básica:

- C.M. Bender y S.A. Orszag, *Advanced Mathematical Methods for Science and Engineering*, Springer, 1999.
- K.F. Riley, M.P. Hobson y S.J. Bence, *Mathematical Methods for Physics and Engineering*, Cambridge UP, 2006.
- P. Blanchard y E. Brüning, *Mathematical Methods in Physics*, Birkhäuser, 2015.
- G.B. Arfken, H.J. Weber, *Mathematical Methods for Physicists*, Elsevier, 2005.
- K. Svozil, *Mathematical Methods of Theoretical Physics*, Funzl, 2015.

Bibliografía complementaria:

- W.H. Press et al, *Numerical Recipes: The Art of Scientific Computing,* Third Edition, Cambridge University Press, 2007.
- J. Heinbockel, *Numerical Methods for Scientific Computing,* Trafford Publishing, 2005.

Perfil profesiográfico:

Quienes impartan esta actividad deberán contar con el grado de Maestro(a) o Doctor(a) o con la dispensa de grado otorgada por el Comité Académico, en alguna disciplina afín a los contenidos de esta actividad académica; experiencia académica o profesional relacionadas con la docencia en los campos del conocimiento del Programa. Tener producción académica o profesional reciente, demostrada con obra académica o profesional reconocida. Manejo y conocimiento de técnicas de enseñanza y aprendizaje.

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

PROGRAMA DE POSGRADO EN CIENCIAS FÍSICAS
MAESTRÍA EN CIENCIAS (FÍSICA)

Montecarlo y Análisis de Datos en Física Experimental de Altas Energías

Clave	Semestre	Créditos	Campo de conocimiento	
	1, 2 o 3	8		Física de Altas Energías, Física Nuclear, Gravitación y Física Matemática

Modalidad	Curso (X) Taller ( ) Lab ( ) Sem ( )	Tipo	T (X) P ( ) T/P ( )
Carácter	Obligatorio ( ) Optativo (X) Obligatorio E ( ) Optativo E ( )	Horas	

Duración del programa	Semestral	Semana	Semestre
		Teóricas 4	Teóricas 64
		Prácticas 0	Prácticas 0
		Total 4	Total 64

Objetivo general:

El alumno profundizará y ampliará sus conocimientos sobre el método de Monte Carlo y sus aplicaciones, principalmente en física de altas energías, a través de una visión amplia de los aspectos más relevante de esta materia en el contexto de la investigación actual.

Objetivos específicos:

- Conocer diferentes técnicas de generación y análisis de procesos físicos en altas energías.
- Identificar las matemáticas estadísticas y herramientas computacionales involucradas en el Método Monte Carlo
- Aplicar el método Monte Carlo en la solución de problemas de diversas áreas de la física, haciendo uso de matemáticas estadísticas y herramientas computacionales

Índice temático

	Tema	Horas semestre	
		Teóricas	Prácticas
1	Distribuciones y teoremas de probabilidad	10	0
2	Estimación de parámetros y Análisis de errores	10	0
3	Método Monte Carlo	12	0
4	Monte Carlo y sus aplicaciones	16	0
5	Monte Carlo en física de altas energías	16	0
	Total	64	0
	Suma total de horas	64	

Contenido Temático	
	Tema y subtemas
Unidad 1	**Distribuciones y teoremas de probabilidad**
1.1	Distribuciones de probabilidad Binomial, hipergeométrica, Poisson, Landau, Lorenciana, normal
1.2	Teorema de límite central
1.3	Teorema de Bayes
1.4	Límites de confianza
Unidad 2	**Estimación de parámetros y Análisis de errores**
2.1	Métodos de optimización de errores, probabilidad y más allá
2.2	Análisis de errores estadísticos y sistemáticos
2.3	Propagación de errores
Unidad 3	**Método Monte Carlo**
3.1	Introducción, generación de números aleatorios
3.2	Variables aleatorias discretas y continuas
3.3	Generación de vectores aleatorios
3.4	Procesos de Poisson
Unidad 4	**Monte Carlo y sus aplicaciones**
4.1	Aplicación en física nuclear, astronomía, estadística, medicina (radioterapia) y otras
Unidad 5	**Monte Carlo en física de altas energías**
5.1	Generadores de eventos código de partículas
5.2	Procesos difractivos y no difractivos
5.3	Decaimientos fuertes y débiles
5.4	Producción fragmentación y fenómenos asociados
5.5	Simulación de detectores y reconstrucción de procesos físicos

Estrategias didácticas		Evaluación del aprendizaje	
Exposición	x	Exámenes parciales	X
Trabajo en equipo	x	Examen final	X
Lecturas		Trabajos y tareas	X
Trabajo de investigación	x	Presentación de tema	X
Prácticas (taller o laboratorio)		Participación en clase	X
Prácticas de campo		Asistencia	
Aprendizaje por proyectos		Rúbricas	
Aprendizaje basado en problemas	x	Portafolios	
Casos de enseñanza		Listas de cotejo	
Otras (especificar)		Otras (especificar)	

Bibliografía básica:

- B. P. Roe, *Probability and statistics in experimental physics, Segunda Edición*, Springer- Verlag, 2001.
- P. R. Bevington, *Data reduction and error analysis for the physical sciences, Segunda Edición*, McGraw-Hill, New York, 1992.
- G. S. Fishman, *Monte Carlo: concepts algorithms and applications*, Springer, New York, 1995.
- Ilya M. Sobol, *Metodo de Monte Carlo*, Mir, Moscú, 1983.
- http://home.thep.lu.se/Pythia/

Bibliografía complementaria:

- Neal Madras, Lectures on Monte Carlo Methods, American Mathematical Societed.
- Reuven Y. Rubinstein, Dirk P. Kroese, Simulation and the Monte Carlo Method.
- http://geant4.cern.ch/
- http://www.fluka.org/fluka.php

Perfil profesiográfico:

Quienes impartan esta actividad deberán contar con el grado de Maestro(a) o Doctor(a) o con la dispensa de grado otorgada por el Comité Académico, en alguna disciplina afín a los contenidos de esta actividad académica; experiencia académica o profesional relacionadas con la docencia en los campos del conocimiento del Programa. Tener producción académica o profesional reciente, demostrada con obra académica o profesional reconocida. Manejo y conocimiento de técnicas de enseñanza y aprendizaje.

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

PROGRAMA DE POSGRADO EN CIENCIAS FÍSICAS
MAESTRÍA EN CIENCIAS (FÍSICA)

Relatividad General Avanzada					
Clave	**Semestre 1, 2 o 3**	**Créditos 8**	**Campo de conocimiento**	**Física de Altas Energías, Física Nuclear, Gravitación y Física Matemática**	
Modalidad	**Curso (X) Taller ( ) Lab ( ) Sem ( )**			**Tipo**	**T (X) P ( ) T/P ( )**
Carácter	**Obligatorio ( ) Optativo (X)** **Obligatorio E ( ) Optativo E ( )**			**Horas**	
Duración del programa	**Semestral**			**Semana**	**Semestre**
				Teóricas 4	**Teóricas 64**
				Prácticas 0	**Prácticas 0**
				Total 4	**Total 64**

Objetivo general:

El alumno adquirirá conocimentos avanzados sobre la Relatividad General, lo que le permitirá tener una mayor visión de los aspectos más relevante de esta materia en el contexto de la investigación actual.

Objetivos específicos:

Identifcar los aspectos más avanzados de relatividad general en temas actuales de investigación, abarcando distintas formulaciones de la teoría y resultados centrales para el estudio formal de agujeros negros y cosmología.

Índice temático

	Tema	**Horas semestre**	
		Teóricas	**Prácticas**
1	**Análisis de soluciones exactas**	16	0
2	**Estructura causal y singularidades**	16	0
3	**Formulación de valores iniciales y formulación hamiltoniana**	16	0
4	**Comportamiento asintóticamente plano y agujeros negros**	16	0
	Total	**64**	**0**
	Suma total de horas	**64**	

Contenido Temático	
	Tema y subtemas
Unidad 1	**Análisis de soluciones exactas**
1.1	Soluciones estacionarias y axisimétricas
1.2	Solución de Kerr-Newman
1.3	Espacios de de-Sitter y anti de-Sitter
1.4	Modelos cosmológicos de Bianchi
1.5	Taub-NUT y de Goedel
1.6	Clasificación de soluciones y soluciones algebraicamente especiales
Unidad 2	**Estructura causal y singularidades**
2.1	Futuros y pasados temporales y causales
2.2	Dominios de dependencia e hiperbolicidad global
2.3	Congruencias de geodésicas y ecuación de Raychaudhuri
2.4	Teoremas de singularidades
Unidad 3	**Formulación de valores iniciales y formulación hamiltoniana**
3.1	Teorema de Cauchy-Kowalewski
3.2	Métrica inducida en subvariedades y curvatura intrínseca
3.3	Formulación inicial y Hamiltoniana de la Relatividad General
Unidad 4	**Comportamiento asintóticamente plano y agujeros negros**
4.1	Definición de espacio-tiempo asintóticamente planos
4.2	Energía-momento y momento angular (formulación ADM)
4.3	Definición de agujeros negros
4.4	Conjetura de la censura cósmica

Estrategias didácticas		Evaluación del aprendizaje	
Exposición	X	Exámenes parciales	X
Trabajo en equipo		Examen final	X
Lecturas	X	Trabajos y tareas	X
Trabajo de investigación		Presentación de tema	X
Prácticas (taller o laboratorio)		Participación en clase	X
Prácticas de campo		Asistencia	
Aprendizaje por proyectos		Rúbricas	
Aprendizaje basado en problemas		Portafolios	
Casos de enseñanza		Listas de cotejo	
Otras (especificar)		Otras (especificar)	

Bibliografía básica:

- Wald R. M., *General relativity*, The University of Chicago Press, 1984.
- Weinberg S., *Gravitation And Cosmology: Principles And Applications Of The General Theory Of Relativity*, Wiley, New York, 2008.
- Hawking S. W. y Ellis G. F. R., *The large scale structure of space-time*, Cambridge University Press, 1973.
- T. Padmanabhan, Gravitation: Foundations and Frontiers, Cambridge University Press, 1st. Edition. 2010
- Misner C. W., Thorne K. S. y Wheeler J. A., *Gravitation*, Princeton University Press, 2017.

Bibliografía complementaria:

- Carroll S. M., *Spacetime and Geometry: An Introduction to General Relativity*, Addison Wesley, 2004.
- D'Inverno R., *Introducing Einstein's Relativity*, Clarendon Press, 1992.
- Eric Poisson, *A Relativist's Toolkit: The Mathematics of Black-Hole Mechanics*, Cambridge University Press, 2007.

Perfil profesiográfico:

Quienes impartan esta actividad deberán contar con el grado de Maestro(a) o Doctor(a) o con la dispensa de grado otorgada por el Comité Académico, en alguna disciplina afín a los contenidos de esta actividad académica; experiencia académica o profesional relacionadas con la docencia en los campos del conocimiento del Programa. Tener producción académica o profesional reciente, demostrada con obra académica o profesional reconocida. Manejo y conocimiento de técnicas de enseñanza y aprendizaje.

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

PROGRAMA DE POSGRADO EN CIENCIAS FÍSICAS
MAESTRÍA EN CIENCIAS (FÍSICA)

Relatividad Numérica					
Clave	**Semestre 1, 2 o 3**	**Créditos 8**	**Campo de conocimiento**	**Física de Altas Energías, Física Nuclear, Gravitación y Física Matemática**	
Modalidad	**Curso (X) Taller ( ) Lab ( ) Sem ( )**			**Tipo**	**T (x) P ( ) T/P ()**
Carácter	**Obligatorio ( ) Optativo (x)** **Obligatorio E ( ) Optativo E ( )**			**Horas**	
Duración del programa	**Semestral**			**Semana**	**Semestre**
				Teóricas 4	**Teóricas 64**
				Prácticas 0	**Prácticas 0**
				Total 4	**Total 64**

Objetivo general:
El alumno conocerá las técnicas modernas en relatividad numérica en 3+1 dimensiones.

Objetivos específicos:
Analizar los diferentes conceptos y herramientas necesarios para la simulación numérica consistente de sistemas astrofísicos relativistas, con campos gravitacionales fuertes y dinámicos.

Índice temático

	Tema	**Horas semestre**	
		Teóricas	**Prácticas**
1	**Relatividad general**	4	0
2	**Formalismo 3+1**	8	0
3	**Datos iniciales**	8	0
4	**Condiciones de norma**	8	0
5	**Formulaciones hiperbólicas y BSSN**	8	0
6	**Agujeros negros**	8	0
7	**Hidrodinámica relativista**	8	0
8	**Métodos numéricos**	12	0
	Total	**64**	**0**
	Suma total de horas	**64**	

Contenido Temático	
	Tema y subtemas
Unidad 1	**Relatividad general**
1.1	Resumen de relatividad general
Unidad 2	**Formalismo 3+1**
2.1	Ecuaciones ADM
2.2	Datos iniciales
2.3	Condiciones de norma
Unidad 3	**Datos iniciales**
3.1	Descomposición conforme York-Lichnerowicz

3.2	Datos iniciales para múltiples agujeros negros
3.3	Sistema binario de agujeros negros en órbitas cuasicirculares
Unidad 4	**Condiciones de norma**
4.1	Condiciones de foliación
4.2	Condiciones en el vector de corrimiento
Unidad 5	**Formulaciones hiperbólicas y BSSN**
5.1	Concepto de hiperbolicidad
5.2	Hiperbolicidad y las ecuaciones ADM
5.3	Formulación BSSN
5.4	Hiperbolicidad de las ecuaciones BSSN
5.5	Condiciones de frontera
Unidad 6	**Agujeros negros**
6.1	Evolución de punturas estáticas
6.2	Punturas movibles
6.3	Horizontes aparentes
6.4	Horizontes de eventos
Unidad 7	**Hidrodinámica relativista**
7.1	Hidrodinámica en relatividad especial y general
7.2	Ecuaciones de hidrodinámica en el formalismo 3+1
7.3	Ecuaciones de estado
7.4	Fluidos imperfectos
Unidad 8	**Métodos numéricos**
8.1	Diferencias finitas
8.2	Consistencia, convergencia y estabilidad
8.3	Ecuaciones diferenciales ordinarias
8.4	Clasificación de ecuaciones diferenciales parciales
8.5	Ecuaciones hiperbólicas
8.6	Sistemas de ecuaciones de primer grado
8.7	Ecuaciones elípticas

Estrategias didácticas		**Evaluación del aprendizaje**	
Exposición	X	Exámenes parciales	X
Trabajo en equipo		Examen final	X
Lecturas	X	Trabajos y tareas	X
Trabajo de investigación		Presentación de tema	
Prácticas (taller o laboratorio)		Participación en clase	
Prácticas de campo		Asistencia	
Aprendizaje por proyectos		Rúbricas	
Aprendizaje basado en problemas	x	Portafolios	
Casos de enseñanza		Listas de cotejo	
Otras (especificar)		Otras (especificar)	

Bibliografía básica:

- M. Alcubierre, *Introduction to 3+1 Numerical Relativity*, Oxford University Press, 2008.
- T. Baumgarte, S. Shapiro, *Numerical Relativity: Solving Einstein's Equations on the Computer*, Cambridge University Press, 2010.
- W.H. Press, S.A. Teukolsky, W.T. Vetterling, B.P. Flannery, Numerical Recipes: The Art of Scientific Computing, Cambridge University Press, 2007.
- H.O. Kreiss, O.E. Ortiz, *Introduction to Numerical Methods for Time Dependent Differential Equations*, Wiley, 2014.
- E. Gourgoulhon, *3+1 Formalism in General Relativity: Bases of Numerical Relativity*, Springer, 2012.

Bibliografía complementaria:

- C. Bona, C. Palenzuela, C. Bona-Casas, *Elements of Numerical Relativity and Relativistic Hydrodynamics: From Einstein' s Equations to Astrophysical Simulations*, Springer, 2009.
- M. Shibata, *Numerical Relativity*, World Scientific, 2015.
- R.D. Ritchmyer, K. Morton, *Difference Methods for Initial Value Problems*, Intersciencie Publishers, 1967.
- R.J. Leveque, Birkhauser Verlag, *Numerical Methods for Conservation Laws*, 1992.

Perfil profesiográfico:

Quienes impartan esta actividad deberán contar con el grado de Maestro(a) o Doctor(a) o con la dispensa de grado otorgada por el Comité Académico, en alguna disciplina afín a los contenidos de esta actividad académica; experiencia académica o profesional relacionadas con la docencia en los campos del conocimiento del Programa. Tener producción académica o profesional reciente, demostrada con obra académica o profesional reconocida. Manejo y conocimiento de técnicas de enseñanza y aprendizaje.

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

PROGRAMA DE POSGRADO EN CIENCIAS FÍSICAS
MAESTRÍA EN CIENCIAS (FÍSICA)

Simetrías en Física					
Clave	**Semestre 1, 2 o 3**	**Créditos 8**	**Campo de conocimiento**	**Física de Altas Energías, Física Nuclear, Gravitación y Física Matemática**	
Modalidad	**Curso (X) Taller ( ) Lab ( ) Sem ( )**			**Tipo**	**T (X) P ( ) T/P ( )**
Carácter	**Obligatorio ( ) Optativo (X)** **Obligatorio E ( ) Optativo E ( )**			**Horas**	
Duración del programa		**Semestral**		**Semana**	**Semestre**
				Teóricas 4	**Teóricas 64**
				Prácticas 0	**Prácticas 0**
				Total 4	**Total 64**

Objetivo general:

El alumno adquirirá las bases de la teoría de grupos para estudiar las simetrías de sistemas cuánticos.

Objetivos específicos:

Comprender los conceptos básicos de grupos y álgebras de Lie, teoría de representaciones, álgebras de tensores.

Índice temático

	Tema	**Horas semestre**	
		Teóricas	**Prácticas**
1	**Conceptos básicos**	12	0
2	**Grupos y álgebras de Lie**	12	0
3	**Teoría de representaciones**	12	0
4	**Álgebra de tensores**	16	0
5	**Aplicaciones**	12	0
	Total	**64**	**0**
	Suma total de horas	**64**	

Contenido Temático	
	Tema y subtemas
Unidad 1	**Conceptos básicos**
1.1	Los protagonistas: Galois, Lie y Noether
1.2	Teoría de grupos
1.3	Grupos de permutaciones
1.4	Transformaciones y puntuales
Unidad 2	**Grupos y álgebras de Lie**
2.1	Transformaciones unitarias, ortogonales y simplécticas
2.2	Relación entre SO(3) y SU(2)

2.3	Productos directos y sumas directas
Unidad 3	**Teoría de representaciones**
3.1	Grupos unitarios, ortogonales y simplécticos
3.2	Operadores de Casimir
Unidad 4	**Álgebra de tensores**
4.1	Tensores irreducibles
4.2	Reglas de reducción
4.3	Álgebra de Racah-Wigner
4.4	Teorema de Wigner-Eckart
Unidad 5	**Aplicaciones**
5.1	Simetría de isoespín: SU(2)
5.2	Modelo de Lipkin-Meshkov-Glick
5.3	Simetrías del modelo de quarks
5.4	Teorías de norma de Yang-Mills
5.5	Modelo de bosones interactuantes (IBM)
5.6	Modelo algebraico de cúmulos

Estrategias didácticas		**Evaluación del aprendizaje**	
Exposición		Exámenes parciales	X
Trabajo en equipo		Examen final	X
Lecturas	X	Trabajos y tareas	X
Trabajo de investigación		Presentación de tema	
Prácticas (taller o laboratorio)		Participación en clase	X
Prácticas de campo		Asistencia	X
Aprendizaje por proyectos		Rúbricas	
Aprendizaje basado en problemas	X	Portafolios	
Casos de enseñanza		Listas de cotejo	
Otras (especificar)		Otras (especificar)	

Bibliografía básica:

- Francesco Iachello, Lie Algebras and Applications, Second Edition (Lecture Notes in Physics 891, Springer, 2015)
- Fl. Stancu, Group Theory in Subnuclear Physics (Oxford University Press, 1996)
- Morton Hamermesh, Group Theory and its Application to Physical Problems (Addison-Wesley, 1962 and Dover, 1989)
- Brian G. Wybourne, Classical Groups for Physicists (Wiley, 1974)
- J.P. Elliott and P.G. Dawber, Symmetry in Physics. Vol. 1: Principles and Simple Applications, and Vol. 2: Further Applications (Oxford University Press, 1979)

Bibliografía complementaria:

- Sidney Coleman, Aspects of Symmetry. Selected Erice Lectures (Cambridge University Press, 1985)
- Howard Georgi, Lie Algebras in Particle Physics. From Isospin to Unified Theories. Second Edition
- (Frontiers in Physics 54, Westview Press, 1999)

Perfil profesiográfico:

Quienes impartan esta actividad deberán contar con el grado de Maestro(a) o Doctor(a) o con la dispensa de grado otorgada por el Comité Académico, en alguna disciplina afín a los contenidos de esta actividad académica; experiencia académica o profesional relacionadas con la docencia en los campos del conocimiento del Programa. Tener producción académica o profesional reciente, demostrada con obra académica o profesional reconocida. Manejo y conocimiento de técnicas de enseñanza y aprendizaje.

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

PROGRAMA DE POSGRADO EN CIENCIAS FÍSICAS
MAESTRÍA EN CIENCIAS (FÍSICA)

Supersimetría					
Clave	**Semestre 1, 2 o 3**	**Créditos 8**	**Campo de conocimiento**	**Física de Altas Energías, Física Nuclear, Gravitación y Física Matemática**	
Modalidad	**Curso (x) Taller ( ) Lab ( ) Sem ( )**			**Tipo**	**T (x) P ( ) T/P ( )**
Carácter	**Obligatorio ( ) Optativo (x)** **Obligatorio E ( ) Optativo E ( )**			**Horas**	
Duración del programa	**Semestral**			**Semana**	**Semestre**
				Teóricas 4	**Teóricas 64**
				Prácticas 0	**Prácticas 0**
				Total 4	**Total 64**

Objetivo general:

El alumno conocerá las teorías del campo supersimétricas, y cómo pueden ser una extensión viable del Modelo Estándar de partículas elementales.

Objetivos específicos:

- Manejar el formalismo matemático y determinar las consecuencias fenomenológicas de la supersimetría.
- Entender el rompimiento espontáneo y explícito de la supersimetría.

Índice temático

	Tema	**Horas semestre**	
		Teóricas	**Prácticas**
1	**Introducción**	8	0
2	**Superespacio y supercampos en 4D**	10	0
3	**Rompimiento de supersimetría**	10	0
4	**Modelo mínimo supersimétrico (MSSM)**	10	0
5	**Fenomenología de partículas supersimétricas**	10	0
6	**Supergravedad**	8	0
7	**Bases de fenomenología supergravitacional**	8	0
	Total	**64**	**0**
	Suma total de horas	**64**	

Contenido Temático	
	Tema y subtemas
Unidad 1	**Introducción**
1.1	Álgebras gradadas y teorema de Coleman-Mandula
1.2	Espinores de Dirac y Weyl
1.3	Transformaciones supersimétricas
1.4	Grupo de super-Poincaré como máxima simetría del espacio-tiempo
1.5	Supersimetría extendida
Unidad 2	**Superespacio y supercampos en 4D**
2.1	Espacio de supercoordenadas
2.2	Supercampos quirales y vectoriales
2.3	lagrangianos de supermultipletes quirales
2.4	Interacciones de supermultipletes quirales
2.5	Lagrangianos de supermultipletes vectoriales
2.6	Interacciones de norma supersimétricas
Unidad 3	**Rompimiento de supersimetría**
3.1	Rompimiento espontáneo
3.1.1	Rompimiento de Fayet-Iliopoulos (término D)
3.1.2	Rompimiento de O'Raifertaigh (término F)
3.2	Rompimiento explícito mediante términos suaves
Unidad 4	**Modelo mínimo supersimétrico (MSSM)**
4.1	El superpotencial del MSSM y sus simetrías
4.2	Rompimiento suave de supersimetría en el MSSM
4.3	Grupo de renormalización en el MSSM
Unidad 5	**Fenomenología de partículas supersimétricas**
5.1	El problema de jerarquía del SM y su solución en el MSSM
5.2	Origen de términos suaves y mecanismos de mediación
5.3	Mecanismo de Higgs en el MSSM
5.4	Espectro de masas
5.5	El problema de jerarquía pequeña
5.6	Cotas experimentales para partículas supersimétricas
Unidad 6	**Supergravedad**
6.1	Supergravedad N=1 en 4D
6.2	El gravitón y el gravitino
6.3	Acoplamiento de supergravedad a materia
Unidad 7	**Bases de fenomenología supergravitacional**
7.1	Rompimiento de supersimetría y el supermecanismo de Higgs
7.2	Mecanismo de mediación gravitacional
7.3	Modelos sin escala
7.4	Supergravedad y espacio de anti-de Sitter
7.5	Supergravedad y algunos aspectos cosmológicos

Estrategias didácticas		Evaluación del aprendizaje	
Exposición	X	Exámenes parciales	X
Trabajo en equipo		Examen final	X
Lecturas	X	Trabajos y tareas	X
Trabajo de investigación		Presentación de tema	X
Prácticas (taller o laboratorio)		Participación en clase	X
Prácticas de campo		Asistencia	
Aprendizaje por proyectos		Rúbricas	
Aprendizaje basado en problemas		Portafolios	
Casos de enseñanza		Listas de cotejo	
Otras (especificar)		Otras (especificar)	

Bibliografía básica:

- S. Weinberg, The quantum theory of fields, Vl. 3: Supersymmetry, Cambridge University Press, Cambridge U.K., 2000.
- J. Wess and J. Bagger, Supersymmetry and Supergravity, Princeton U. Press, 1992.
- D.Z. Freedman y A. Van Proeyen, Supergravity, Cambridge University Press, Cambridge U.K., 2012.
- D. Bailin y A. Love, Supersymmetric Gauge Field Theory and String Theory (Graduate Student Series in Physics), Taylor and Francis, Cambridge UK , 1994.
- P. West, Introduction to Supersymmetry and Supergravity, World Scientific, 1990.

Bibliografía complementaria:

- P.P. Srivastava, Supersymmetry, Superfields and Supergravity: An Introduction (Graduate Student Series in Physics), Bristol, UK, 1986.
- P.G.O. Freund, Introduction to Supersymmetry (Cambridge Monographs On Mathematical Physics), Cambridge University Press, Cambridge U.K., 1986.
- M.F. Sohnius, Phys. Rept. 128, 1985, 39.
- H.P. Nilles, Supersymmetry, supergravity and particle physics, Phys. Rept. 110, 1984.
- S.P. Martin, A supersymmetry primer, http://arxiv.org/abs/hep-ph/9709356.
- J. Terning, Modern Supersymmetry, Oxford University Press, 2011

Perfil profesiográfico:

Quienes impartan esta actividad deberán contar con el grado de Maestro(a) o Doctor(a) o con la dispensa de grado otorgada por el Comité Académico, en alguna disciplina afín a los contenidos de esta actividad académica; experiencia académica o profesional relacionadas con la docencia en los campos del conocimiento del Programa. Tener producción académica o profesional reciente, demostrada con obra académica o profesional reconocida. Manejo y conocimiento de técnicas de enseñanza y aprendizaje.

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

PROGRAMA DE POSGRADO EN CIENCIAS FÍSICAS
MAESTRÍA EN CIENCIAS (FÍSICA)

Teoría de Campos en Fondos Curvos					
Clave	**Semestre 1, 2 o 3**	**Créditos 8**	**Campo de conocimiento**	**Física de Altas Energías, Física Nuclear, Gravitación y Física Matemática**	
Modalidad	**Curso (X) Taller ( ) Lab ( ) Sem ( )**			**Tipo**	**T (X) P ( ) T/P ( )**
Carácter	**Obligatorio ( ) Optativo (X)** **Obligatorio E ( ) Optativo E ( )**			**Horas**	
Duración del programa	**Semestral**			**Semana**	**Semestre**
				Teóricas 4	**Teóricas 64**
				Prácticas 0	**Prácticas 0**
				Total 4	**Total 64**

Objetivo general:

El alumno adquirirá los conocimientos referentes a la teoría cuántica de campos en espacio-tiempos curvos de fondo, que le permitan realizar investigación en el área.

Objetivos específicos:

- Comprender el formalismo de teoría cuántica de campos en espacio-tiempos curvos.
- Entender los fundamentos de la teoría en espacio-tiempo plano y las razones por las que suceden el efecto Unruh y la radiación de Hawking.

Índice temático

	Tema	**Horas semestre**	
		Teóricas	**Prácticas**
1	**Repaso de Mecánica Cuántica**	12	0
2	**Campos cuánticos en espacio-tiempo plano**	12	0
3	**Campos cuánticos en espacio-tiempo curvo**	28	0
4	**Predicciones novedosas de la teoría**	12	0
	Total	**64**	**0**
	Suma total de horas	**64**	

Contenido Temático

	Tema y subtemas
Unidad 1	**Repaso de Mecánica Cuántica**
1.1	Teorema Espectral
1.2	Distribuciones
1.3	Espacios de Hilbert
1.4	Cuantización de sistemas mecánicos
1.5	Osciladores armónicos
1.6	Teorema de Stone–von Neumann

Unidad 2	**Campos cuánticos en espacio-tiempo plano**
2.1	Cuantización básica del campo escalar en un espacio-tiempo plano
2.2	Reformulación en el lenguaje útil para espacios curvos
2.3	Noción de partícula
Unidad 3	**Campos cuánticos en espacio-tiempo curvo**
3.1	Hiperbolicidad global
3.2	Construcción de una teoría cuántica de campos en espacio-tiempos curvos
3.3	Cuantización en situaciones estacionarias
3.4	Equivalencia unitaria y matriz S
3.5	Enfoque algebraico
Unidad 4	**Predicciones novedosas de la teoría**
4.1	Tensor energía-momento y estados de Hadamard
4.2	Efecto Unruh
4.3	Radiación de Hawking

Estrategias didácticas		**Evaluación del aprendizaje**	
Exposición	X	Exámenes parciales	X
Trabajo en equipo		Examen final	X
Lecturas	X	Trabajos y tareas	X
Trabajo de investigación		Presentación de tema	X
Prácticas (taller o laboratorio)		Participación en clase	X
Prácticas de campo		Asistencia	X
Aprendizaje por proyectos		Rúbricas	
Aprendizaje basado en problemas		Portafolios	
Casos de enseñanza		Listas de cotejo	
Otras (especificar)		Otras (especificar)	

Bibliografía básica:

- Birrell N. y Davies P. C. W., *Quantum fields in curved space*, Cambridge University Press, 1982.
- Wald R. M., *Quantum Field Theory in Curved Spacetime and Black Hole Thermodynamics*, The University of Chicago Press, 1994.
- Fulling S. A., *Aspects of Quantum Field Theory in Curved Spacetime*, Cambridge University Press, 1989.
- Parker L. y Toms D. *Quantum Field Theory in Curved Spacetime. Quantized Fields and Gravity.* Cambridge Monographs on Mathematical Physics 2009
- Bär C. y Fredenhagen K. (Eds.), *Quantum Field Theory on Curved Spacetimes*, Springer 2009.

Bibliografía complementaria:

- Baez J., Segal I. y Zhou Z. *Introduction to Algebraic and Constructive Quantum Field Theory.* Princeton University Press 1992.
- Brunetti, R., Dappiaggi, C., Fredenhagen, K., Yngvason, J. (Eds.), *Advances in Algebraic Quantum Field Theory*, Springer International Publishing 2015.

Perfil profesiográfico:

Quienes impartan esta actividad deberán contar con el grado de Maestro(a) o Doctor(a) o con la dispensa de grado otorgada por el Comité Académico, en alguna disciplina afín a los contenidos de esta actividad académica; experiencia académica o profesional relacionadas con la docencia en los campos del conocimiento del Programa. Tener producción académica o profesional reciente, demostrada con obra académica o profesional reconocida. Manejo y conocimiento de técnicas de enseñanza y aprendizaje.

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

PROGRAMA DE POSGRADO EN CIENCIAS FÍSICAS
MAESTRÍA EN CIENCIAS (FÍSICA)

Teoría Cuántica de Campos II					
Clave	**Semestre 1, 2 o 3**	**Créditos 8**	**Campo de conocimiento**	**Física de Altas Energías, Física Nuclear, Gravitación y Física Matemática**	
Modalidad	**Curso (X) Taller ( ) Lab ( ) Sem ( )**			**Tipo**	**T (X) P ( ) T/P ( )**
Carácter	**Obligatorio ( ) Optativo (x)** **Obligatorio E ( ) Optativo E ( )**			**Horas**	
Duración del programa	**Semestral**			**Semana**	**Semestre**
				Teóricas 4	**Teóricas 64**
				Prácticas 0	**Prácticas 0**
				Total 4	**Total 64**

Objetivo general:

El alumno ampliará y profundizará sus conocimientos sobre el tema, adquiriendo así, un mayor dominio y conceptos avanzados del lenguaje de la teoría cuántica de campos.

Objetivos específicos:

- Identificar y manejar las técnicas de regularización y renormalización, con el fin de extraer resultados físicos a partir del lenguaje de campos.
- Conocer la cuantización y renormalización de teorías no abelianas.

Índice temático

	Tema	**Horas semestre**	
		Teóricas	**Prácticas**
1	**Acción Efectiva y Simetría**	4	0
2	**Regularización y Renormalización del campo escalar**	16	0
3	**Regularización y Renormalización de QED**	16	0
4	**Grupo de Renormalización**	12	0
5	**Cuantización y Renormalización de Yang-Mills y QCD**	12	0
6	**Anomalías**	4	0
	Total	**64**	**0**
	Suma total de horas	**64**	

Contenido Temático	
	Tema y subtemas
Unidad 1	**Acción Efectiva y Simetría**
1.1	Funcional generadora de gráficas conectadas
1.2	Acción efectiva y desarrollo en lazos
1.3	Ecuaciones de Schwinger-Dyson
1.4	Identidades de Ward-Takahashi
Unidad 2	**Regularización y Renormalización del campo escalar**
2.1	Divergencias a un lazo en correladores de 2 y 4 puntos en teoría ϕ^4
2.2	Regularización (mencionar varios métodos)
2.3	Expansión perturbativa renormalizada: contratérminos, condiciones de renormalización y cancelación de los infinitos
2.4	Diagramas irreducibles por 1 partícula y acción efectiva
2.5	Análisis de renormalizabilidad en una teoría genérica por conteo de potencias: teorías/interacciones súper-renormalizables, estrictamente renormalizables y no renormalizables
2.6	Divergencias traslapantes
2.7	BPHZ
Unidad 3	**Regularización y Renormalización de QED**
3.1	Regularización dimensional
3.2	Autoenergía del fotón y renormalización de la carga
3.3	Autoenergía del electrón
3.4	Función de vértice del electrón
3.5	Momento magnético anómalo
3.6	Divergencias infrarrojas
Unidad 4	**Grupo de Renormalización**
4.1	Grupo de renormalización con escala deslizante
4.2	Tipos de comportamiento asintótico en el UV e IR
4.3	Ecuación de Callan-Symanzik
4.4	Grupo de renormalización Wilsoniano
Unidad 5	**Cuantización y Renormalización de Yang-Mills y QCD**
5.1	Repaso de Yang-Mills a nivel clásico
5.2	Cuantización por método de Faddeev-Popov y reglas de Feynman
5.3	Libertad asintótica
Unidad 6	**Anomalías**
6.1	Anomalía quiral. Teorema de Adler-Bardeen
6.2	Anomalías de norma
6.3	Teorías de norma libres de anomalías

Estrategias didácticas		Evaluación del aprendizaje	
Exposición	X	Exámenes parciales	X
Trabajo en equipo		Examen final	X
Lecturas	X	Trabajos y tareas	X
Trabajo de investigación		Presentación de tema	X
Prácticas (taller o laboratorio)		Participación en clase	X
Prácticas de campo		Asistencia	
Aprendizaje por proyectos		Rúbricas	
Aprendizaje basado en problemas		Portafolios	
Casos de enseñanza		Listas de cotejo	
Otras (especificar)		Otras (especificar)	

Bibliografía básica:

- M. Srednicki, *Quantum Field Theory*, Cambridge University Press, 2007.
- M.E. Peskin y D.V. Schroeder, *An Introduction to Quantum Field Theory*, Addison-Wesley Publishing Company, 1995.
- J. Collins, *Renormalization*, Cambridge, 1986
- R.A. Bertlmann, *Anomalies in Quantum Field Theory*, Oxford University Press, 2001.
- S. Weinberg, *The quantum theory of fields Vols. I y II*, Cambridge University Press, Cambridge, 1995.

Bibliografía complementaria:

- T. Muta, Foundations of Quantum Chromodynamics, 3 ed. World Scientific, Singapore, 2010.
- S. J. Chang, *Introduction to quantum field theory*, World Scientific, Singapore, 1990
- A. Das, *Field theory (a path integral approach)*, World Scientific, Singapore, 1993.
- V.B. Berestetskii *et al.*, *(Landau y Lifshitz Course of Theoretical Physics Vol. 4) Quantum electrodynamics*, Pergamon Press, 1982.
- N. N. Bogoliubov y D. V. Shirkov, *Introducction to the theory of quantized fields*, John Wiley & Sons, 1980.

Perfil profesiográfico:

Quienes impartan esta actividad deberán contar con el grado de Maestro(a) o Doctor(a) o con la dispensa de grado otorgada por el Comité Académico, en alguna disciplina afín a los contenidos de esta actividad académica; experiencia académica o profesional relacionadas con la docencia en los campos del conocimiento del Programa. Tener producción académica o profesional reciente, demostrada con obra académica o profesional reconocida. Manejo y conocimiento de técnicas de enseñanza y aprendizaje.

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

PROGRAMA DE POSGRADO EN CIENCIAS FÍSICAS
MAESTRÍA EN CIENCIAS (FÍSICA)

Teoría Térmica de Campos

Clave	Semestre 1, 2 o 3	Créditos 8	Campo de conocimiento	Física de Altas Energías, Física Nuclear, Gravitación y Física Matemática

Modalidad	**Curso (X) Taller ( ) Lab ( ) Sem ()**	**Tipo**	**T (X) P ( ) T/P ( )**
Carácter	**Obligatorio ( ) Optativo (X)** **Obligatorio E () Optativo E ( )**	**Horas**	

Duración del programa	Semestral	Semana	Semestre
		Teóricas: 4	**Teóricas: 64**
		Prácticas: 0	**Prácticas: 0**
		Total: 4	**Total: 64**

Objetivo general:
El alumno conocerá los conceptos fundamentales y técnicas de la teoría térmica de campos, que le permitan describir sistemas de partículas elementales en condiciones extremas.

Objetivos específicos:

- Describir fenómenos relacionados con la física de partículas elementales cuando éstas se encuentran en situaciones físicas que requieren su descripción en términos estadísticos.
- Conocer las diferentes aplicaciones de la teoría térmica de campos.

Índice temático

	Tema	Horas semestre	
		Teóricas	Prácticas
1	Introducción	8	0
2	Campos escalares	8	0
3	Resumación	6	0
4	Campos fermiónicos a temperatura finita	10	0
5	Campos de norma a temperatura finita	10	0
6	Teoría de respuesta lineal	6	0
7	El plasma relativista	8	0
8	Aplicaciones	8	0
	Total	**64**	**0**
	Suma total de horas	**64**	

Contenido Temático	
	Tema y subtemas
Unidad 1	**Introducción**
1.1	Repaso de mecánica cuántica
1.2	Estadística
1.3	Formalismo canónico
1.4	Propagadores
1.5	Formulación de Feynman de la mecánica cuántica
1.6	La función de partición y su relación con la integral funcional
1.7	El propagador de Matsubara
1.8	Formalismo de tiempo imaginario
1.9	Representación espectral
Unidad 2	**Campos escalares**
2.1	La función de partición para campos escalares
2.2	Teoría de perturbaciones
2.3	Procesos físicos descritos por funciones de Green
2.4	Renormalización a temperatura finita
Unidad 3	**Resumación**
3.1	Rompimiento espontáneo de la simetría y su restablecimiento por efectos térmicos
3.2	Escalas “soft” y “hard”
3.3	Diagramas de anillo
Unidad 4	**Campos fermiónicos a temperatura finita**
4.1	variables de Grassman y cuantización de campos fermiónios
4.2	la función de partición para campos fermiónicos
4.3	el propagador fermiónico
4.4	modos colectivos
Unidad 5	**Campos de norma a temperatura finita**
5.1	Teorías de norma y su cuantización
5.2	La función de partición para campos de norma
5.3	El propagador del fotón
5.4	El propagador del gluón
5.5	La invariancia de norma en teorías térmicas de campos

Unidad 6	**Teoría de respuesta lineal**
6.1	QED a temperatura finita
6.2	Radiación de cuerpo negro
6.3	La fórmula de Kubo
6.4	El propagador del fotón
6.5	Apantallamiento de Debye, modos colectivos
Unidad 7	**El plasma relativista**
7.1	La aproximacion “Hard Thermal Loop” para excitaciones de bosones de norma y para fermiones
Unidad 8	**Aplicaciones**
8.1	Neutrinos en medios densos y calientes
8.2	Supernovas
8.3	Universo temprano
8.4	Transiciones de fase
8.5	El plasma de cuark-gluones

Estrategias didácticas		**Evaluación del aprendizaje**	
Exposición	X	Exámenes parciales	X
Trabajo en equipo	X	Examen final	X
Lecturas	X	Trabajos y tareas	X
Trabajo de investigación		Presentación de tema	
Prácticas (taller o laboratorio)		Participación en clase	X
Prácticas de campo		Asistencia	
Aprendizaje por proyectos		Rúbricas	
Aprendizaje basado en problemas	X	Portafolios	
Casos de enseñanza		Listas de cotejo	
Otras (especificar)		Otras (especificar)	

Bibliografía básica:

- J. I. Kapusta, Finite-temperature field theory, Cambridge Monographs on Mathematical Physics, Cambridge University Press, Cambridge, 1989.
- M. Le Bellac, Thermal field theory, Cambridge Monographs on Mathematical Physics, Cambridge University Press, Cambridge, 1996.
- A. Das, Finite-temperature field theory, World Scientific 1997.
- M. Laine, A. Vuorinen, Basics of Thermal Field Theory: A Tutorial on Perturbative Computations, Springer, 2016
- J. Zinn-Justin, Quantum field theory at finite temperature: An Introduction, arXiv:hep-ph/0005272

Bibliografía complementaria:

- R. J. Rivers, *Path integral methods in quantum field theory*, Cambridge University Press, Cambridge, 1987.

Perfil profesiográfico:

Quienes impartan esta actividad deberán contar con el grado de Maestro(a) o Doctor(a) o con la dispensa de grado otorgada por el Comité Académico, en alguna disciplina afín a los contenidos de esta actividad académica; experiencia académica o profesional relacionadas con la docencia en los campos del conocimiento del Programa. Tener producción académica o profesional reciente, demostrada con obra académica o profesional reconocida. Manejo y conocimiento de técnicas de enseñanza y aprendizaje.

FÍSICA ESTADÍSTICA Y SISTEMAS COMPLEJOS

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

PROGRAMA DE POSGRADO EN CIENCIAS FÍSICAS
MAESTRÍA EN CIENCIAS (FÍSICA)

Física Estadística Fuera del Equilibrio					
Clave	**Semestre** 1, 2 o 3	**Créditos** 12	**Campo de conocimiento**	**Física Estadística y Sistemas Complejos**	
Modalidad	**Curso (x) Taller ( ) Lab ( ) Sem ( )**			**Tipo**	**T (x) P ( ) T/P ( )**
Carácter	**Obligatorio ( ) Optativo (x)** **Obligatorio E () Optativo E ( )**			**Horas**	
Duración del programa	**Semestral**			**Semana**	**Semestre**
				Teóricas: 6	**96**
				Prácticas: 0	**0**
				Total: 6	**96**

Objetivo general:
El alumno conocerá los métodos de la física estadística para abordar el estudio de fenómenos fuera del equilibrio, principalmente, pero no supeditados, al campo de la física, a través de una visión amplia de los aspectos más relevantes de esta materia en el contexto de la investigación actual.

Objetivos específicos:

- Identificar los enfoques basados en métodos cinéticos y en la teoría de respuesta lineal.
- Reconocer sistemas físicos en estados cercanos al equilibrio, en los que los procesos irreversibles involucrados puedan clasificarse como procesos irreversibles lineales.
- Conocer la unidad subyacente de ambos enfoques mediante el estudio de diversos sistemas físicos particulares.

Índice temático

	Tema	**Horas semestre**	
		Teóricas	**Prácticas**
1	**Variables aleatorias y procesos estocásticos**	6	0
2	**Termodinámica irreversible lineal**	6	0
3	**Descripción estadística de sistemas fuera de equilibrio**	6	0
4	**Sistemas clásicos: funciones de distribución reducidas**	6	0
5	**La ecuación de Boltzmann**	10	0
6	**Coeficientes de transporte**	4	0
7	**De la ecuación de Boltzmann a las ecuaciones hidrodinámicas**	10	0
8	**Ecuaciones maestras**	6	0
9	**Movimiento Browniano: el modelo de Langevin**	8	0
10	**Movimiento Browniano: ecuación de Fokker-Planck**	8	0

11	**Respuesta lineal y funciones de correlación en equilibrio**	8	0
12	**Teoría general de respuesta lineal**	10	0
13	**Teorema de fluctuación-disipación**	8	0
	Total	**96**	**0**
	Suma total de horas	**96**	

Contenido Temático	
	Tema y subtemas
Unidad 1	**Variables aleatorias y procesos estocásticos**
1.1	Momentos y función característica
1.2	Distribución Gaussiana
1.3	Teorema del límite central
1.4	Procesos estocásticos
1.5	Estacionaridad y ergodicidad
1.6	Procesos estocásticos en la física
1.7	Teorema de Wiener-Khintchine
Unidad 2	**Termodinámica irreversible lineal**
2.1	Afinidades y flujos
2.2	Hipótesis de equilibrio local
2.3	Procesos irreversibles en un medio continuo
2.4	Respuesta lineal
2.5	Principio de Curie
2.6	Relaciones de reciprocidad
2.7	Teorema de mínima producción de entropía
Unidad 3	**Descripción estadística de sistemas fuera de equilibrio**
3.1	Función de distribución de fase
3.2	Operador de densidad
3.3	Evolución de variables macroscópicas: caso clásico
3.4	Evolución de variables macroscópicas: caso cuántico
Unidad 4	**Sistemas clásicos: funciones de distribución reducidas**
4.1	Sistemas de partículas clásicas con interacciones por pares
4.2	Ecuación de Liouville
4.3	Distribuciones reducidas: Jerarquía BBGKY
4.4	Ecuación de Vlasov
Unidad 5	**La ecuación de Boltzmann**
5.1	Descripción estadística de un gas diluido clásico
5.2	Escalas espacio – temporales
5.3	Evolución de la función de distribución
5.4	Colisiones binarias
5.5	La ecuación de Boltzmann
5.6	Irreversibilidad
5.7	Teorema H
5.8	Distribución de equilibrio
5.9	Equilibrio global y local
Unidad 6	**Coeficientes de transporte**
6.1	Tiempo de relajación
6.2	Linealización respecto a perturbaciones externas
6.3	Coeficientes cinéticos: gas de Lorentz
6.4	Conductividad eléctrica
6.5	Coeficiente de difusión
Unidad 7	**De la ecuación de Boltzmann a las ecuaciones hidrodinámicas**

7.1	Régimen hidrodinámico
7.2	Ecuaciones locales de balance
7.3	Desarrollo de Chapman-Enskog
7.4	Aproximación de orden cero
7.5	Aproximación de primer orden
Unidad 8	**Ecuaciones maestras**
8.1	Procesos de Markov: ecuación de Chapman-Kolmogorov
8.2	Ecuación maestra para un proceso de Markov
8.3	La ecuación maestra de Pauli
8.4	La ecuación maestra generalizada
Unidad 9	**Movimiento Browniano: el modelo de Langevin**
9.1	El modelo de Langevin
9.2	Respuesta y relajación
9.3	Fluctuaciones de la velocidad en equilibrio
9.4	Escalas de tiempo
9.5	Ecuación de Langevin generalizada
Unidad 10	**Movimiento Browniano: ecuación de Fokker-Planck**
10.1	Función de distribución de velocidades
10.2	Desarrollo de Kramers-Moyal
10.3	La ecuación de Fokker-Planck
10.4	Movimiento Browniano y procesos de Markov
Unidad 11	**Respuesta lineal y funciones de correlación en equilibrio**
11.1	Funciones de respuesta lineal
11.2	Susceptibilidades generalizadas
11.3	Relaciones de Kramers-Krönig
11.4	Disipación
11.5	Funciones de correlación en equilibrio
Unidad 12	**Teoría general de respuesta lineal**
12.1	Objetivo de la teoría de respuesta lineal
12.2	Evolución a primer orden del operador de densidad
12.3	Función de respuesta lineal y función de correlación canónica
12.4	Susceptibilidad generalizada
12.5	Función espectral
12.6	Simetrías de funciones de respuesta y correlación
Unidad 13	**Teorema de fluctuación-disipación**
13.1	Disipación
13.2	Fluctuaciones en equilibrio
13.3	Teorema de fluctuación-disipación
13.4	Susceptibilidad estática
13.5	Reglas de suma

Estrategias didácticas		**Evaluación del aprendizaje**	
Exposición	x	Exámenes parciales	x
Trabajo en equipo		Examen final	x
Lecturas		Trabajos y tareas	x
Trabajo de investigación	x	Presentación de tema	x
Prácticas (taller o laboratorio)		Participación en clase	
Prácticas de campo		Asistencia	
Aprendizaje por proyectos		Rúbricas	
Aprendizaje basado en problemas	x	Portafolios	
Casos de enseñanza		Listas de cotejo	
Otras (especificar)		Otras (especificar)	

Bibliografía Básica:

- N. G. van Kampen, Stochastic processes in physics and chemistry (North Holland, Amsterdam, 2007) 3rd edition.
- C.W. Gardiner, Handbook of stochastic methods (Springer-Verlag, Berlin, 2004) 3rd edition.
- N. Wax (editor), Selected papers on noise and stochastic processes (Dover, New York, 2003).
- R. M. Mazo, Brownian motion: fluctuations, dynamics and applications (Oxford University
- Press, Oxford, 2002).
- S. R. de Groot and P. Mazur, Non-Equilibrium thermodynamics (North Holland, Amsterdam, 1962).
- H. J. Kreuzer, Nonequilibrium thermodynamics and its statistical foundations (Clarendon Oxford, 1981)
- R. Balescu, Statistical dynamics. Matter out of equilibrium (Imperial College Press, London,1997)
- J. A. McLennan, Introduction to nonequilibrium statistical mechanics (Prentice Hall, Englewood Cliffs, 1989) 9. K. Huang, Statistical mechanics (Wiley, New York, 1987) 2nd edition
- R. Zwanzig, Nonequilibrium statistical mechanics (Oxford University Press, Oxford, 2001)
- D. A. McQuarrie, Statistical mechanics (University Science Books, Sausalito, 2000) 2nd edition.
- P. M. Chaikin and T. C. Lubensky, Principles of condensed matter physics (Cambridge University Press, Cambridge, 1995)
- D. Forster, Hydrodynamic fluctuations, broken symmetries, and correlation functions (Benjamin, Reading, 1975).
- J. Keizer, Statistical thermodynamics of nonequilibrium processes, Springer, Berlin, 1987.
- K. Lindenberg y B. J. West, The nonequilibrium statistical mechanics of open and closed systems, Wiley, New York, 1990.
- J. Evans and G. P. Morris, Statistical Mechanics of Nonequilibrium Liquids, 2nd Edition,Cambridge University Press, Cambridge, 2008.
- G. F. Mazenko, Nonequilibrium statistical physics, Wiley-VCH Verlag GmbH, Mainheim, 2008.
- N. Pottier, Nonequilibrium Statistical Physics: Linear Irreversible Processes, Oxford, University Press, 2010.
- G. Röpke, Nonequilibrium statistical physics, Wiley-VCH Verlag GmbH, Mainheim, 2013.
- L. S. García-Colín y P. Goldstein Menache. Procesos Irreversibles. Teoría y aplicaciones (3 volúmenes), El Colegio Nacional, y Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa, México, 2013.
- H. Risken, The Fokker-Planck equation: Methods of solution and applications, 2nd edition, Springer-Verlag 1989.

Bibliografía complementaria:

- N. Wax (editor), Selected papers on noise and stochastic processes (Dover, New York, 2003).
- R. M. Mazo, Brownian motion: fluctuations, dynamics and applications (Oxford University
  Press, Oxford, 2002).
- S. R. de Groot and P. Mazur, Non-Equilibrium thermodynamics (North Holland, Amsterdam, 1962).
  H. J. Kreuzer, Nonequilibrium thermodynamics and its statistical foundations (Clarendon Oxford, 1981).

- P. M. Chaikin and T. C. Lubensky, Principles of condensed matter physics (Cambridge University Press, Cambridge, 1995)
- D. Forster, Hydrodynamic fluctuations, broken symmetries, and correlation functions (Benjamin, Reading, 1975).
- J. Keizer, Statistical thermodynamics of nonequilibrium processes, Springer, Berlin, 1987.J. Evans and G. P. Morris, Statistical Mechanics of Nonequilibrium Liquids, 2nd Edition,Cambridge University Press, Cambridge, 2008.

Perfil profesiográfico:

Quienes impartan esta actividad deberán contar con el grado de Maestro(a) o Doctor(a) o con la dispensa de grado otorgada por el Comité Académico, en alguna disciplina afín a los contenidos de esta actividad académica; experiencia académica o profesional relacionadas con la docencia en los campos del conocimiento del Programa. Tener producción académica o profesional reciente, demostrada con obra académica o profesional reconocida. Manejo y conocimiento de técnicas de enseñanza y aprendizaje.

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

PROGRAMA DE POSGRADO EN CIENCIAS FÍSICAS
MAESTRÍA EN CIENCIAS (FÍSICA)

Física No Lineal y Sistemas Complejos II

Clave	Semestre	Créditos	Campo de conocimiento	Física Estadística y Sistemas Complejos
	1, 2 o 3	6		

Modalidad	**Curso (x) Taller ( ) Lab ( ) Sem ( )**	**Tipo**	**T (x) P ( ) T/P ( )**
Carácter	**Obligatorio ( ) Optativo (x)** **Obligatorio E () Optativo E ( )**	**Horas**	

Duración del programa	Semestral	Semana	Semestre
		Teóricas: 3	48
		Prácticas: 0	0
		Total: 3	48

Objetivo general:
El alumno adquirirá conocimientos fundamentales de los conceptos que se aplican en el estudio de los sistemas complejos.

Objetivos específicos:

- Manejar los conceptos más relevantes de sistemas complejos.
- Distinguir cuándo es útil usar estos conceptos.
- Comprender cómo la adaptación puede usarse para regular sistemas complejos.
- Conocer los diversos métodos adaptativos usados para regular sistemas complejos, a través de ejemplos y aplicaciones.
- Modelar sistemas complejos como redes.

Índice temático

	Tema	Horas semestre	
		Teóricas	Prácticas
1	Sistemas	6	0
2	Adaptación	6	0
3	Ejemplos y aplicaciones	18	0
4	Redes	12	0
5	Proyectos finales	6	0
	Total	48	0
	Suma total de horas	48	

Contenido Temático	
	Tema y subtemas
Unidad 1	**Sistemas**
1.1	Historia
1.2	Conceptos
1.2.1	Información
1.2.2	Emergencia
1.2.3	Auto-organización
1.2.4	Robustez
1.2.5	Antifragilidad
1.3	Implicaciones filosóficas
Unidad 2	**Adaptación**
2.1	Control y retroalimentación
2.2	Espacios estacionarios y no estacionarios
2.3	Caos vs. Complejidad
2.4	Estigmergía
Unidad 3	**Ejemplos y aplicaciones**
3.1	Sincronización en luciérnagas, osciladores
3.2	Forraje de hormigas, algoritmo hormiga (ant colony optimization)
3.3	Enjambres, algoritmo enjambre (particle swarm optimization)
3.4	Parvadas, semáforos auto-organizantes
3.5	Burocracias auto-organizantes
3.6	Sistemas de transporte público y la inestabilidad de intervalos iguales
3.7	Dinámica de multitudes
Unidad 4	**Redes**
4.1	Introducción a teoría de redes
4.2	Redes complejas
4.3	Redes Booleanas aleatorias como modelos de redes genéticas
4.4	Robustez, resiliencia y antifragilidad
4.5	Modularidad, antimodularidad y degeneración
Unidad 5	**Proyectos finales**

Estrategias didácticas		Evaluación del aprendizaje	
Exposición	x	Exámenes parciales	x
Trabajo en equipo	x	Examen final	x
Lecturas	x	Trabajos y tareas	x
Trabajo de investigación	x	Presentación de tema	
Prácticas (taller o laboratorio)		Participación en clase	x
Prácticas de campo		Asistencia	
Aprendizaje por proyectos	x	Rúbricas	
Aprendizaje basado en problemas	x	Portafolios	
Casos de enseñanza	x	Listas de cotejo	
Otras (especificar)		Otras (especificar)	

Bibliografía Básica:

- Barabási, A.-L. (2016). Network Science. Cambridge University Press, Cambridge,
- UK.http://barabasi.com/networksciencebook/
- Bar-Yam, Y. (1997). Dynamics of Complex Systems. Studies in Nonlinearity. Westview Press,
- Boulder, CO, USA. http://www.necsi.org/publications/dcs/
- Gershenson, C. (2007). Design and Control of Self-organizing Systems. CopIt Arxives, Mexico. http://tinyurl.com/DCSOS2007

- Gershenson, C. (2015). Complejidad, Tecnología y Sociedad. Investigación y Ciencia 460:48-54.
- Mitchell, M. (2009). Complexity: A Guided Tour. Oxford University Press, Oxford, UK.

Bibliografía complementaria:

- Aguilar, W., Santamaría Bonfil, G., Froese, T., and Gershenson, C. (2014). The past, present, and future of artificial life. Frontiers in Robotics and AI, 1(8).

Perfil profesiográfico:

Quienes impartan esta actividad deberán contar con el grado de Maestro(a) o Doctor(a) o con la dispensa de grado otorgada por el Comité Académico, en alguna disciplina afín a los contenidos de esta actividad académica; experiencia académica o profesional relacionadas con la docencia en los campos del conocimiento del Programa. Tener producción académica o profesional reciente, demostrada con obra académica o profesional reconocida. Manejo y conocimiento de técnicas de enseñanza y aprendizaje.

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

PROGRAMA DE POSGRADO EN CIENCIAS FÍSICAS
MAESTRÍA EN CIENCIAS (FÍSICA)

Procesos Estocásticos					
Clave	**Semestre 1, 2 o 3**	**Créditos 6**	**Campo de conocimiento**	**Física Estadística y Sistemas Complejos**	
Modalidad	**Curso (x) Taller ( ) Lab ( ) Sem ( )**			**Tipo**	**T (x) P ( ) T/P ( )**
Carácter	**Obligatorio ( ) Optativo (x)** **Obligatorio E () Optativo E ( )**			**Horas**	
Duración del programa	**Semestral**			**Semana**	**Semestre**
				Teóricas: 3	**48**
				Prácticas: 0	**0**
				Total: 3	**48**

Objetivo general:
El alumno adquirirá los conceptos esenciales de los procesos estocásticos a través de marcos teórico-relacionados con la física estadística de sistemas paradigmáticos tanto de equilibrio como fuera de equilibrio. Así mismo, el alumno conocerá las herramientas necesarias para realizar investigación en el área de procesos físicos, químicos y biológicos que pueden considerarse como procesos estocásticos.

Objetivos específicos:
Aplicar los conceptos matemáticos y físicos para dar una descripción, así como, para realizar modelos de procesos físicos como procesos estocásticos.

Índice Temático

	Tema	**Horas semestre**	
		Teóricas	**Prácticas**
1	**Procesos estocásticos**	16	0
2	**Procesos físicos como procesos estocásticos**	16	0
3	**Ecuaciones diferenciales estocásticas**	16	0
	Total	**48**	**0**
	Suma total de horas	**48**	

Contenido Temático	
	Tema y subtemas
Unidad 1	**Procesos estocásticos**
1.1	Introducción
1.2	Variables estocásticas y eventos aleatorios
1.3	Conceptos de probabilidad
1.4	Procesos estocásticos de Markov
1.5	Aplicación a sistemas físicos simples
1.6	La ecuación maestra

Unidad 2	Procesos físicos como procesos estocásticos
2.1	Movimiento Browniano I: La ecuación de Langevin
2.2	La ecuación generalizada de Langevin
2.3	Movimiento Browniano II: La ecuación de Fokker-Planck
2.4	La ecuación maestra generalizada
2.5	Modelos de difusión anómala: Caminata aleatoria de tiempo continuo; Vuelos y Caminatas de Lévy; Ecuaciones de Fokker-Planck fraccionarias
Unidad 3	**Ecuaciones difrenciales estocásticas**
3.1	Definición
3.2	Ecuaciones diferenciales estocásticas: Ruido aditivo y ruido multiplicativo
3.3	Ecuaciones diferenciales estocásticas de Ito y de Stratonovich
3.4	Transiciones de fase de noequilibrio inducidas por ruido

Estrategias didácticas		Evaluación del aprendizaje	
Exposición	x	Exámenes parciales	x
Trabajo en equipo	x	Examen final	x
Lecturas	x	Trabajos y tareas	x
Trabajo de investigación	x	Presentación de tema	x
Prácticas (taller o laboratorio)		Participación en clase	
Prácticas de campo		Asistencia	
Aprendizaje por proyectos		Rúbricas	
Aprendizaje basado en problemas		Portafolios	
Casos de enseñanza		Listas de cotejo	
Otras (especificar)		Otras (especificar)	

Bibliografía Básica:

- N.G. van Kampen, Stochastic processes in physics and chemistry, Elsevier (3rd edition) 2007.
- C.W. Gardiner, Handbook of stochastic methods for Physics, Chemistry and Natural Sciences, Springer-Verlag (2nd edition) 1990.
- R. Kubo, M. Toda, and N. Hashitsume, Statistical Physics II: Nonequilibrium Statistical Mechanics, Springer-Verlag, 1978.
- H. Risken, The Fokker-Planck Equation: Methods of solution and application, Springer-Verlag, 1989.
- W. Horsthemke and R. Lefever, Noise Induced-Transitions; Theory and applications in Physics, Chemistry, and Biology, Springer-Verlag, 1984.

Bibliografía complementaria:

- G. Röpke, Nonequilibrium Statistical Physics, Wiley-VCH, 2013.

Perfil profesiográfico:

Quienes impartan esta actividad deberán contar con el grado de Maestro(a) o Doctor(a) o con la dispensa de grado otorgada por el Comité Académico, en alguna disciplina afín a los contenidos de esta actividad académica; experiencia académica o profesional relacionadas con la docencia en los campos del conocimiento del Programa. Tener producción académica o profesional reciente, demostrada con obra académica o profesional reconocida. Manejo y conocimiento de técnicas de enseñanza y aprendizaje.

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

PROGRAMA DE POSGRADO EN CIENCIAS FÍSICAS
MAESTRÍA EN CIENCIAS (FÍSICA)

Redes Complejas					
Clave	**Semestre 1, 2 o 3**	**Créditos 8**	**Campo de conocimiento**	**Física Estadística y Sistemas Complejos**	
Modalidad	**Curso (x) Taller ( ) Lab ( ) Sem ( )**			**Tipo**	**T (x) P ( ) T/P ( )**
Carácter	**Obligatorio ( ) Optativo (x)** **Obligatorio E () Optativo E ( )**			**Horas**	
Duración del programa	**Semestral**			**Semana**	**Semestre**
				Teóricas: 4	**64**
				Prácticas: 0	**0**
				Total: 4	**64**

Objetivo general:

El alumno estudiará la ciencia de redes, a través de un enfoque interdisciplinario, que abarca las matemáticas, la física estadística y la física no lineal; con aplicaciones a algunos sistemas biológicos, redes sociales y ciencias de la complejidad.

Objetivos específicos:

Conocer los métodos y teorías de la ciencia de redes desde el punto de vista de la física estadística con aplicaciones diversas.

Índice Temático

	Tema	**Horas semestre**	
		Teóricas	**Prácticas**
1	Introducción a la ciencia de redes	4	0
2	Teoría de gráficas	6	0
3	Redes aleatorias	4	0
4	Redes de mundo pequeño	7	0
5	Redes libres de escala y redes complejas	7	0
6	Crecimiento de redes	6	0
7	Procesos dinámicos en redes	8	0
8	Navegación en redes complejas	8	0
9	Fenómenos de propagación en redes	6	0
10	Aplicaciones a la física, biología, ecología, epidemiología y redes sociales	8	0
	Total	**64**	**0**
	Suma total de horas	**64**	

Contenido Temático	
	Tema y subtemas
Unidad 1	**Introducción a la ciencia de redes**
Unidad 2	**Teoría de gráficas**
Unidad 3	**Redes aleatorias**
Unidad 4	**Redes de mundo pequeño**
Unidad 5	**Redes libres de escala y redes complejas**
Unidad 6	**Crecimiento de redes**
Unidad 7	**Procesos dinámicos en redes**
Unidad 8	**Navegación en redes complejas**
Unidad 9	**Fenómenos de propagación en redes**
Unidad 10	**Aplicaciones a la física, biología, ecología, epidemiología y redes sociales**

Estrategias didácticas		Evaluación del aprendizaje	
Exposición	x	Exámenes parciales	
Trabajo en equipo	x	Examen final	x
Lecturas	x	Trabajos y tareas	
Trabajo de investigación	x	Presentación de tema	x
Prácticas (taller o laboratorio)		Participación en clase	x
Prácticas de campo		Asistencia	x
Aprendizaje por proyectos		Rúbricas	
Aprendizaje basado en problemas		Portafolios	
Casos de enseñanza		Listas de cotejo	
Otras (especificar)		Otras (especificar)	

Bibliografía Básica:

- A.-L. Barabási. Network Science. Cambridge University Press 2016.
- http://networksciencebook.com/
- M. E. J. Newman. Networks, an introduction. Oxford University Press 2010
- A. Barrat, M. Barthélemy, and A. Vespignani. Dynamical Processes on Complex Networks. Cambridge University Press, Cambridge 2008.
- E. Estrada and P. A. Knight. A First Course in Network Theory. Oxford University Press, Oxford 2015.

Bibliografía complementaria:

- V. Latora et al. Complex Networks. Cambridge University Press 2017

Perfil profesiográfico:

Quienes impartan esta actividad deberán contar con el grado de Maestro(a) o Doctor(a) o con la dispensa de grado otorgada por el Comité Académico, en alguna disciplina afín a los contenidos de esta actividad académica; experiencia académica o profesional relacionadas con la docencia en los campos del conocimiento del Programa. Tener producción académica o profesional

reciente, demostrada con obra académica o profesional reconocida. Manejo y conocimiento de técnicas de enseñanza y aprendizaje.

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

PROGRAMA DE POSGRADO EN CIENCIAS FÍSICAS
MAESTRÍA EN CIENCIAS (FÍSICA)

Punto de vista Cinético de la Física Estadística

Clave	Semestre	Créditos	Campo de conocimiento	
	1, 2 o 3	**8**		**Física Estadística y Sistemas Complejos**

Modalidad	**Curso (x) Taller ( ) Lab ( ) Sem ( )**	**Tipo**	**T (x) P ( ) T/P ( )**
Carácter	**Obligatorio ( ) Optativo (x)** **Obligatorio E ( ) Optativo E ( )**	**Horas**	

Duración del programa	**Semestral**	**Semana**	**Semestre**
		Teóricas: 4	**64**
		Prácticas: 0	**0**
		Total: 4	**64**

Objetivo general:

El alumno adquirirá los conceptos y métodos teóricos, que le permitan abordar una amplia variedad de problemas modernos de física estadística fuera de equilibrio, con un énfasis especial en la descripción de la evolución temporal.

Objetivos específicos:

- Comprender los fenómenos de difusión, colisiones, exclusión, agregación, transiciones de fase fuera de equilibrio, dinámica de espín, reacciones difusivas, redes complejas, entre otros.
- Conocer las herramientas matemáticas que permiten derivar resultados sobre la evolución dinámica.

Índice temático

	Tema	**Horas semestre**	
		Teóricas	**Prácticas**
1	**Difusión**	6	0
2	**Colisiones**	6	0
3	**Procesos de exclusión**	6	0
4	**Agregación**	5	0
5	**Fragmentación**	5	0
6	**Adsorción**	6	0
7	**Dinámica de espín**	6	0
8	**Crecimiento del orden**	4	0
9	**Desorden**	4	0
10	**Dinámica de población**	4	0

11	**Reacciones difusivas**	6	0
12	**Introducción a modelos de redes**	6	0
	Total	**64**	**0**
	Suma total de horas	**64**	

Contenido Temático	
	Tema y subtemas
Unidad 1	**Difusión**
1.1	Distribución de probabilidad
1.2	Teorema límite central
1.3	Caminatas con distribuciones anchas
1.4	Propiedades de primer paso
1.5	Teoría de tasa de reacción
1.6	Enfoque de Langevin
Unidad 2	**Colisiones**
2.1	Teoría cinética
2.2	Gas de Lorentz
2.3	Gases inelásticos
2.4	Aglomeración balística
2.5	Tráfico de una línea
Unidad 3	**Procesos de exclusión**
3.1	Proceso de exclusión simétrico
3.2	Asimétrico
3.3	Límite hidrodinámica
3.4	Enfoque microscópico
3.5	Sistemas abiertos
Unidad 4	**Agregación**
4.1	Ecuaciones maestras
4.2	Soluciones exactas
4.3	Gelación
Unidad 5	**Fragmentación**
5.1	Fragmentación binaria y planar
5.2	Polimerización reversible
5.3	Fragmentación colisiones
Unidad 6	**Adsorción**
6.1	Adsorción aleatoria secuencial
6.2	En altas dimensiones
6.3	Adsorción reversible
6.4	Translación de polímeros
Unidad 7	**Dinámica de espín**
7.1	Crecimiento de dominios
7.2	Modelo del votante
7.3	Modelo de Ising-Glauber
7.4	Dinámica de Glauber
7.5	De intercambio de espin

Unidad 8	**Crecimiento del orden**
8.1	Modelos
8.2	Dinámica no-conservada
8.3	Estados finales
8.4	Defectos
8.5	Dinámica conservada
8.6	Nucleación y crecimiento
Unidad 9	**Desorden**
9.1	Cadena de espin desordenada
9.2	Caminata aleatoria en potencial desordenado
9.3	En campo de velociadad desordenado
Unidad 10	**Dinámica de población**
10.1	Formulación continua
10.2	Reacciones discretas
10.3	Expansión de pequeñas fluctuaciones
Unidad 11	**Reacciones difusivas**
11.1	Reacción con trampas
11.2	Aniquilación de dos especies
11.3	Reacción una especie en una dimensión
11.4	Gradientes espaciales
Unidad 12	**Introducción a modelos de redes**
12.1	Grados aleatorios
12.2	Percolación
12.3	Grados aleatorios recursivos
12.4	Enlace preferencial

Estrategias didácticas		**Evaluación del aprendizaje**	
Exposición	X	Exámenes parciales	
Trabajo en equipo	X	Examen final	
Lecturas		Trabajos y tareas	X
Trabajo de investigación		Presentación de tema	X
Prácticas (taller o laboratorio)		Participación en clase	
Prácticas de campo		Asistencia	
Aprendizaje por proyectos		Rúbricas	
Aprendizaje basado en problemas	X	Portafolios	
Casos de enseñanza		Listas de cotejo	
Otras (especificar)		Otras (especificar)	

Bibliografía Básica:

- A kinetic view of statistical physics, P.L. Krapivsky, S. Redner and E. Ben-Naim (Cambridge, 2010).
- S. Redner, A guide to first-pasage processes, (Cambridge, 2001).
- W. Feller, An introduction to Probability Theory and its Applications, Wiley, 1968.
- L.E. Reichl, A Modern Course in Statistical Physics, John Wiley & Sons, 1998.
- G. Röpke, Nonequilibrium Statistical Physics, Wiley-VCH, 2013.

Bibliografía complementaria:

- C.W. Gardiner, Handbook of stochastic methods for Physics, Chemistry and the Natural Sciences, Springer-Verlag, 1985.

Perfil profesiográfico: Quienes impartan esta actividad deberán contar con el grado de Maestro(a) o Doctor(a) o con la dispensa de grado otorgada por el Comité Académico, en alguna disciplina afín a los contenidos de esta actividad académica; experiencia académica o profesional relacionadas con la docencia en los campos del conocimiento del Programa. Tener producción académica o profesional reciente, demostrada con obra académica o profesional reconocida. Manejo y conocimiento de técnicas de enseñanza y aprendizaje.

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

PROGRAMA DE POSGRADO EN CIENCIAS FÍSICAS
MAESTRÍA EN CIENCIAS (FÍSICA)

Sistemas Dinámicos No Lineales y Caos						
Clave	**Semestre 1, 2 o 3**	**Créditos 12**	**Campo de conocimiento**	**Física Estadística y Sistemas Complejos**		
Modalidad	**Curso (x) Taller ( ) Lab ( ) Sem ( )**			**Tipo**	**T (x) P ( ) T/P ( )**	
Carácter	**Obligatorio ( ) Optativo (x)** **Obligatorio E () Optativo E ( )**			**Horas**		
Duración del programa	**Semestral**			**Semana**	**Semestre**	
				Teóricas: 6	**96**	
				Prácticas: 0	**0**	
				Total: 6	**96**	

Objetivo general:

El alumno adquirirá los conocimientos fundamentales de los sistemas dinámicos y los fenómenos no lineales, a través de una visión amplia de los aspectos más relevantes de esta materia en el contexto de la investigación actual.

Objetivos específicos:

- Estudiar el fenómeno del caos dinámico desde la perspectiva de la teoría de los sistemas dinámicos.
- Conocer los conceptos de estabilidad, de bifurcación, de hiperbolicidad, de ruta hacia el caos, de dinámica simbólica y los relacionados con las propiedades estadísticas o de medida.
- Aplicar los conocimientos adquirirdos a la comprensión y al análisis del caos dinámico.

Índice temático

	Tema	**Horas semestre**	
		Teóricas	**Prácticas**
1	**Iteración de mapeos como sistemas dinámicos**	18	0
2	**Bifurcaciones**	18	0
3	**Mapeos simplécticos**	18	0
4	**Conceptos estadísticos**	24	0
5	**Dinámica simbólica**	18	0
	Total	**96**	**0**
	Suma total de horas	**96**	

Contenido Temático	
	Tema y subtemas
Unidad 1	**Iteración de mapeos como sistemas dinámicos**
1.1	Motivación ejemplos y ejercicios numéricos
1.2	Órbitas críticas: puntos de equilibrio, soluciones periódicas y conjuntos invariantes
1.3	Estabilidad dinámica
1.4	Comportamiento local y linearización
1.5	Sensibilidad ante condiciones iniciales y caos
1.6	Comportamiento asintótico y medidas cuantitativas
Unidad 2	**Bifurcaciones**
2.1	Bifurcaciones locales y globales
2.2	Conjuntos hiperbólicos
2.3	Estabilidad estructural
2.4	Respuesta lineal
2.5	Escenarios genéricos hacia el caos
Unidad 3	**Mapeos simplécticos**
3.1	Integrabilidad
3.2	Resonancias: toros y variedades invariantes
3.3	Teorema de Poincaré-Birkhoff
3.4	Teorema de KAM.Ejemplos
Unidad 4	**Conceptos estadísticos**
4.1	Introducción a la teoría de la medida
4.2	Ergodicidad
4.3	Sistemas mezclados (“mixing”)
4.4	Medida y entropía en los sistemas dinámicos
Unidad 5	**Dinámica simbólica**
5.1	Teorema de Sharkovsky
5.2	Transformaciones de corrimiento
5.3	Dinámica topológica
5.4	Particiones de Markov
5.5	Las herraduras de Smale

Estrategias didácticas		Evaluación del aprendizaje	
Exposición	x	Exámenes parciales	x
Trabajo en equipo	x	Examen final	x
Lecturas	x	Trabajos y tareas	x
Trabajo de investigación	x	Presentación de tema	x
Prácticas (taller o laboratorio)		Participación en clase	
Prácticas de campo		Asistencia	
Aprendizaje por proyectos	x	Rúbricas	
Aprendizaje basado en problemas		Portafolios	
Casos de enseñanza		Listas de cotejo	
Otras (especificar)		Otras (especificar)	

Bibliografía Básica:

- E. Ott, *Chaos in dynamical systems*, Cambridge U. P., Cambridge, 1993.
- M. Tabor, *Chaos and integrability in nonlinear dynamics: an introduction*, John Wiley and Sons, New York USA,1989.
- J. Moser, *Stable and random motion in dynamical systems, Annals of Mathematical Studies Vol. 77*, Princeton U.P., 1973.

- J. Guckenheimer y P. Holmes, *Nonlinear oscillations, dinamical systems, and bifurcations of vector fields, Applied Mathematical Sciences Vol. 42*, Springer Verlag, New York, 1990.
- A. J. Lichtenberg y M. A. Lieberman, *Regular and chaotic dynamics*, Springer Verlag, 1992.
- A. Katok y B. Hasselblatt, *Introduction to the modern theory of dynamical systems*, Cambridge U. P., 1998.

Bibliografía complementaria:

- J. V. José y E. J. Saletan, *Classical dynamics: a contemporary approach*, Cambridge U. P., 1998.
- Poincaré, Henri, *Les méthodes nouvelles de la mécanique celeste*, Dover, New York, 1957.
- P. Gaspard, *Chaos, scattering and statistical mechanics*, Cambridge U.P., Cambridge, 1998.

Perfil profesiográfico:

Quienes impartan esta actividad deberán contar con el grado de Maestro(a) o Doctor(a) o con la dispensa de grado otorgada por el Comité Académico, en alguna disciplina afín a los contenidos de esta actividad académica; experiencia académica o profesional relacionadas con la docencia en los campos del conocimiento del Programa. Tener producción académica o profesional reciente, demostrada con obra académica o profesional reconocida. Manejo y conocimiento de técnicas de enseñanza y aprendizaje.

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

PROGRAMA DE POSGRADO EN CIENCIAS FÍSICAS
MAESTRÍA EN CIENCIAS (FÍSICA)

Teoría de Líquidos						
Clave	**Semestre 1, 2 o 3**	**Créditos 6**	**Campo de conocimiento**	**Física Estadística y Sistemas Complejos**		
Modalidad	**Curso (x) Taller ( ) Lab ( ) Sem ( )**			**Tipo**	**T (x) P ( ) T/P ( )**	
Carácter	**Obligatorio ( ) Optativo (x)** **Obligatorio E () Optativo E ( )**			**Horas**		
Duración del programa	**Semestral**			**Semana**	**Semestre**	
				Teóricas: 3	**48**	
				Prácticas: 0	**0**	
				Total: 3	**48**	

Objetivo general:
El alumno tendrá una visión panorámica de los logros más importantes en la teoría del estado líquido e identificará las herramientas de la física estadística involucradas en éste.

Objetivos específicos:

- Comprender el enfoque original de van der Waals.
- Describir las propiedades de los fluidos, haciendo uso de las funciones de correlación.
- Representar las propiedades de equilibrio de fluidos reales, usando la teoría de termodinámica de perturbaciones.
- Conocer los desarrollos más recientes para fluidos de esferas duras y sistemas relacionados.

Índice temático

	Tema	**Horas semestre**	
		Teóricas	**Prácticas**
1	**Repaso de potenciales termodinámicos**	4	0
2	**Repaso de conjuntos estadísticos**	4	0
3	**Expansión en la densidad de la ecuación de estado**	6	0
4	**Funciones de correlación espacial y rutas termodinámicas**	6	0
5	**Solución exacta en el caso unidimensional con interacciones a próximos vecinos**	6	0
6	**Función de distribución radial y ecuaciones integrales aproximadas**	8	0
7	**El fluido de esferas duras**	8	0
8	**Teoría termodinámica de perturbaciones**	6	0
	Total	**48**	**0**
	Suma total de horas	**48**	

Contenido Temático	
	Tema y subtemas
Unidad 1	**Repaso de potenciales termodinámicos**
1.1	Sistemas aislados: entropía
1.2	Sistemas cerrados: energía libre de Helmholtz
1.3	Sistemas isotérmico-isobáricos: energía libre de Gibbs
1.4	Sistemas abiertos: gran potencial
Unidad 2	**Repaso de conjuntos estadísticos**
2.1	Sistemas aislados: conjunto microcanónico
2.2	Sistemas cerrados: conjunto canónico
2.3	Sistemas abiertos: conjunto gran canónico
2.4	Sistemas isotérmico-isobáricos: conjunto isotérmico-isobárico
Unidad 3	**Expansión en la densidad de la ecuación de estado**
3.1	Potencial de interacción por pares y función de Mayer
3.2	Expansión del virial
3.3	La expansion en potencias de la fugacidad y conjunto gran canónico
3.4	Coeficientes del virial y expansion de la presión en potencias de la densidad
3.5	Segundo coeficiente del virial
3.6	Coeficientes del virial de mayor orden
Unidad 4	**Funciones de correlación espacial y rutas termodinámicas**
4.1	Funciones de distribución reducidas.y funciones de correlación
4.2	Función de correlación directa y relación de Ornstein-Zernike
4.3	Función de distribución radial y ruta de la compesibilidad
4.4	Función de distribución radial y ruta de la energía
4.5	Función de distribución radial y ruta del virial
4.6	Función de distribución radial y ruta del potencial químico
Unidad 5	**Solución exacta en el caso unidimensional con interacciones a próximos vecinos**
5.1	Función de correlación de pares e interacción a primeros vecinos
5.2	Distribución de primeros vecinos y el conjunto isotérmico-isobárico
5.3	Función de distribución radial exacta y propiedades termodinámicas
5.4	El caso de mezclas binarias
5.5	Fluido de pozo cuadrado
5.6	Fluido de hombre cuadrado
Unidad 6	**Función de distribución radial y ecuaciones integrales aproximadas**
6.1	Expansión de la función de correlación de pares en potencias de la fugacidad
6.2	Expansión de la función de distribución radial en potencias de la densidad
6.3	La ecuación de Percus-Yevick
6.4	La ecuación de cadena hipertejida (HNC)
6.5	Otras cerraduras a la relación de Ornstein-Zernike
6.6	La teoría generalizada de Debye-Hückel
6.7	La aproximación esférica media
6.8	Algunas relaciones de consistencia termodinámica en las teorías aproximadas
Unidad 7	**El fluido de esferas duras**
7.1	Aproximaciones sencillas para la ecuación de estado del fluido de discos duros y el fluido de esferas duras
7.2	La función de distribución radial del fluido de esferas duras y las rutas termodinámicas
7.3	Coeficientes del virial de discos, esferas e hiperesferas duras
7.4	La solución de Baxter a la ecuación de Percus-Yevick para el fluido de esferas duras

7.5	Un método alternative de solución: El método de aproximación por medio de una función racional
7.6	La consistencia termodinámica y el método de aproximación por una función racional
7.7	Ecuación de estado y coeficientes del virial de mezclas multicomponentes de esferas duras aditivas
7.8	El método de aproximación por medio de una función racional para mezclas multicomponentes de esferas duras aditivas
Unidad 8	**Teoría termodinámica de perturbaciones**
8.1	La formulación de Zwanzig
8.2	El modelo de van der Waals
8.3	La teoría de Barker y Henderson
8.4	La teoría de Weeks, Chandler y Andersen
8.5	El fluido de Lennard-Jones
8.6	El fluido de Yukawa con coraza dura atractiva

Estrategias didácticas		**Evaluación del aprendizaje**	
Exposición	x	Exámenes parciales	x
Trabajo en equipo		Examen final	x
Lecturas	x	Trabajos y tareas	x
Trabajo de investigación		Presentación de tema	
Prácticas (taller o laboratorio)		Participación en clase	
Prácticas de campo		Asistencia	
Aprendizaje por proyectos		Rúbricas	
Aprendizaje basado en problemas	x	Portafolios	
Casos de enseñanza		Listas de cotejo	
Otras (especificar)		Otras (especificar)	

Bibliografía Básica:

- Santos, A concise course on the theory of classical liquids. Basics and Selected Topics, Lecture Notes in Physics, Vol. 923 (Springer, Heidelberg, 2016).
- J.-P. Hansen y I. R. McDonald, Theory of Simple Liquids (Fourth Edition) With Applications to Soft Matter, (Elsevier, Amsterdam, 2013)
- L. García-Colín, *Introducción a la Física Estadística*, El Colegio Nacional. México, 2008.
- D. A. McQuarrie, *Statistical Mechanics*, University Science Books, Sausalito, 2000.
- M. Baus and C. F. Tejero*, Equilibrium Statistical Physics. Phases of Matter and Phase Transitions* (Springer, Berlin, 2008).

Bibliografía complementaria:

- H. L. Frisch y J. L. Lebowitz, eds., *The equilibrium theory of classical fluids*, (Benjamin, N.Y., 1964)
- P. A. Egelstaff, *An Introduction to the Liquid State*, (Academic Press, N.Y. 1967)
- C. A. Croxton, *Liquid State Physics, A Statistical Mechanical Introduction*, (Cambridge University Press, Cambridge, 1974)
- N. H. March y M. P. Tosi, *Introduction to Liquid State Physics*, (World Scientific, Singapore, 2002
- J. L. Barrat y J. P. Hansen, *Basic Concepts for Simple and Complex Liquids*, (Cambridge University Press, Cambridge, 2003)
- A. Mulero, ed., *Theory and simulation of hard-sphere fluids and related systems*, (Springer, Berlín, 2006)

Perfil profesiográfico:

Quienes impartan esta actividad deberán contar con el grado de Maestro(a) o Doctor(a) o con la dispensa de grado otorgada por el Comité Académico, en alguna disciplina afín a los contenidos de esta actividad académica; experiencia académica o profesional relacionadas con la docencia en los campos del conocimiento del Programa. Tener producción académica o profesional reciente, demostrada con obra académica o profesional reconocida. Manejo y conocimiento de técnicas de enseñanza y aprendizaje.

FÍSICA MÉDICA Y BIOLÓGICA

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

PROGRAMA DE POSGRADO EN CIENCIAS FÍSICAS
MAESTRÍA EN CIENCIAS (FÍSICA)

Aplicaciones Biomédicas de las Ondas de Choque						
Clave	**Semestre 1, 2 o 3**	**Créditos 8**	**Campo de conocimiento**	**Física Médica y Biológica**		
Modalidad	**Curso (X) Taller ( ) Lab ( ) Sem ( )**			**Tipo**	**T ( ) P ( ) T/P (X)**	
Carácter	**Obligatorio ( ) Optativo (X)** **Obligatorio E ( ) Optativo E ( )**			**Horas**		
Duración del programa	**semestral**			**Semana**		**Semestre**
				Teóricas 2		**32**
				Prácticas 2		**32**
				Total 4		**64**

Objetivo general:

El alumno se familiarizará con los conceptos físicos y la instrumentación básica que fundamenta el uso biomédico de las ondas de choque.

Objetivos específicos:

- Entender cómo se generan las ondas de choque en fluidos y cómo interactúan con la materia,
- Identificar la litotripsia extracorporal,
- Conocer otras aplicaciones en ortopedia, oncología, transfección e infecciones localizadas.

Índice temático

	Tema	**Horas semestre**	
		Teóricas	**Prácticas**
1	**Ondas de choque en fluidos**	6	0
2	**Interacción de ondas de choque con la materia**	5	0
3	**Medición de presión en un generador de ondas de choque**	6	0
4	**Litotripsia extracorporal**	5	0
5	**Otras posibles aplicaciones de ondas de choque a medicina**	5	0
6	**Tópicos de investigación**	5	0
7	**Interacción de ondas de choque con microorganismos**	0	10
8	**Familiarización y uso de los generadores de ondas de choque**	0	10
9	**Técnicas para la aplicación de ondas de choque a microorganismos**	0	12
	Total	**32**	**32**
	Suma total de horas	**64**	

Contenido Temático	
	Tema y subtemas
Unidad 1	**Ondas de choque en fluidos**
1.1	Formación, propagación y concentración
1.2	Generación con descargas eléctricas
1.3	Generación de microexplosivo.
1.4	Generación electromagnética
1.5	Generación piezoeléctrica
1.6	Generación con rayo láser
Unidad 2	**Interacción de ondas de choque con la materia**
2.1	Efecto Hopkinson
2.2	Cavitación acústica
2.3	“Circumferential squeezing”
2.4	Otros efectos
Unidad 3	**Medición de presión en un generador de ondas de choque**
3.1	Generalidades
3.2	Transductores piezoeléctricos
3.3	Transductores de fluoruro de polivinilideno
3.4	Hidrófonos ópticos
Unidad 4	**Litotripsia extracorporal**
4.1	Antecedentes históricos
4.2	Lithiasis renal
4.3	Litotriptores extracorporales
4.4	Estado del arte y problemática actual.
Unidad 5	**Otras posibles aplicaciones de ondas de choque a medicina**
5.1	Ortopedia
5.2	Oncología
5.3	Transfección
5.4	Infecciones localizadas
Unidad 6	**Tópicos de investigación**
6.1	Generadores de ondas de choque tandem
6.2	Tratamiento pre-focal
6.3	Tratamiento profiláctico fuera de foco
6.4	Aplicación a implantes de hidroxiapatita
Unidad 7	**Interacción de ondas de choque con microorganismos**
7.1	Prácticas
Unidad 8	**Familiarización y uso de los generadores de ondas de choque**
8.1	Prácticas
Unidad 9	**Técnicas para la aplicación de ondas de choque a microorganismos**
9.1	Prácticas

Estrategias didácticas		Evaluación del aprendizaje	
Exposición	x	Exámenes parciales	x
Trabajo en equipo		Examen final	x
Lecturas	x	Trabajos y tareas	x
Trabajo de investigación	x	Presentación de tema	x
Prácticas (taller o laboratorio)	x	Participación en clase	x
Prácticas de campo		Asistencia	x
Aprendizaje por proyectos		Rúbricas	
Aprendizaje basado en problemas		Portafolios	
Casos de enseñanza		Listas de cotejo	
Otras (especificar)		Otras (especificar)	

Bibliografía básica:

- Brennen C. E., *Cavitation Bubble Dynamics*, Oxford University Press, New York, 1995.
- Leighton T., *The Acoustic Bubble*, Boston, Academic Press, 1997.
- Ben-Dor G. y , et_al., *Handbook of Shock Waves*, Academic Press, Boston, 2001.
- Loske A. M., *Shock Wave Lithotripsy Physics for Urologists*, CFATA-UNAM, Querétaro, Qro., México, 2007.
- Takayama K., *Shock Waves*, Springer Verlag, New York, 1991.
- Ben-Dor G. y , et_al., *Handbook of Shock Waves*, Academic Press, Boston, 2001.

Bibliografía complementaria:

- Takayama K., *Shock Waves*, Springer Verlag, New York, 1991.
- Ben-Dor G. y , et_al., *Handbook of Shock Waves*, Academic Press, Boston, 2001.
- Chaussy Ch. y , et_al., *Therapeutic Energy applications in Urology. Standards and Recent Developments*, Thieme Verlag, Stuttgart, Alemania, 2005.
- Hamilton M. F. y Blackstock D. T., *Nonlinear Acoustics: Theory and Application*, Academic Press, San Diego, 1997.
- Cleveland R. O. y McAteer J. A., *The physics of shock wave lithotripsy en: Smiths Textbook on Endourology*, Hamilton, Ontario, Canada, 2007.

Perfil Profesiográfico:

Quienes impartan esta actividad deberán contar con el grado de Maestro(a) o Doctor(a) o con la dispensa de grado otorgada por el Comité Académico, en alguna disciplina afín a los contenidos de esta actividad académica; experiencia académica o profesional relacionadas con la docencia en los campos del conocimiento del Programa. Tener producción académica o profesional reciente, demostrada con obra académica o profesional reconocida. Manejo y conocimiento de técnicas de enseñanza y aprendizaje.

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

PROGRAMA DE POSGRADO EN CIENCIAS FÍSICAS
MAESTRÍA EN CIENCIAS (FÍSICA)

Bases Fundamentales para el Estudio de las Interacciones Lípido-Proteína

Clave	Semestre	Créditos	Campo de conocimiento	
	1, 2 o 3	5		Física Médica y Biológica

Modalidad	Curso (X) Taller ( ) Lab ( ) Sem ( )	Tipo	T (X) P ( ) T/P ( )
Carácter	Obligatorio ( ) Optativo (X) Obligatorio E ( ) Optativo E ( )	Horas	

Duración del programa	semestral	Semana	Semestre
		Teóricas 2.5	40
		Prácticas 0	0
		Total 2.5	40

Objetivo general:
El alumno adquirirá conocimientos básicos sobre los avances referidos a los principios moleculares de las interacciones lípido-proteína y de las metodologías empleadas actualmente.

Objetivos específicos:
Conocer la estructura y propiedades físicas de las membranas biológicas, así como, las implicaciones de estas propiedades en la fisiología celular.

Índice temático

	Tema	Horas semestre	
		Teóricas	Prácticas
1	Estructura de Biomembranas	2.5	0
2	Microscopia Confocal y adquisición de imagen	2.5	0
3	Distribución de proteínas en microdominios de membrana y su impacto en la función celular	2.5	0
4	Interacción Lípido-Proteína	2.5	0
5	Proteínas formadoras de poros y métodos de estudio	2.5	0
6	Espectroscopia de Dicroísmo circular en infrarrojo para el estudio de proteínas en membrana	2.5	0
7	Segregación lipídica y proteica en membrana	2.5	0
8	Lípidos bioactivos y síntesis de fosfatidilcolina	2.5	0
9	surface plasmon resonance” para medir interacciones lípido-proteína	2.5	0
10	La función de lípidos en el plegamiento de proteínas	2.5	0
11	Microscopia de Fuerza Atómica	2.5	0
12	Lípidos en señalización celular	2.5	0
13	NMR de estado sólido en el estudio de interacción lípido proteína	2.5	0
14	Proteínas intrínsecamente desordenadas y alfa-amiloides	2.5	0
15	Lipidomica	2.5	0
16	Simulaciones mediante Dinámica Molecular	2.5	0

Total	**40**	**0**
Suma total de horas	**40**	

Contenido Temático	
	Tema y subtemas
Unidad 1	**Estructura de Biomembranas**
1.1	Modelos propuestos
1.2	Sistemas experimentales modelo para el estudio de la estructura y función de membranas
1.3	Clasificación de liposomas en base a su tamaño y lamelaridad. Procedimientos de preparación
1.4	Monocapas y Bicapas Planas
1.5	Temperatura de transición. Propiedades de fase: fase gel-líquido cristalina, líquido ordenada. Características y propiedades
1.6	Caracterización por sondas fluorescentes
1.7	Discusión de artículo
Unidad 2	**Microscopia Confocal y adquisición de imagen**
2.1	Principios del método
2.2	Aplicaciones, uso de sondas fluorescentes para la identificación de lípidos
2.3	Análisis de los datos
2.4	Consideraciones y revisión de artículo
Unidad 3	**Distribución de proteínas en microdominios de membrana y su impacto en la función celular**
3.1	Microdominio de membrana
3.2	Esfingolípidos y Colesterol
3.3	Balsas Lípidicas
3.4	Las Caveolas
3.5	Microdominios y Señalización: traducción de señales
3.6	Importancia de los microdominios en las enfermedades
3.7	Consideraciones y discusión de artículo
Unidad 4	**Interacción Lípido-Proteína**
4.1	Estudio de adsorción e inserción de proteínas. Técnicas de monocapas
4.2	Encapsulamiento de marcadores fluorescentes en liposomas
4.3	Liberación de contenido de vesículas
4.4	Fusión de membranas. Mecanismos. Métodos de Estudio.
4.5	Discusión de artículo
Unidad 5	**Proteínas formadoras de poros y métodos de estudio**
5.1	Fijación de voltaje en sus diferentes modalidades: Técnica de BLM (“Black lípid membrane”) y parches en membranas celulares
5.2	Familias de canales iónicos (práctica, registro electrofisiológico en BLM)
Unidad 6	**Espectroscopia de Dicroísmo circular en infrarrojo para el estudio de proteínas en membrana**

6.1	Principios del método
6.2	Aplicaciones
6.3	Análisis de los datos
6.4	Consideraciones y revisión de artículo
Unidad 7	**Segregación lipídica y proteica en membrana**
7.1	Bases conceptuales de las metodologías para su estudio
7.2	Segregación de fases y formación de dominios
7.3	Caracterización por monocapas y microscopía de ángulo de Brewster
Unidad 8	**Lípidos bioactivos y síntesis de fosfatidilcolina**
8.1	Generalidades
8.2	Vía de síntesis de fosfatidilcolina en procariotas
8.3	Estudio de péptidos bioactivos
8.4	Consideraciones y revisión de artículo
Unidad 9	**"surface plasmon resonance" para medir interacciones lípido-proteína**
9.1	Principios de los métodos
9.2	Aplicaciones
9.3	Análisis de los datos
9.4	Consideraciones y revisión de artículo
Unidad 10	**La función de lípidos en el plegamiento de proteínas**
10.1	Plegamiento de proteínas asistida por lípidos
10.2	Plegamiento de proteínas integrales de membrana
10.3	Chaperonas de naturaleza lipídica
10.4	Discusión de artículo
Unidad 11	**Microscopia de Fuerza Atómica**
11.1	Principios del método
11.2	Aplicaciones
11.3	Análisis de los datos
11.4	Elasticidad de Membrana
11.5	Discusión de artículo
Unidad 12	**Lípidos en señalización celular**
12.1	Distribución de lípidos y rearreglo de lípidos durante el proceso de maduración del espermatozoide
12.2	Discusión de artículo
Unidad 13	**NMR de estado sólido en el estudio de interacción lípido proteína**
13.1	Principios de los métodos
13.2	Aplicaciones
13.3	Análisis de los datos
13.4	Consideraciones y revisión de artículo

Unidad 14	**Proteínas intrínsecamente desordenadas y alfa-amiloides**
14.1	Desnaturalización química de proteínas. Análisis de las curvas de desnaturalización
14.2	Unión de ANS, análisis de los patrones de digestión tríptico
14.3	Predicción de regiones intrínsecamente desordenadas
14.4	Cambios en la estructura de proteínas por interacción con membranas
14.5	Discusión de artículo
Unidad 15	**Lipidomica**
15.1	Purificación de lípidos
15.2	análisis de lípidos
15.3	Expresión de genes y proteínas en la homeostasis de lípidos
15.4	Interacciones lípido-Proteína
15.5	Discusión de artículo
Unidad 16	**Simulaciones mediante Dinámica Molecular**
16.1	Simulaciones de bicapas lipídicas e interacción péptidos membrana por dinámica molecular
16.1.1	Predicciones de interacción lípido-proteína
16.1.2	Discusión de artículo
16.2	Simulación de la interacción de péptidos y alcaloides con membrana por DM
16.2.1	Métodos y consideraciones para la simulación por DM
16.2.2	Mecanismos de inserción de Péptidos antimicrobianos
16.3	Discusión de artículo

Estrategias didácticas		Evaluación del aprendizaje	
Exposición		Exámenes parciales	x
Trabajo en equipo		Examen final	x
Lecturas	x	Trabajos y tareas	
Trabajo de investigación	x	Presentación de tema	
Prácticas (taller o laboratorio)		Participación en clase	x
Prácticas de campo		Asistencia	x
Aprendizaje por proyectos		Rúbricas	
Aprendizaje basado en problemas		Portafolios	
Casos de enseñanza		Listas de cotejo	
Otras (especificar)		Otras (especificar)	

Bibliografía básica:

- Phillips Rob, Kondev Jane, Theriot Julie, Garcia Hernan. Physical Biology of the Cell. Edit. Garland Science. London UK 2013.
  ISBN 978-0-8153-4450-06
- Kleinschmidt Jörg H. Lipid-Protein Interactions: Methods and Protocols. Series: Methods in Molecular Biology, Vol.954. Series Edit. Walker JM. Edit Humana Press. Hertfordshire UK. ISBN 978-1-62703-275-9.
- Volkmar Weissig, Liposomes. Methods and Protocols. Vol 2: Biological membranes models. IN Methods In Molecular Biology. Springer, London 2010. ISSN 1064-3745.ISBN 978-160761-446-3.

- Latorre R., Lopez-Barneos J., Bezanilla F., Llinas R. Biofisica y Biologia celular, Universidad de SevillaSecretaria de publicaciones. Sevilla, España 1996. ISBN: 84-472-0339-5
- Mouritsen, OG., Life-as a matter of fat. The frontiers collection, Series Edits. D. Dragoman M. Dragoman A.C. Elitzur
  M.P. Silverman J. Tuszynski H.D. Zeh. Edit. Springer, London, UK. 2005 ISBN: 978-3-540-23248-3

Bibliografía complementaria:

- Hille B. Ion channnels of excitable Membranes, 3er Ed. Sinauer Associates, Sunderland, MA USA. 2001. ISBN 0- 87893-321-2
- Sperelakys, N., Cell physiology, source book. Edit. Academic Press, San Diego Cal, USA. ISBN0-12-656972-X
- Liposomes, Lipid Bilayers and Model Membranes From Basic Research to Application Edited by Georg Pabst Norbert Kuñerka Mu-Ping Nieh John Katsaras
  CRC Press 2014
  ISBN: 978-1-4665-0709-8
- Bacterial Membranes. Edited by Han Remaut and Rémi Fronzes. Caister Academic Press 2014
  ISBN:978-1-908230-27-0
- Membrane Biophysics (Biological and Medical Physics, Biomedical Engineering) Edited by Mohammead Ashrafuzzaman and Jack A Tuszynsky.
  Springer Heidelberg 2013 ISBN 978-3-642-44106-6

Perfil Profesiográfico:

Quienes impartan esta actividad deberán contar con el grado de Maestro(a) o Doctor(a) o con la dispensa de grado otorgada por el Comité Académico, en alguna disciplina afín a los contenidos de esta actividad académica; experiencia académica o profesional relacionadas con la docencia en los campos del conocimiento del Programa. Tener producción académica o profesional reciente, demostrada con obra académica o profesional reconocida. Manejo y conocimiento de técnicas de enseñanza y aprendizaje.

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

PROGRAMA DE POSGRADO EN CIENCIAS FÍSICAS
MAESTRÍA EN CIENCIAS (FÍSICA)

Física de la Dosimetría en Campos de Radiación con Alta Densidad de Ionización

Clave	Semestre 1, 2 o 3	Créditos 8	Campo de conocimiento	Física Médica y Biológica

Modalidad	**Curso (X) Taller ( ) Lab ( ) Sem ( )**	**Tipo**	**T (X) P ( ) T/P ( )**
Carácter	**Obligatorio ( ) Optativo (X)** **Obligatorio E ( ) Optativo E ( )**	**Horas**	
Duración del programa	**semestral**	**Semana**	**Semestre**
		Teóricas 4	**64**
		Prácticas 0	**0**
		Total 4	**64**

Objetivo general:

El alumno aprenderá la física básica que sustenta la dosimetría de campos de radiación con alta densidad de ionización.

Objetivos específicos:

Conocer los fundamentos de la dosimetría y las técnicas de campos de radiación con alta densidad de ionización.

Índice temático

	Tema	Horas semestre	
		Teóricas	**Prácticas**
1	Característica de los espectros de fotones producidos dependiendo del equipo	12	0
2	Interacción de los fotones de bajas energías con la materia	4	0
3	Características de los espectros de electrones producidos por cada haz de fotones	4	0
4	Interacción de los electrones con la materia	16	0
5	Dependencia de los espectros de fotones y electrones con la profundidad del medio	8	0
6	Dependencia de los espectros de fotones y electrones con el tamaño del campo de radiación	8	0
7	Respuesta de dosímetros como función de parámetros que definen el haz de radiación tales como energía y LET	12	0
	Total	**64**	**0**
	Suma total de horas	**64**	

Contenido Temático	
	Tema y subtemas
Unidad 1	**Característica de los espectros de fotones producidos dependiendo del equipo**
1.1	Acelerador lineal (Linac) de uso convencional y con conos
1.2	Linac con colimadores de multihojas (diferentes espesores)
1.3	Unidad Cyberknife
1.4	Unidad Gammaknife
1.5	Tubos de rayos-x
Unidad 2	**Interacción de los fotones de bajas energías con la materia**
2.1	Atenuación
2.2	Retrodispersión
Unidad 3	**Características de los espectros de electrones producidos por cada haz de fotones**
3.1	Haces de fotones de bajas energías
3.2	Haces de fotones de altas energías
3.3	Radiación dispersa de la fuente generador de fotones
Unidad 4	**Interacción de los electrones con la materia**
4.1	Modelo de Bethe y sus limitaciones
4.2	Concepto de potencial de ionización
4.3	Modelo dieléctrico
4.4	Algoritmo simple de Penn
4.5	Algoritmo completo de Penn
4.6	Transferencia lineal de energía (LET)
4.7	Modelo de Bethe y sus limitaciones
4.8	Concepto de potencial de ionización
Unidad 5	**Dependencia de los espectros de fotones y electrones con la profundidad del medio**
5.1	Espectro dentro del campo y su correspondiente LET
5.2	Espectro fuera de campo y su correspondiente LET
Unidad 6	**Dependencia de los espectros de fotones y electrones con el tamaño del campo de radiación**
6.1	Espectro dentro del campo y su correspondiente LET
6.2	Espectro dentro del campo y su correspondiente LET
Unidad 7	**Respuesta de dosímetros como función de parámetros que definen el haz de radiación tales como energía y LET**
7.1	Dosímetros uni-dimensionales: Cámaras de ionización y Dosímetros termoluminiscentes
7.2	Dosímetros bi-dimensionales: Películas de tinte radiocrómico
7.3	Dosímetros tri-dimensionales: Gel

Estrategias didácticas		Evaluación del aprendizaje	
Exposición	X	Exámenes parciales	X
Trabajo en equipo		Examen final	X
Lecturas	X	Trabajos y tareas	X
Trabajo de investigación	X	Presentación de tema	X
Prácticas (taller o laboratorio)		Participación en clase	X
Prácticas de campo		Asistencia	X
Aprendizaje por proyectos		Rúbricas	
Aprendizaje basado en problemas	X	Portafolios	
Casos de enseñanza		Listas de cotejo	
Otras (especificar)		Otras (especificar)	

Bibliografía básica:

- ICRU 16 1970 *Linear Energy Transfer* (Washington, DC: International Commission on Radiation Unit and Measurements)
- ICRU report-37 1984 *Stopping powers for electrons and positrons*, (International Commission on Radiation Units and Measurements, 7910 Woodmont Ave., Bethesda, MD 20814)
- ICRU report-72 2004 *Dosimetry of Beta Rays and low-Energy photons for Brachytherapy with sealed sources* (International Commission on Radiation Units and Measurements: Oxford University Press,).
- Attix F H 2004 *Introduction to Radiological Physics and Radiation Dosimetry* (Weinheim: Wiley)
- A Cabrera-Santiago and G Massillon-JL 2016 Track-average LET of secondary electrons generated in LiF:Mg,Ti and liquid water by 20–300 kV x-ray, ^{137}Cs and ^{60}Co beams, *Phys. Med. Biol*. 61 7919–7933
- G. Massillon-JL, A Cabrera-Santiago, R Minniti, M O'Brien and C G Soares 2014 Influence of phantom materials on the energy dependence of LiF:Mg,Ti thermoluminescent dosimeters exposed to 20-300 kV narrow x-ray spectra, ^{137}Cs and ^{60}Co photons, *Phys. Med. Biol.* 59 4149-4166
- Penn D R 1987 Electron mean-free-path calculations using a model dielectric function *Phys. Rev. B* 35 482
- Jang S Y, Liu H H, Mohan R and Siebers J V 2007 Variations in energy spectra and water-to-material stopping-power ratios in three-dimensional conformal and intensity-modulated photon fields *Med. Phys.* 34 1388–97
- Scarboro S B, Followill D S, Howell R M and Kry S F 2011 Variations in photon energy spectra of a 6 MV beam and their impact on TLD response *Med. Phys.* 38 2619–28
- Kirkby C, Field C, MacKenzie M, Syme A and Fallone B G 2007 A Monte Carlo study of the variation of electron fluence in water from a 6 MV photon beam outside of the field *Phys. Med. Biol.* 52 3563–78*ysics* 28.6 (2001): 868-893.

Bibliografía complementaria:

- Shinotsuka H, Tanuma S, Powell C J and Penn D R 2012 Calculations of electron stopping powers for 41 elemental solids over the 50 eV–30 keV range with the full Penn algorithm *Nucl. Instrum. Methods* B **270** 75–92
- Mobit P N, Nahum A E and Mayles P 1998 A Monte Carlo study of the quality dependence factors of common TLD materials in photon and electron beams *Phys. Med. Biol.* **43** 2015–32
- Nahum A E 1978 Water/air mass stopping power ratios for megavoltage photon and electron beams *Phys. Med. Biol.* **23** 24–38

- G Massillon-JL 2010 Dosimetry in steep dose-rate gradient radiation fields: A Challenge in clinical application Proc. of the XI Mexican Symposium on Medical Physics, (AIP Conf. Proc. **1310** 23-28
- Kawrakow I, Mainegra-Hing E, Rogers D W O, Tessier F and Walters B R B 2016 *The EGSnrc Code System: Monte Carlo Simulation Of Electron And Photon Transport* (*NRCC PIRS-701*) (Ottawa: National Research Council Canada)
- Kellerer A M 2002 Electron spectra and the RBE of x-rays *Radiat Res.* **158** 13–22
- Kliauga P and Dvorak R 1978 Microdosimetric measurement of ionization by monoenergetic photons *Radiat. Res.* **73** 1–20 2
- Davis SD, Ross CK, MobitPN, Vander Zwan L, ChaseWJandShortt KR 2003 The response of LiF thermoluminescence dosimeter to photon beam in the energy range from 30 kV x-rays to ^{60}Co gamma rays *Radiat. Prot. Dosim.* **106** 33–44
- Emfietzoglou D, Karava K, Papamichael G and Moscovitch M 2003 Monte Carlo simulation of the energy loss of low-energy electrons in liquid water *Phys. Med. Biol.* **48** 2355–71
- Emfietzoglou D and Moscovitch M 2002 Inelastic collision characteristics of electrons in iquid water *Nucl. Instrum. Methods Phys. Res.* B **193** 71–78
- Emfietzoglou D and Nikjoo H 2007 Accurate electron inelastic cross sections and stopping powers for liquid water over the 0.1–10keV range based on an improved dielectric description of the Bethe surface *Radiat. Res.* **167** 110–120
- Fernández-Varea J M, González-Muñoz G, Galassi M E, Wiklund K, Lind B K, Ahnesjö A and Tilly N 2012 Limitations (and merits) of PENELOPE as a track-structure code *Int. J. Radiat. Biol.* **88** 66–70
- Alexis Santiago Cabrera, Calculo de espectros de electrones generados en LiF por rayos-X de bajas energías y su transferencia lineal de energía (LET), Tesis de Maestría UNAM 2014
- Guerda Massillon-JL, Sou-Tung Chiu-Tsao, Ivan Domingo-Muñoz and Maria F. Chan "Energy Dependence of the New Gafchromic EBT3 Film:Dose Response Curves for 50 KV, 6 and 15 MV X-Ray Beams " International Journal of Medical Physics, Clinical Engineering and Radiation Oncology 1 60-65 (2012)
- A Cabrera-Santiago and G. Massillon-JL, Secondary Electron Fluence Generated in LiF:Mg,Ti by Low-Energy Photons and its contribution to the Absorbed Dose American Institute of Physics (AIP) Conference proceeding, (2016) 1747 020004
- Guerda Massillon-JL, Ivan Domingo Muñoz-Molina and Porfirio Díaz-Aguirre Optimum absorbed dose vs energy response of Gafchromic EBT2 and EBT3 films exposed to 20 kV-160 kV x-rays and ^{60}Co gamma, Biomed. Phys. Eng. Express (2 (2016) 045005

Perfil Profesiográfico:

Quienes impartan esta actividad deberán contar con el grado de Maestro(a) o Doctor(a) o con la dispensa de grado otorgada por el Comité Académico, en alguna disciplina afín a los contenidos de esta actividad académica; experiencia académica o profesional relacionadas con la docencia en los campos del conocimiento del Programa. Tener producción académica o profesional reciente, demostrada con obra académica o profesional reconocida. Manejo y conocimiento de técnicas de enseñanza y aprendizaje.

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

PROGRAMA DE POSGRADO EN CIENCIAS FÍSICAS
MAESTRÍA EN CIENCIAS (FÍSICA)

Mecánica de la Célula					
Clave	**Semestre 1, 2 o 3**	**Créditos 8**	**Campo de conocimiento**	**Física Médica y Biológica**	
Modalidad	**Curso (X) Taller ( ) Lab ( ) Sem ( )**			**Tipo**	**T (X) P ( ) T/P ( )**
Carácter	**Obligatorio ( ) Optativo (X)** **Obligatorio E ( ) Optativo E ( )**			**Horas**	
Duración del programa	**semestral**			**Semana**	**Semestre**
				Teóricas 4	**64**
				Prácticas 0	**0**
				Total 4	**64**

Objetivo general:
El alumno describirá y modelará la célula como un sistema mecánico.

Objetivos específicos:

- Apreciar a la célula como una estructura suave y no rígida
- Identificar las funciones de mecano transducción y señalización

Índice temático

	Tema	**Horas semestre**	
		Teóricas	**Prácticas**
1	La célula	4	0
2	Polímeros celulares	6	0
3	Redes bi- y tri-dimensionales	8	0
4	Biomembranas	6	0
5	Ondulaciones membranales	8	0
6	Fuerzas intermembranales	10	0
7	Filamentos dinámicos	12	0
8	Diseños mecánicos	6	0
9	Visualizaciones	4	0
	Total	**64**	**0**
	Suma total de horas	**64**	

Contenido Temático	
	Tema y subtemas
Unidad 1	**La célula**
1.1	Diseños celulares
1.2	Formas tamaños y estructuras
1.3	Bioenergética
1.4	Sistemas de bicapa pura

1.5	Vesículas, glóbulos rojos y bacterias
Unidad 2	**Polímeros celulares**
2.1	Filamentos
2.2	Barras y cuerdas
2.3	Cadenas poliméricas
2.4	Elasticidad de los filamentos celulares
Unidad 3	**Redes bi- y tri-dimensionales**
3.1	Redes suaves de la célula
3.2	Módulo elástico
3.3	Redes de entropía
3.4	Polímeros semiflexibles
3.5	Citoesqueleto
3.6	Reología de los componentes del citoesqueleto
Unidad 4	**Biomembranas**
4.1	Composición
4.2	Aunto-ensamblaje
4.3	Resistencia a la compresión y doblamiento
4.4	Energía de borde
Unidad 5	**Ondulaciones membranales**
5.1	Fluctuaciones térmicas en la membrana
5.2	Curvas de superficie
5.3	Polímeros y membranas
Unidad 6	**Fuerzas intermembranales**
6.1	Interacciones entre membranas
6.2	Fuerza de van der Waals e interacciones electrostáticas
6.3	Repulsión entrópica ente los polímeros y láminas
6.4	Adhesión
Unidad 7	**Filamentos dinámicos**
7.1	Movimiento celular
7.2	Polimerización de a actina y tubulina
7.3	Motores celulares
Unidad 8	**Diseños mecánicos**
8.1	Tensión y compresión
8.2	Tenseguridad
Unidad 9	**Visualizaciones**
9.1	Modelos computacionales
9.2	Microscopía
9.3	Cristalización

Estrategias didácticas		Evaluación del aprendizaje	
Exposición	X	Exámenes parciales	
Trabajo en equipo		Examen final	
Lecturas	X	Trabajos y tareas	X
Trabajo de investigación	X	Presentación de tema	X
Prácticas (taller o laboratorio)		Participación en clase	X
Prácticas de campo		Asistencia	X
Aprendizaje por proyectos		Rúbricas	
Aprendizaje basado en problemas		Portafolios	X
Casos de enseñanza		Listas de cotejo	
Otras (especificar)		Otras (especificar)	

Bibliografía básica:

- Boal D. Mechanics of the Cell. Cambridge
- Lodish H, Berk A, Kaiser CA, Krieger M, Bretscher A, Ploegh H, Amon A, Scott MP. Molecular cell biology. 7th ed. USA: W.H. Freeman and company; 2012.
- Evans E, Skalak R. Mechanics and Thermodynamics of Biomembranes. CRC Press, 1980.
- Nossal R and Lecar H. Molecular and Cell Biophysics. Addison-Wesley
- Berg H. Random walks in Biology. Princeton University Press

Bibliografía complementaria:

- Schrodinger, Erwin. What is Life?: The Physical Aspects of Living Cell with Mind and Matter: an Autobiographical Sketches. Cambridge University Press, 1967.

Perfil Profesiográfico:

Quienes impartan esta actividad deberán contar con el grado de Maestro(a) o Doctor(a) o con la dispensa de grado otorgada por el Comité Académico, en alguna disciplina afín a los contenidos de esta actividad académica; experiencia académica o profesional relacionadas con la docencia en los campos del conocimiento del Programa. Tener producción académica o profesional reciente, demostrada con obra académica o profesional reconocida. Manejo y conocimiento de técnicas de enseñanza y aprendizaje.

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

PROGRAMA DE POSGRADO EN CIENCIAS FÍSICAS
MAESTRÍA EN CIENCIAS (FÍSICA)

Física de los Sistemas Vivos					
Clave	**Semestre 1, 2 o 3**	**Créditos 8**	**Campo de conocimiento**	**Física Médica y Biológica**	
Modalidad	**Curso (X) Taller ( ) Lab ( ) Sem ( )**			**Tipo**	**T (X) P ( ) T/P ( )**
Carácter	**Obligatorio ( ) Optativo (X)** **Obligatorio E ( ) Optativo E ( )**			**Horas**	
Duración del programa	**semestral**			**Semana**	**Semestre**
				Teóricas 4	**64**
				Prácticas 0	**0**
				Total 4	**64**

Objetivo general:

El alumno aprenderá a describir, entender y modelar a los sistemas biológicos cuantitativamente a través del entendimiento físico.

Objetivos específicos:

Comprender cómo las células operan a energías comparables con la energía térmica. Estos hechos y sus consecuencias permitirán entender el concepto de la vida.

Índice temático

	Tema	**Horas semestre**	
		Teóricas	**Prácticas**
1	**La vida**	3	0
2	**Movimiento espontáneo en las células**	8	0
3	**Energía y entropía: Conceptos básicos**	8	0
4	**Energía en sistemas biológicos**	8	0
5	**Fuerzas reales y fenomenológicas**	8	0
6	**Capacitancia y potenciales transmembranales. Campos eléctricos**	7	0
7	**Difusión**	6	0
8	**Fuerza y flujo**	10	0
9	**La luz y sus interacciones con la materia**	6	0
	Total	64	0
	Suma total de horas	**64**	

Contenido Temático	
	Tema y subtemas
Unidad 1	**La vida**
1.1	Orden y caos
1.2	Auto-ensamblaje
1.3	Tamaños y formas de los componentes celulares: Implicaciones de las Leyes Físicas
Unidad 2	**Movimiento espontáneo en las células**
2.1	¿Las proteínas pueden cambiar su estructura sin consumir energía?
2.2	Los virus
2.3	La distribución de Boltzmann: Convirtiendo la energía en una probabilidad
2.4	¿Violaciones a las Leyes de Newton?
Unidad 3	**Energía y entropía: Conceptos básicos**
3.1	Los organismos vivos como estructuras disipativas
3.2	Los procesos celulares son impulsados por la probabilidad de energía de interacción
3.3	Influencia de la entropía en la energía libre
3.4	Influencia de los estados libres en la respuesta celular
Unidad 4	**Energía en sistemas biológicos**
4.1	Potencial químico
4.2	Distribución de Boltzmann
4.3	Casos especiales: Equilibrio electroquímico y osmótico
4.4	El estado estacionario: Disipación de energía
Unidad 5	**Fuerzas reales y fenomenológicas**
5.1	Potenciales eléctricos
5.2	Electroneutralidad
5.3	Densidad de carga y campos eléctricos en: soluciones acuosas, superficies y a través de la membrana
Unidad 6	**Capacitancia y potenciales transmembranales. Campos eléctricos**
6.1	La relación corriente, voltaje
6.2	Potenciales de equilibrio y potenciales reversibles
6.3	Conformación proteica
6.4	Canales iónicos dependientes de voltaje
6.5	Dipolos y campos eléctricos
Unidad 7	**Difusión**
7.1	Ecuación de Einstein $x^2=2Dt$
7.2	Implicaciones en la estructura y en la organización celular y de los organelos
Unidad 8	**Fuerza y flujo**
8.1	Definición clásica de fuerza (micro-escala)
8.2	La fuerza en los líquidos causa una velocidad, no una aceleración
8.3	Ecuación general del equilibrio
8.4	Ejemplos: movimiento electroforético, sedimentación
Unidad 9	**La luz y sus interacciones con la materia**
9.1	Las moléculas como antena
9.2	La absorción

9.3	Fluorescencia y absorbancia
9.4	Transferencia de energía sin radiación
9.5	Dicroismo circular

Estrategias didácticas		Evaluación del aprendizaje	
Exposición	X	Exámenes parciales	
Trabajo en equipo		Examen final	
Lecturas	X	Trabajos y tareas	X
Trabajo de investigación	X	Presentación de tema	X
Prácticas (taller o laboratorio)		Participación en clase	X
Prácticas de campo		Asistencia	X
Aprendizaje por proyectos		Rúbricas	
Aprendizaje basado en problemas		Portafolios	X
Casos de enseñanza		Listas de cotejo	
Otras (especificar)		Otras (especificar)	

Bibliografía básica:

- Alberts B, Johnson A. Molecular biology of the cell. 5th ed. UK: Garland Science; 2008.
- Lodish H, Berk A, Kaiser CA, Krieger M, Bretscher A, Ploegh H, Amon A, Scott MP. Molecular cell biology. 7th ed. USA: W.H. Freeman and company; 2012.
- Nossal R and Lecar H. Molecular and Cell Biophysics. Addison-Wesley
  - Sperelakis N. Cell Physiology Source Book. 3rd Edition
- Byrne J, Schultz S. An Introduction to Membrane Transport and Bioelectricity.
- Raven. The Vital Force: A study of Bioenergetics by F.M. Harold (Freeman)

Bibliografía complementaria:

- Hille B. Ionic Channels of Excitable Membranes.
- Schrödinger W. What is life? The physical aspect of the living cell. UK: Cambridge University Press; 1967.

Perfil Profesiográfico:

Quienes impartan esta actividad deberán contar con el grado de Maestro(a) o Doctor(a) o con la dispensa de grado otorgada por el Comité Académico, en alguna disciplina afín a los contenidos de esta actividad académica; experiencia académica o profesional relacionadas con la docencia en los campos del conocimiento del Programa. Tener producción académica o profesional reciente, demostrada con obra académica o profesional reconocida. Manejo y conocimiento de técnicas de enseñanza y aprendizaje.

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

PROGRAMA DE POSGRADO EN CIENCIAS FÍSICAS
MAESTRÍA EN CIENCIAS (FÍSICA)

Física de la Medicina Nuclear e Imagen Molecular					
Clave	**Semestre** 1, 2 o 3	**Créditos** 9	**Campo de conocimiento**	**Física Médica y Biológica**	
Modalidad	**Curso (X) Taller ( ) Lab ( ) Sem ( )**			**Tipo**	**T ( ) P ( ) T/P (X)**
Carácter	**Obligatorio ( ) Optativo (X)** **Obligatorio E ( ) Optativo E ( )**			**Horas**	
Duración del programa	**semestral**			**Semana**	**Semestre**
				Teóricas 3	**48**
				Prácticas 1.5	**24**
				Total 4.5	**72**

Objetivo general:

El alumno conocerá los fundamentos físicos y la instrumentación básica que se utiliza en el ejercicio de la medicina nuclear e imagen molecular.

Objetivos específicos:

- Entender la producción de los radionúclidos con fines de diagnóstico y terapia.
- Saber como se obtienen y procesan las imágenes planares y tomográficas con los equipos de gammagrafía, SPECT y PET.
- Identificar los parámetros físicos que caracterizan y determinan la calidad de imagen en medicina nuclear.
- Comprender los conceptos básicos de la dosimetría interna en medicina nuclear.

Índice temático

	Temas	**Horas semestre**	
		Teóricas	**Prácticas**
1	**Radioactividad**	3.0	0
2	**Producción de núcleos radiactivos y radiofármacos**	3.0	1.5
3	**Sistemas de detección y conteo radiactivo**	4.5	1.5
4	**Análisis estadístico en los sistemas de detección de radiación**	4.5	0
5	**Cámara Gamma 1: Principios básicos**	3.0	0
6	**Cámara Gamma 2: Funcionamiento y características del sistema**	3.0	0
7	**Cámara Gamma 3: Calidad de imagen (controles de calidad)**	6.0	6.0
8	**Reconstrucción tomográfica en medicina nuclear**	3.0	0
9	**Tomografía computarizada por emisión de fotón único (SPECT)**	4.5	3.0
10	**Tomografía por emisión de positrones (PET)**	4.5	3.0

11	**Sistemas híbridos: SPECT/CT y PET/CT**	3.0	0
12	**Procesamiento y análisis de imágenes digitales de Medicina Nuclear**	3.0	3.0
13	**Dosimetría Interna**	3.0	6.0
	Total	**48**	**24**
	Suma total de horas	**72**	

Contenido Temático	
	Temas y subtemas
Unidad 1	**Radioactividad**
1.1	Actividad y decaimiento exponencial
1.2	Modos de decaimiento
1.3	Relaciones de decaimiento Padre-Hija
Unidad 2	**Producción de núcleos radiactivos y radiofármacos**
2.1	Energía de amarre, Valor-Q, Reacciones nucleares
2.2	Producción de radionúclidos con reactores y aceleradores
2.3	El generador de radionúclidos
2.4	Radionúclidos y radiofármacos de uso clínico
2.5	Controles de calidad en radiofarmacia
Unidad 3	**Sistemas de detección y conteo radiactivo**
3.1	Detectores con gas
3.2	Detectores semiconductores
3.3	Detectores de centelleo
Unidad 4	**Análisis estadístico en los sistemas de detección de radiación**
4.1	Fuentes y tipos de error en Medicina Nuclear
4.2	Modelos estadísticos para detección de radiación
4.3	Propagación de errores
4.4	Aplicaciones de análisis estadístico
4.5	Pruebas estadísticas
Unidad 5	**Cámara Gamma 1: Principios básicos**
5.1	Componentes fundamentales
5.2	Sistema de detección y su electrónica
5.3	Colimación
5.4	Detección de radiación y procesamiento de la imagen
5.5	Cámaras gamma de uso clínico
Unidad 6	**Cámara Gamma 2: Funcionamiento y características del sistema**
6.1	Características físicas (resolución espacial intrínseca, eficiencia de detección, resolución energética, rapidez de conteo)
6.2	Limitantes de detección (no-uniformidad y no-linealidad), Técnicas de corrección
6.3	Diseño y características de los colimadores de hoyos paralelos, divergentes, convergentes y pinhole
6.4	Evaluación de rendimiento/desempeño (resolución intrínseca, resolución del sistema, linealidad espacial, uniformidad, tasa de conteo, resolución energética, sensibilidad del sistema)
Unidad 7	**Cámara Gamma 3: Calidad de imagen (controles de calidad)**

7.1	Resolución espacial
7.2	Contraste
7.3	Ruido
Unidad 8	**Reconstrucción tomográfica en medicina nuclear**
8.1	Retroproyección y técnicas de Fourier
8.2	Calidad de imagen y transformada de Fourier
8.3	Algoritmos de reconstrucción iterativa
Unidad 9	**Tomografía computarizada por emisión de fotón único (SPECT)**
9.1	Implementación y caracterización
9.2	Características de evaluación y rendimiento
9.3	Aplicaciones clínicas y pre-clínicas
Unidad 10	**Tomografía por emisión de positrones (PET)**
10.1	Principios básicos para formación de imagen: Detección de aniquilación en coincidencia, Tiempo de vuelo, Factores que afectan la resolución espacial, Sensibilidad, Tipos de eventos de aniquilación en coincidencia
10.2	Sistema de detección e instrumentación
10.3	Adquisición de datos y correcciones
10.4	Aplicaciones clínicas y pre-clínicas
Unidad 11	**Sistemas híbridos: SPECT/CT y PET/CT**
11.1	SPECT/CT
11.2	PET/CT
11.3	Corrección de Atenuación y Dispersión mediante el CT
Unidad 12	**Procesamiento y análisis de imágenes digitales de Medicina Nuclear**
12.1	Imágenes digitales: Terminología y características, Tamaño de matriz y Resolución espacial, Modos de adquisición y Sistemas de Visualización
12.2	Técnicas de procesamiento y análisis: Visualización, Regiones y Volúmenes de interés (ROI y VOI), Curvas Actividad-Tiempo, Suavizado, Segmentación, Co-registro
Unidad 13	**Dosimetría interna**
13.1	Cantidades y unidades de dosimetría interna
13.2	Protocolo MIRD
13.3	Aplicaciones clínicas
Prácticas de laboratorio	
1	Detectores de radiación: Activímetro, Contador de pozo
2	Controles de calidad en radiofarmacia – Generador de Tc-99m
3	Controles de Calidad de la Cámara Gamma
4	Control de Calidad en SPECT/CT
5	Control de Calidad PET/CT
6	Estudios preclínicos microPET/SPECT/CT
7	Análisis y cuantificación de imágenes
8	Protección Radiológica y Dosimetría Interna en Medicina Nuclear

Estrategias didácticas		Evaluación del aprendizaje	
Exposición		Exámenes parciales	x
Trabajo en equipo		Examen final	x
Lecturas	x	Trabajos y tareas	x
Trabajo de investigación	x	Presentación de tema	
Prácticas (taller o laboratorio)	x	Participación en clase	x
Prácticas de campo		Asistencia	x
Aprendizaje por proyectos		Rúbricas	
Aprendizaje basado en problemas	x	Portafolios	
Casos de enseñanza		Listas de cotejo	
Otras (especificar)		Otras (especificar)	

Bibliografía básica:

- S. Cherry, J.A. Sorenson, M.E. Phelps, Physics in Nuclear Medicine. Fourth Edition 2012. Elsevier Inc.
- D.L. Bailey, J.L. Humm, A. Todd-Pokropek, Nuclear Medicine Physics. A handbook for teachers and students. A. van Aswegen. 2014 IAEA.
- IAEA Quality Control Atlas for Scintillation Camera Systems. International Atomic Energy Agency, Vienna 2003.
- Quality Control Procedures Applied to Nuclear Instruments. IAEA-TECDOC-1599
- Control de calidad de los instrumentos de medicina nuclear. IAEA-TECDOC-602/S.

Bibliografía complementaria:

- Saha G.B. Fundamentals of Nuclear Pharmacy. Springer 7th Ed. 2018.

Perfil Profesiográfico:

Quienes impartan esta actividad deberán contar con el grado de Maestro(a) o Doctor(a) o con la dispensa de grado otorgada por el Comité Académico, en alguna disciplina afín a los contenidos de esta actividad académica; experiencia académica o profesional relacionadas con la docencia en los campos del conocimiento del Programa. Tener producción académica o profesional reciente, demostrada con obra académica o profesional reconocida. Manejo y conocimiento de técnicas de enseñanza y aprendizaje.

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

PROGRAMA DE POSGRADO EN CIENCIAS FÍSICAS
MAESTRÍA EN CIENCIAS (FÍSICA)

Física de la Imagen por Resonancia Magnética					
Clave	**Semestre** 1, 2 o 3	**Créditos** 6	**Campo de conocimiento**	**Física Médica y Biológica**	
Modalidad	**Curso (X) Taller ( ) Lab ( ) Sem ( )**			**Tipo**	**T (X) P ( ) T/P ( )**
Carácter	**Obligatorio ( ) Optativo (X)** **Obligatorio E ( ) Optativo E ( )**			**Horas**	
Duración del programa	**semestral**			**Semana**	**Semestre**
				Teóricas 3	**48**
				Prácticas 0	**0**
				Total 3	**48**

Objetivo general:

El alumno adquirirá los conceptos físicos y la instrumentación básica que fundamenta la obtención de imágenes por resonancia magnética.

Objetivos específicos:

- Reconocer las características de los componentes y módulos más comunes que forman los instrumentos clínicos comerciales de resonancia magnética.
- Entender los principios físicos en que se basa la imagen por resonancia magnética; la creación de la señal de resonancia y sus propiedades de relajación; las ideas prácticas para construir el espacio k y la metodología para construir la imagen en el espacio de configuración.
- Estudiar las características de las familias eco de espín y eco de gradiente y las aplicaciones de técnicas poco convencionales.

Índice temático

	Tema	**Horas semestre**	
		Teóricas	**Prácticas**
1	**Introducción**	8	0
2	**Magnetización, relajación y ecuaciones de Bloch**	8	0
3	**Conceptos de Detección y métodos de adquisición de Señal**	8	0
4	**Localización de la Señal**	8	0
5	**Métodos de Imagen por Resonancia Magnética**	8	0
6	**Técnicas Especiales de Imagen por Resonancia Magnética**	8	0
	Total	**48**	**0**
	Suma total de horas	**48**	

Contenido Temático	
	Tema y subtemas
Unidad 1	**Introducción**
1.1	La imagen por resonancia magnética
1.2	Magneto
1.3	Sistema de gradientes
1.4	Sistemas de radio-frecuencia
1.5	Consoloa del operador
Unidad 2	**Magnetización, relajación y ecuaciones de Bloch**
2.1	Momento magnético promedio de un sujeto
2.2	Interacción spin-red
2.3	Interacción spin-spin
2.4	Ecuaciones de Bloch en un campo estático
2.5	Combinación de campo magnético estático y el campo magnético de radio-frecuencia
Unidad 3	**Conceptos de Detección y métodos de adquisición de Señal**
3.1	Inducción de Faraday
3.2	Señal de la magnetización
3.3	Decaimiento de Inducción libre (FID)
3.4	T2 y el concepto de espín-eco
3.5	Repetición de pulsos de RF y la respuesta espín-eco
3.6	T1 y el concepto Inversión-Recuperación
Unidad 4	**Localización de la Señal**
4.1	Gradientes y su utilidad en la selección de corte
4.2	Interpretación del espacio k
4.3	Métodos básicos de imagen en una, dos y tres dimensiones
4.4	Muestreo en el espacio k
4.5	Reconstrucción de imágenes
4.6	Señal, constaste y ruido
Unidad 5	**Métodos de Imagen por Resonancia Magnética**
5.1	Clasificación de contraste para las imágenes pesadas a T1, T2, T2* y densidad de protones (DP)
5.2	Manipulación de los parámetros principales para la variabilidad en contraste de las imágenes debido a T1, T2, T2* y DP
5.3	Diseño de secuencias básicas e introducción a la programación de protocolos de imagen en sistemas clínicos comerciales
5.4	Clasificación y descripción de secuencias rápidas y técnicas paralelas (SENSE, GRAPA, etc)
Unidad 6	**Técnicas Especiales de Imagen por Resonancia Magnética**
6.1	Angioresonancia
6.2	Espectroscopia por RM (1 H-ERM)

6.3	Imágenes pesadas a difusión (IWD), tensor de difusión (TD) y tractografia
6.4	Imágenes funcionales por resonancia magnética

Estrategias didácticas		Evaluación del aprendizaje	
Exposición	X	Exámenes parciales	X
Trabajo en equipo	X	Examen final	X
Lecturas	X	Trabajos y tareas	X
Trabajo de investigación	X	Presentación de tema	X
Prácticas (taller o laboratorio)		Participación en clase	X
Prácticas de campo		Asistencia	X
Aprendizaje por proyectos	X	Rúbricas	
Aprendizaje basado en problemas	X	Portafolios	
Casos de enseñanza		Listas de cotejo	
Otras (especificar)		Otras (especificar)	

Bibliografía básica:

- Robert W. Brown, Y-C Norman Chen, E. Mark Haacke, Michael R Thomson, Ramesh Venkatesan. Magnetic Resonance Imaging: Physical Principles and Sequence Design 2nd Edition, 2014.
- Zhi-Pei Liang, *Principles of Magnetic Resonance Imaging: A Signal Processing Perspective*, Paul C. Lauterbur, 1999.
- Stewart C. Bushong, Magnetic Resonance Imaging: Physical and Biological Principles, 2003.
- E. Mark Haacke y, et_al., Magnetic Resonance Imaging: Physical Principles and Sequence Design,1999.
- Marinus T. y, et_al., Magnetic Resonance Imaging, 2004.

Bibliografía complementaria:

- Dale B.M., Brown M.A., Semelka R.C. MRI Basics principles and applications. Wiley Blackwell, 5th Ed. 2015.

Perfil Profesiográfico:

Quienes impartan esta actividad deberán contar con el grado de Maestro(a) o Doctor(a) o con la dispensa de grado otorgada por el Comité Académico, en alguna disciplina afín a los contenidos de esta actividad académica; experiencia académica o profesional relacionadas con la docencia en los campos del conocimiento del Programa. Tener producción académica o profesional reciente, demostrada con obra académica o profesional reconocida. Manejo y conocimiento de técnicas de enseñanza y aprendizaje.

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

PROGRAMA DE POSGRADO EN CIENCIAS FÍSICAS
MAESTRÍA EN CIENCIAS (FÍSICA)

Física en Fisiología					
Clave	**Semestre 1, 2 o 3**	**Créditos 8**	**Campo de conocimiento**	**Física Médica y Biológica**	
Modalidad	**Curso (X) Taller ( ) Lab ( ) Sem ( )**			**Tipo**	**T (X) P ( ) T/P ( )**
Carácter	**Obligatorio ( ) Optativo (X)** **Obligatorio E ( ) Optativo E ( )**			**Horas**	
Duración del programa	**semestral**			**Semana**	**Semestre**
				Teóricas 4	**64**
				Prácticas 0	**0**
				Total 4	**64**

Objetivo general:

El alumno aplicará los conocimientos de Biología celular y Anatomía para entender el cuerpo humano en condiciones normales y fuera de la homeostasis celular desde el punto de vista biofísico.

Objetivos específicos:

Comprender los aspectos de la fisiología humana que brindan parámetros medibles, mismos que ayudan a diagnosticar al médico.

Índice temático

	Tema	**Horas semestre**	
		Teóricas	**Prácticas**
1	**Introducción a los aparatos, órganos y sistemas**	4	0
2	**Corazón y circulación**	14	0
3	**Pulmón y riñón**	14	0
4	**Sistema nervioso central**	12	0
5	**Sistema musculo-esquelético**	14	0
6	**Integración fisiológica**	6	0
	Total	64	0
	Suma total de horas	**64**	

Contenido Temático	
	Tema y subtemas
Unidad 1	**Introducción a los aparatos, órganos y sistemas**
1.1	Nervios
1.2	Homeostasis
1.3	Metabolismo
Unidad 2	**Corazón y circulación**

2.1	Biofísica del corazón
2.2	Sistema vascular
2.3	Hemodinámica hemoreología
2.4	Monitoreo del sistema cardiovascular (ECG y Ultrasonido)
Unidad 3	**Pulmón y riñón**
3.1	Biofísica del sistema respiratorio
3.2	Biofísica del sistema renal
3.3	Diálisis y dinámica de fluidos
3.4	Perfusión cardiovascular
3.5	Principios físicos de la espirometría
Unidad 4	**Sistema nervioso central**
4.1	Potenciales de acción
4.2	Órganos de los sentidos
4.3	Física de la visión y la audición
Unidad 5	**Sistema musculo-esquelético**
5.1	Biofísica del músculo
5.2	Transmisión de fuerza
5.3	Electromiografías
Unidad 6	**Integración fisiológica**
6.1	Pruebas metabólicas
6.2	Antropometría
6.3	Casos prácticos

Estrategias didácticas		**Evaluación del aprendizaje**	
Exposición	X	Exámenes parciales	
Trabajo en equipo		Examen final	
Lecturas	X	Trabajos y tareas	X
Trabajo de investigación	X	Presentación de tema	X
Prácticas (taller o laboratorio)		Participación en clase	X
Prácticas de campo		Asistencia	X
Aprendizaje por proyectos		Rúbricas	
Aprendizaje basado en problemas		Portafolios	X
Casos de enseñanza		Listas de cotejo	
Otras (especificar)		Otras (especificar)	

Bibliografía básica:

- Wood A. Physiology, Biophysics and Medical Engineering. CRC Press, 2012
- Boron. Fisiología médica 2017. Elsevier, 3ª. edición, 2017.
- Berne y Levy. Fisiología. Elsevier, 6ª. edición, 2009.
- Tresguerres J. A. F. Fisiología humana. Mcgraw-Hill, 4ª edición, 2010.
- Guyton y Hall. Tratado de Fisiología médica, Elsevier, 13 ª edición, 2016

Bibliografía complementaria:

- Hall J.E. Guyton and Hall Textbook of Medical Physiology. Elsevier 13th Ed. 2015.

Perfil Profesiográfico:

Quienes impartan esta actividad deberán contar con el grado de Maestro(a) o Doctor(a) o con la dispensa de grado otorgada por el Comité Académico, en alguna disciplina afín a los contenidos de esta actividad académica; experiencia académica o profesional relacionadas con la docencia en los campos del conocimiento del Programa. Tener producción académica o profesional reciente, demostrada con obra académica o profesional reconocida. Manejo y conocimiento de técnicas de enseñanza y aprendizaje.

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

PROGRAMA DE POSGRADO EN CIENCIAS FÍSICAS
MAESTRÍA EN CIENCIAS (FÍSICA)

Introducción a la Mecanotransducción: Mecánica Celular, Señales y Tecnología

Clave	Semestre	Créditos	Campo de conocimiento	
	1, 2 o 3	8		Física Médica y Biológica

Modalidad	Curso (X) Taller ( ) Lab ( ) Sem ( )	Tipo	T (X) P ( ) T/P ( )
Carácter	Obligatorio ( ) Optativo (X) Obligatorio E ( ) Optativo E ( )	Horas	

Duración del programa	semestral	Semana		Semestre
		Teóricas	4	64
		Prácticas	0	0
		Total	4	64

Objetivo general:

El alumno se familiarizará y comprenderá los usos de la micro y nanotecnología en el estudio de materiales para conocer y entender las fuerzas físicas que influyen a nivel celular y de tejidos.

Objetivos específicos:

- Entender los mecanismos que actúan dentro de un proceso celular o fisiológico considerando los principios mecánicos que rigen estos procesos.
- Identificar la influencia de los principios mecánicos en las señales celulares.
- Dar solución a problemas biológicos complejos.

Índice temático

	Tema	Horas semestre	
		Teóricas	Prácticas
1	Introducción Mecanobiología y Mecanotransducción	16	0
2	Tecnología y mecanobiología: cultivo celular biomimético	16	0
3	Mecanotransducción y homeostasis	16	0
4	Estudio de casos	16	0
	Total	64	0
	Suma total de horas	64	

Contenido Temático	
	Tema y subtemas
Unidad 1	**Introducción Mecanobiología y Mecanotransducción**
1.1	Mecanobiología: definición, campo de estudio y niveles de complejidad (compresión, tensión, esfuerzo cortante, coeficiente de Poisson)
1.2	Mecanismos de Mecanotransducción: Uniones celulares y citoesqueleto
1.3	Vías de mecanotransducción: Transmisión mecánica al núcleo; Cofactores nucleares (YAP/TAZ, MRTF, beta-catenina, etc)
1.4	Sesión de discusión de artículos de Mecanotransducción
Unidad 2	**Tecnología y mecanobiología: cultivo celular biomimético**
2.1	Biomateriales para cultivo celular e ingeniería de tejidos
2.2	Herramientas tecnológicas y experimentales para mecanobiología
2.3	Andamios para cultivo celular
2.4	Sesión de discusión de artículos de los temas de la unidad
Unidad 3	**Mecanotransducción y homeostasis**
3.1	Mecanotransducción y células troncales
3.2	Mecanotransducción y patologías: Fibrosis, Cáncer, aterosclerosis, etc.
3.3	Sesión de discusión de artículos de Mecanotransducción
Unidad 4	**Estudio de casos**
4.1	Sesiones de estudios y proyecto para presentar estudios de caso individuales

Estrategias didácticas		Evaluación del aprendizaje	
Exposición	X	Exámenes parciales	
Trabajo en equipo		Examen final	
Lecturas		Trabajos y tareas	X
Trabajo de investigación	X	Presentación de tema	X
Prácticas (taller o laboratorio)		Participación en clase	X
Prácticas de campo		Asistencia	
Aprendizaje por proyectos	X	Rúbricas	
Aprendizaje basado en problemas	X	Portafolios	
Casos de enseñanza		Listas de cotejo	
Otras (especificar)		Otras (especificar)	

Bibliografía básica:

- Parry, A.D.D., Squire, J.M., (2017), *Fibrous Proteins: Structures and Mechanisms*. Springer.
- Phillips, R., Kondev, J., Theriot, J., Garcia. H., (2012), *Physical Biology of the Cell*. 2nd ed. UK: Garland Science.
- Annesini, M.C., Marrelli, L., Piemonte, V., Turchetti, L., (2017), *Artificial Organ Engineering*, Springer.
- Gefen, A., (2011), *Cellular and Biomolecular Mechanics and Mechanobiology*, Springer.
- Lantada, A., (2016), *Microsystems for Enhanced Control of Cell Behavior*, Springer.
- Holzapfel, G.A., Ogden, R.W., (2017), *Biomechanics: Trends in Modeling and Simulation*, Springer.

- Jaffe, M., Hammond, W., Tolias, P., Arinzeh, T., (2013), *Characterization of biomaterials*, Woodhead Publishing Limited.
- Singh, A., Gaharwar, A.K., (2016), *Microscale Technologies for Cell Engineering*, Springer.

Bibliografía complementaria:

- Khademhosseini A, Langer R, Borenstein J, Vacanti JP., *Microscale technologies for tissue engineering and biology*, Proc Natl Acad Sci USA. 2006 Feb 21;103(8):2480-7.
- Leijten, J. et al., *Spatially and temporally controlled hydrogels for tissue engineering*, Materials Science and Engineering R 119 (2017) 1-35.
- Moeendarbary, E., Harris, A.R., *Cell mechanics: principles, practices, and prospects*, WIREs Syst Biol Med, 6, (2014).
- Paluch, E.K., Elson, C.M., Biais, N., Fabry, B., Moeller, J., Pruitt, B.L., Wollnik, C., Kudryasheva, G., Rehfeldt, F., Federle, W., *Mechanotransduction: use the 284orcé(s)*. BMC Biology, (2015).

Perfil Profesiográfico:

Quienes impartan esta actividad deberán contar con el grado de Maestro(a) o Doctor(a) o con la dispensa de grado otorgada por el Comité Académico, en alguna disciplina afín a los contenidos de esta actividad académica; experiencia académica o profesional relacionadas con la docencia en los campos del conocimiento del Programa. Tener producción académica o profesional reciente, demostrada con obra académica o profesional reconocida. Manejo y conocimiento de técnicas de enseñanza y aprendizaje.

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

PROGRAMA DE POSGRADO EN CIENCIAS FÍSICAS
MAESTRÍA EN CIENCIAS (FÍSICA)

Introducción a la Resonancia Magnética Funcional					
Clave	**Semestre 1, 2 o 3**	**Créditos 6**	**Campo de conocimiento**	**Física Médica y Biológica**	
Modalidad	**Curso (X) Taller ( ) Lab ( ) Sem ( )**			**Tipo**	**T () P ( ) T/P (X)**
Carácter	**Obligatorio ( ) Optativo (X)** **Obligatorio E ( ) Optativo E ( )**			**Horas**	
Duración del programa		**semestral**		**Semana**	**Semestre**
				Teóricas 2	**32**
				Prácticas 1	**16**
				Total 3	**48**

Objetivo general:

El alumno aprenderá los conceptos básicos teóricos y de aplicación de la imagen funcional por resonancia magnética, así como el análisis estadístico de imagen por resonancia magnética funcional (Rmf).

Objetivos específicos:

- Identificar los conceptos básicos de imagen por resonancia magnética, los fundamentos de los procesos de imagen funcional por medio de Rmf.
- Planear tareas y procesos para la presentación de estímulos audiovisuales, así como los posibles métodos de presentación y respuesta compatibles con RMf.
- Reconocer los procesos de transferencia de los datos a sistemas de análisis.

Índice temático

	Tema	**Horas semestre**	
		Teóricas	**Prácticas**
1	**Introducción a la Imagen por Resonancia Magnética**	6	0
2	**Bases físicas de la señal BOLD**	6	0
3	**Diseño Experimental**	5	0
4	**Diseño e implementación de un paradigma básico**	5	0
5	**Pre-procesamiento de datos**	5	0
6	**Análisis de datos**	5	0
7	**Aplicaciones**	0	16
	Total	32	16
	Suma total de horas	**48**	

Contenido Temático	
	Tema y subtemas
Unidad 1	**Introducción a la Imagen por Resonancia Magnética**
1.1	Efecto de Resonancia Magnética

1.2	Frecuencia de Larmor
1.3	Formación de Imagen
1.4	Contrastes T1, T2 y T2*
Unidad 2	**Bases físicas de la señal BOLD**
2.1	Efecto BOLD
2.2	Flujo sanguíneo cerebral, volumen sanguíneo cerebral, tasa de consumo de oxígeno
2.3	Origen fisiológico de la señal BOLD
Unidad 3	**Diseño Experimental**
3.1	Paradigmas de estimulación/tarea en Rmf
3.2	Registro de respuestas
3.3	Consideraciones prácticas
Unidad 4	**Diseño e implementación de un paradigma básico**
4.1	Diseño
4.2	Software especializado para estimulación audiovisual y registro de respuestas
4.3	Implementación en equipo de Resonancia Magnética
Unidad 5	**Pre-procesamiento de datos**
5.1	Corrección “Slice timing”
5.2	Corrección de movimiento
5.3	Suavizado Espacial
5.4	Normalización Espacial
Unidad 6	**Análisis de datos**
6.1	Modelo Lineal General
6.2	Software especializado
6.3	Visualización y extracción de datos de interés
Unidad 7	**Aplicaciones**
7.1	Aplicaciones Clínicas
7.2	Presentación de proyectos de los alumnos

Estrategias didácticas		**Evaluación del aprendizaje**	
Exposición		Exámenes parciales	X
Trabajo en equipo		Examen final	
Lecturas	X	Trabajos y tareas	X
Trabajo de investigación	X	Presentación de tema	X
Prácticas (taller o laboratorio)		Participación en clase	X
Prácticas de campo		Asistencia	X
Aprendizaje por proyectos		Rúbricas	
Aprendizaje basado en problemas		Portafolios	
Casos de enseñanza		Listas de cotejo	
Otras (especificar)		Otras (especificar)	

Bibliografía básica:

- Friston K.J., Ashburner J.T., Kiebel S.J., Nichols T.E., Penny W.D. Statistical Parametric Mapping, The Anlálysis of Functional Brain Images, Academic Press, London, UK Elsevier, Ltd, 2007.

- Poldrack, Russell A. Poldrack, Jannette A. Mumford, Thomas E. Nichols. Handbook of functional MRI data analysis / Russell A. Cambridge University, 2011.
- Nicole A. Lazar. The statistical analysis of functional MRI data. New York: Springer Verlag, c2008
- Patrick W. Stroman. Essentials of functional MRI. Boca Raton: CRC Press, 2011.
- Zhi-Pei Liang, *Principles of Magnetic Resonance Imaging: A Signal Processing Perspective*, Paul C. Lauterbur, 1999.
- Stewart C. Bushong, Magnetic Resonance Imaging: Physical and Biological Principles, 2003.

Bibliografía complementaria:

- E. Mark Haacke y, et_al., Magnetic Resonance Imaging: Physical Principles and Sequence Design,1999.
- Marinus T. y, et_al., Magnetic Resonance Imaging, 2004.

Perfil Profesiográfico:

Quienes impartan esta actividad deberán contar con el grado de Maestro(a) o Doctor(a) o con la dispensa de grado otorgada por el Comité Académico, en alguna disciplina afín a los contenidos de esta actividad académica; experiencia académica o profesional relacionadas con la docencia en los campos del conocimiento del Programa. Tener producción académica o profesional reciente, demostrada con obra académica o profesional reconocida. Manejo y conocimiento de técnicas de enseñanza y aprendizaje.

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

PROGRAMA DE POSGRADO EN CIENCIAS FÍSICAS
MAESTRÍA EN CIENCIAS (FÍSICA)

Laboratorio Clínico Avanzado de Radiodiagnóstico

Clave	Semestre	Créditos	Campo de conocimiento	
	1, 2 o 3	8		Física Médica y Biológica

Modalidad	**Curso ( ) Taller ( ) Lab (X) Sem ( )**	**Tipo**	**T ( ) P ( ) T/P (x)**
Carácter	**Obligatorio ( ) Optativo (x)** **Obligatorio E ( ) Optativo E ( )**	**Horas**	

Duración del programa	**semestral**	**Semana**	**Semestre**
		Teóricas 1	**16**
		Prácticas 3	**48**
		Total 4	**64**

Objetivo general:

El alumno adquirirá las habilidades y conceptos básicos para ejercer como físicos médicos en Radiodiagnóstico.

Objetivos específicos:

- Conocer los aspectos de las modalidades de imagen médica, mastografía, ultrasonido, CT y resonancia:
- Estudiar los principios de funcionamiento; principales protocolos de control de calidad de imagen, incluyendo los requisitos de la normatividad mexicana; seguridad del paciente y del personal, consideraciones especiales para niños y embarazadas; y cálculo de blindaje.

Índice temático

	Tema	Horas semestre	
		Teóricas	**Prácticas**
1	**Mastografía**	3	8
2	**Tomografía Computada**	3	8
3	**Ultrasonido**	3	8
4	**Resonancia**	3	8
5	**Sistema de visualización de imágenes clínicas**	2	8
6	**Protección Radiológica en Radiodiagnóstico**	2	8
	Total	**16**	**48**
	Suma total de horas	**64**	

Contenido Temático	
	Tema y subtemas
Unidad 1	**Mastografía**
1.1	Principio de funcionamiento de un mastógrafo
1.2	Control de calidad en mastografía
1.3	Normatividad mexicana para mastografía
Unidad 2	**Tomografía Computada**
2.1	Principio de funcionamiento de un CT
2.2	Calidad de imagen y artefactos en CT
2.3	Control de calidad en CT
Unidad 3	**Ultrasonido**
3.1	Física del ultrasonido
3.2	Principio de funcionamiento de un equipo de ultrasonido médico
3.3	Control de calidad en ultrasonido
Unidad 4	**Resonancia**
4.1	Principios físicos
4.2	Formación de la imagen
4.3	Control de calidad y seguridad
Unidad 5	**Sistema de visualización de imágenes clínicas**
5.1	Requisitos para cada modalidad de imagen
5.2	Control de calidad
Unidad 6	**Protección Radiológica en Radiodiagnóstico**
6.1	Dosimetría personal, equipos de detección de radiación y monitoreo de área
6.2	Consideraciones especiales en pacientes pediátricos y embarazadas
6.3	Cálculo de blindaje
Prácticas de laboratorio	
P1	Control de calidad de imagen en mastografía
P2	Evaluación dosimétrica de un mastógrafo
P3	Verificación la uniformidad, relación señal ruido y frecuencia central de un equipo de resonancia
P4	Control de calidad en monitores clínicos
P5	Verificación de blindajes en un equipo de CT
P6	Cálculo de blindajes en CT

Estrategias didácticas		Evaluación del aprendizaje	
Exposición	X	Exámenes parciales	X
Trabajo en equipo		Examen final	X
Lecturas	X	Trabajos y tareas	X
Trabajo de investigación		Presentación de tema	
Prácticas (taller o laboratorio)	X	Participación en clase	X
Prácticas de campo		Asistencia	
Aprendizaje por proyectos		Rúbricas	
Aprendizaje basado en problemas		Portafolios	
Casos de enseñanza		Listas de cotejo	
Otras (especificar)		Otras (especificar)	

Bibliografía básica:

- Bushberg J. T., Seibert J. A., Leidholdt E. M., Boone J. M., The Essential Physics of Medical Imaging, 3º edición, Williams & Wilkins, 2011.
- Colección de Salud Humana del OIEA No. 25, Funciones y responsabilidades de enseñanza y capacitación para los físicos médicos clínicamente cualificados, OIEA Viena, 2014.
- IAEA Human Health Series No. 17, Quality Assurance Programme for Digital Mammography, OIEA Viena, 2011.
- IAEA Human Health Series No. 19, Quality Assurance Programme for Computed Tomography: Diagnostic and Theraphy Applications, OIEA Viena, 2012.
- Alonso Díaz M., y cols. Protocolo Español de Control de Calidad en Radiodiagnóstico, SEFM-SEPR-SERAM Revisión 2011.

Bibliografía complementaria:

- Lemoigne Y., Caner A., Rahal G. Physics for Medical Imaging Applications. Springer 2007.

Perfil Profesiográfico:

Quienes impartan esta actividad deberán contar con el grado de Maestro(a) o Doctor(a) o con la dispensa de grado otorgada por el Comité Académico, en alguna disciplina afín a los contenidos de esta actividad académica; experiencia académica o profesional relacionadas con la docencia en los campos del conocimiento del Programa. Tener producción académica o profesional reciente, demostrada con obra académica o profesional reconocida. Manejo y conocimiento de técnicas de enseñanza y aprendizaje.

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

PROGRAMA DE POSGRADO EN CIENCIAS FÍSICAS
MAESTRÍA EN CIENCIAS (FÍSICA)

Laboratorio Clínico Avanzado de Radioterapia

Clave	Semestre	Créditos	Campo de conocimiento	
	1, 2 o 3	8		Física Médica y Biológica

Modalidad	**Curso ( ) Taller ( ) Lab (X) Sem ( )**	**Tipo**	**T ( ) P ( ) T/P (x)**
Carácter	**Obligatorio () Optativo (x)** **Obligatorio E ( ) Optativo E ( )**	**Horas**	
Duración del programa	**semestral**	**Semana**	**Semestre**
		Teóricas 1	**16**
		Prácticas 3	**48**
		Total 4	**64**

Objetivo general:

El alumno adquirirá las habilidades y conceptos básicos en radioterapia externa con aceleradores lineales.

Objetivos específicos:

- Contar con un panorama general de los problemas prácticos a los que se enfrenta un físico médico clínico en radioterapia externa con aceleradores lineales.
- Aplicar los conocimientos y habilidades para enfrentar problemas prácticos, mediante la realización de prácticas.

Índice temático

	Tema	Horas semestre	
		Teóricas	**Prácticas**
1	**Medidas dosimétricas relativas para haces clínicos de fotones**	2	9
2	**Medidas dosimétricas relativas para haces clínicos de electrones**	2	9
3	**Determinación de la dosis absorbida en agua para haces clínicos de fotones y electrones**	2	9
4	**Control de calidad de un tomógrafo simulador y el sistema de planeación de tratamiento**	4	6
5	**Planeación de tratamientos de radioterapia con acelerador lineal**	4	9
6	**Control de calidad en tratamientos de radioterapia de intensidad modulada**	2	6
	Total	**16**	**48**
	Suma total de horas	**64**	

Contenido Temático	
	Tema y subtemas
Unidad 1	**Medidas dosimétricas relativas para haces clínicos de fotones**
1.1	Curvas de dosis en profundidad para un haz de fotones (PDD)
1.2	Perfiles de campos de radiación (campos con filtro y sin filtro de aplanado)
1.3	Especificación de la calidad de un haz de fotones (TPR)
Unidad 2	**Medidas dosimétricas relativas para haces clínicos de electrones**
2.1	Curvas de dosis en profundidad para un haz de electrones (PDD)
2.2	Perfiles de campos de radiación
2.3	Especificación de la calidad de un haz de electrones (R50)
Unidad 3	**Determinación de la dosis absorbida en agua para haces clínicos de fotones y electrones**
3.1	Código de práctica para haces de fotones de alta energía Informe Técnico No. 398 IAEA
3.2	Código de práctica para haces de electrones de alta energía Informe Técnico No. 398 IAEA
Unidad 4	**Control de calidad de un tomógrafo simulador y el sistema de planeación de tratamiento**
4.1	Proceso de simulación de tratamiento de radioterapia
4.2	Verificaciones geométricas de las imágenes tomográficas presentadas por el sistema de planeación de tratamiento
4.3	Verificación del cálculo de dosis del sistema de planeación de tratamiento
Unidad 5	**Planeación de tratamientos de radioterapia con acelerador lineal**
5.1	Planes de tratamiento 3D conformacionales
5.2	Radioterapia de intensidad modulada (IMRT, VMAT)
Unidad 6	**Control de calidad en tratamientos de radioterapia de intensidad modulada**
6.1	Índice gamma
6.2	Dosimetría portal
6.3	Control de calidad utilizando un arreglo de cámaras de ionización
Prácticas de laboratorio	
P1	Curva de dosis en profundidad para un haz de fotones (PDD)
P2	Evaluación de la homogeneidad y la simetría de un haz de fotones
P3	Medición del TPR para haces de fotones de diferente energía
P4	Curva de dosis en profundidad para un haz de electrones y determinación del R50
P5	Evaluación de la homogeneidad y la simetría de un haz de electrones
P6	Determinación de la dosis absorbida en agua para un haz de fotones
P7	Determinación de la dosis absorbida en agua para un haz de electrones
P8	Verificación de la constancia de las unidades Hounsfield (HU) y curva de densidad electrónica relativa vs. HU en el sistema de planeación de tratamiento
P9	Control de calidad al sistema de planeación de tratamiento
P10	Planeación de tratamiento de radioterapia (3D conformacional vs. IMRT)

P11	Control de calidad de un plan de tratamiento de IMRT

Estrategias didácticas		Evaluación del aprendizaje	
Exposición		Exámenes parciales	X
Trabajo en equipo	X	Examen final	X
Lecturas	X	Trabajos y tareas	X
Trabajo de investigación		Presentación de tema	
Prácticas (taller o laboratorio)	X	Participación en clase	X
Prácticas de campo		Asistencia	
Aprendizaje por proyectos		Rúbricas	
Aprendizaje basado en problemas		Portafolios	
Casos de enseñanza		Listas de cotejo	
Otras (especificar)		Otras (especificar)	

Bibliografía básica:

- AAPM Task Group Report No. 142. Quality Assurance of Medical accelerators. Med. Phys. 39(9), September 2009.
- Gunilla C. Bentel. Radiation Theraphy Planning. Mc.Graw-Hill, Second Edition, 1996.
- F.M. Khan, The Physics of Radiation Therapy. Lippincott Williams & Wilkins, 2011 (Fourth Edition).
- Gunilla C. Bentel. Radiation Theraphy Planning. Mc.Graw-Hill, Second Edition, 1996.
- E.B. Podgorsak, E.B. (Ed.) Review of Radiation Oncology Physics: A Handbook for Teachers and Students, Organismo Internacional de Energía Atómica, Viena (2015).

Bibliografía complementaria:

- IAEA, Colección de informes técnicos No. 398, Determinación de la dosis absorbida en radioterapia con haces externos, STI/DOC/010/398, Viena, 2005.
- NOM-033-NUCL-2016, Especificaciones técnicas para la operación de unidades de teleterapia: Aceleradores lineales (2016).

Perfil Profesiográfico:

Quienes impartan esta actividad deberán contar con el grado de Maestro(a) o Doctor(a) o con la dispensa de grado otorgada por el Comité Académico, en alguna disciplina afín a los contenidos de esta actividad académica; experiencia académica o profesional relacionadas con la docencia en los campos del conocimiento del Programa. Tener producción académica o profesional reciente, demostrada con obra académica o profesional reconocida. Manejo y conocimiento de técnicas de enseñanza y aprendizaje.

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

PROGRAMA DE POSGRADO EN CIENCIAS FÍSICAS

MAESTRÍA EN CIENCIAS (FÍSICA)

Laboratorio Clínico de Radiocirugía y Técnicas Avanzadas de Radioterapia

Clave	Semestre 3 1, 2 o 3	Créditos 8	Campo de conocimiento:	Física Médica y Biológica
Modalidad	Curso ( ) Taller ( ) Lab (X) Sem ( )		Tipo	T ( ) P ( ) T/P (X)
Carácter	Obligatorio ( ) Optativo (X) Obligatorio E ( ) Optativo E ( )		Horas	
Duración del programa	semestral		Semana	Semestre
			Teóricas: 2	32
			Prácticas:2	32
			Total: 4	64

Objetivo general:

El alumno aprenderá sobre la práctica clínica de un servicio de radiocirugía, así como del empleo de técnicas avanzadas de radioterapia, a través de prácticas de dosimetría, integración en el ámbito clínico y aplicación de protocolos de control de calidad.

Objetivos específicos:

- Conocer y entender el uso de detectores de radiación específicos para campos no convencionales y convencionales, tales como: detectores tipo diamante, diodos, películas radiocrómicas, micro-cámaras y cámaras de ionización.
- Realizar un adecuado control de calidad en procedimientos de radiocirugía o tratamientos que emplean técnicas avanzadas de radioterapia.

Indice temático

	Tema	Horas semestre	
		Teóricas	Prácticas
1	Uso y funcionamiento de un acelerador lineal	4	4
2	Cumplimiento de la Norma Oficial Mexicana para un servicio de radioterapia	4	4
3	Control de calidad en imágenes para radiocirugía	4	4
4	Comisionamiento del acelerador lineal	4	4
5	Control de calidad en sistemas de planeación	4	4
6	Introducción a campos no convencionales	4	4
7	Uso de diversos de diversos detectores para campos no convencionales	4	4
8	Manejo de incertidumbre para tratamientos de radiocirugía y técnicas avanzadas de radioterapia	4	4
	Total	32	32
	Suma total de horas	64	

Contenido Temático	
	Tema y subtemas
Unidad 1	**Uso y funcionamiento de un acelerador lineal**
1.1	Componentes un acelerador, equipos imagen asociados, sistemas de planeación
Unidad 2	**Cumplimiento de la Norma Oficial Mexicana para un servicio de radioterapia**
2.1	Descripción de la norma NOM-033 y desglose de reglamento general de seguridad radiológica
Unidad 3	**Control de calidad en imágenes para radiocirugía**
3.1	Tomógrafo, resonancia magnética, tomografía por emisión de positrones, y equipos de guía de imagen. Documento TG- 51
Unidad 4	**Comisionamiento del acelerador lineal**
4.1	TRS 398 (IAEA)
Unidad 5	**Control de calidad en sistemas de planeación**
5.1	TRS 430 (IAEA)
Unidad 6	**Introducción a campos no convencionales**
6.1	TRS 483 (AAPM, IAEA)
Unidad 7	**Uso de diversos de diversos detectores para campos no convencionales**
7.1	Diodos, películas radiocrómicas, cámaras de ionización
Unidad 8	**Manejo de incertidumbre para tratamientos de radiocirugía y técnicas avanzadas de radioterapia**

Estrategias didácticas		Evaluación del aprendizaje	
Exposición	X	Exámenes parciales	X
Trabajo en equipo		Examen final	X
Lecturas	X	Trabajos y tareas	X
Trabajo de investigación		Presentación de tema	
Prácticas (taller o laboratorio)	X	Participación en clase	
Prácticas de campo	X	Asistencia	
Aprendizaje por proyectos		Rúbricas	
Aprendizaje basado en problemas	X	Portafolios	
Casos de enseñanza		Listas de cotejo	
Otras (especificar)		Otras (especificar)	

Bibliografía básica:

- Pedro Andreo and others, Absorbed Dose Determination in External Beam Radiotherapy: An International Code of Practice for Dosimetry (Viena: IAEA Technical Report Series No. 398, 2000)I.
- P Andreo and others, Commissioning and Quality Assurance of Computerized Planning Systems for Radiation Treatment of Cancer, 2004.
- NOM-033-NUCL-1999 Especificaciones Técnicas Para La Operación de Unidades de Teleterapia. Aceleradores Lineales, 1999.
- M.M. Aspradakis and others, Small Field MV Photon Dosimetry, 1st edn (York: Institute of Physics and Engineering in Medicine, 2010).
- International Atomic Energy Agency, 2017. Series: Technical reports series

Bibliografía complementaria:

- International Atomic Energy Agency, 2004. p. ; 24 cm. — (Technical reports series, ISSN 0074–1914 ; no. 430) .

Perfil Profesiográfico:

Quienes impartan esta actividad deberán contar con el grado de Maestro(a) o Doctor(a) o con la dispensa de grado otorgada por el Comité Académico, en alguna disciplina afín a los contenidos de esta actividad académica; experiencia académica o profesional relacionadas con la docencia en los campos del conocimiento del Programa. Tener producción académica o profesional reciente, demostrada con obra académica o profesional reconocida. Manejo y conocimiento de técnicas de enseñanza y aprendizaje.

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

PROGRAMA DE POSGRADO EN CIENCIAS FÍSICAS
MAESTRÍA EN CIENCIAS (FÍSICA)

Modelos Matemáticos en Biología y Medicina					
Clave	**Semestre** 1, 2 o 3	**Créditos** 6	**Campo de conocimiento**	**Física Médica y Biológica**	
Modalidad	**Curso (x) Taller ( ) Lab ( ) Sem ( )**			**Tipo**	**T (x) P ( ) T/P ( )**
Carácter	**Obligatorio ( ) Optativo (X)** **Obligatorio E ( ) Optativo E ( )**			**Horas**	
Duración del programa	**semestral**			**Semana**	**Semestre**
				Teóricas 3	**48**
				Prácticas 0	**0**
				Total 3	**48**

Objetivo general:

El alumno desarrollará la capacidad de analizar sistemas médicos o biológicos mediante modelos matemáticos.

Objetivos específicos:

Analizar sistemas médicos o biológicos mediante modelos matemáticos basados en ecuaciones en diferencias finitas, ecuaciones diferenciales y procesos estocásticos.

Índice temático

	Tema	**Horas semestre**	
		Teóricas	**Prácticas**
1	**Ecuaciones en diferencias finitas**	8	0
2	**Ecuaciones diferenciales unidimensionales**	8	0
3	**Ecuaciones diferenciales bidimensionales**	8	0
4	**Procesos estocásticos**	8	0
5	**Sinergismo y auto-organización**	8	0
6	**Tópico optativo: Redes booleanas y autómatas celulares**	8	0
	Total	48	0
	Suma total de horas	48	

Contenido Temático	
	Tema y subtemas
Unidad 1	**Ecuaciones en diferencias finitas**
1.1	Ecuaciones en diferencias finitas lineales
1.2	Métodos iterativos

1.3	Ecuaciones en diferencias finitas no lineales
1.4	Soluciones estacionarias y estabilidad
1.5	Ciclos y estabilidad
1.6	Caos y cuasiperiodicidad
1.7	Ejemplo sugerido: Caos en células cardíacas estimuladas periódicamente
Unidad 2	**Ecuaciones diferenciales unidimensionales**
2.1	Conceptos básicos
2.2	Soluciones estacionarias y puntos fijos
2.3	Análisis geométrico de ecuaciones diferenciales ordinarias no lineales
2.4	Análisis algebraico de puntos fijos
2.5	Perturbaciones temporales impulsivas, respuestas transitorias y convolución
2.6	Ejemplos sugeridos: Fechamiento por técnicas de radiocarbono, Crecimiento de tumores de Gompertz, Ecuaciones de Hodgkin-Huxley para potenciales eléctricos a través de una membrana de axón de células nerviosas
Unidad 3	**Ecuaciones diferenciales bidimensionales**
3.1	El oscilador armónico
3.2	Soluciones, trayectorias y flujos
3.3	Ecuaciones diferenciales ordinarias lineales bidimensionales
3.4	Sistemas de ecuaciones lineales acopladas de primer orden y el problema de valores propios
3.5	El espacio fase
3.6	Análisis de estabilidad local
3.7	Ciclos límite
3.8	Ejemplos sugeridos: Ecuaciones de Lotka-Volterra para sistemas de predador y presa. Ecuaciones de Lorenz para patrones climáticos, Modelo de administración y evaluación de fármacos, Dinámica de interacción de partículas virales y leucocitos, Metástasis de tumores malignos
Unidad 4	**Procesos estocásticos**
4.1	Movimiento browniano en una dimensión
4.2	Caminatas aleatorias y la Ecuación Maestra
4.3	Procesos de Markov
4.4	Ecuación de Chapman-Kolmogorov
4.5	Ecuación de Langevin
4.6	Ecuación de Fokker-Planck
4.7	Solución estacionaria de la ecuación de Fokker- Planck para potenciales biestables
4.8	Ejemplos sugeridos: Modelo estocástico de reacciones químicas sin difusión, Modelo estocástico de formación de costras sanguíneas
Unidad 5	**Sinergismo y auto-organización**
5.1	Organización y eliminación adiabática de variables: parámetros de orden y de control
5.2	Auto-organización y retroalimentación de sistemas acoplados
5.3	Potenciales biestables y ecuaciones de reacción- difusión

5.4	Fluctuaciones, adaptabilidad y ruptura espontánea de la simetría
5.5	Ejemplos sugeridos: Modelo de morfogénesis de órganos florales, Modelo del SIDA como una transición de fase
Unidad 6	**Tópico optativo: Redes booleanas y autómatas celulares**
6.1	Elementos y redes
6.2	Variables booleanas, funciones y redes
6.3	Redes booleanas aleatorias
6.4	Autómatas celulares
6.5	Ejemplo sugerido: Modelo de locomoción de la salamandra

Estrategias didácticas		**Evaluación del aprendizaje**	
Exposición	X	Exámenes parciales	X
Trabajo en equipo	X	Examen final	X
Lecturas	X	Trabajos y tareas	X
Trabajo de investigación	X	Presentación de tema	X
Prácticas (taller o laboratorio)		Participación en clase	X
Prácticas de campo		Asistencia	X
Aprendizaje por proyectos		Rúbricas	
Aprendizaje basado en problemas	X	Portafolios	
Casos de enseñanza		Listas de cotejo	
Otras (especificar)		Otras (especificar)	

Bibliografía básica:

- Ram Singh. Mathematical Modeling in Biology and Medicine. LAP LAMBERT Academic Publishing, 2017.
- D.S. Jones, Michael Plank, B.D. Sleeman. Differential Equations and Mathematical Biology 2nd Edition, 2009.
- H. Haken, Synergetics, Springer-Verlag, Berlin, 1978
- N. G. Van Kampen, Stochastic Processes in Physics and Chemistry, North Holland Publishing Co., Amsterdarm, 1981.
- J. D. Murray, Mathematical Biology, Springer, Berlin, 1989.

Bibliografía complementaria:

- C. Castillo-Chávez y, et_al., *Mathematical Approaches for Emerging and Reemerging Infectious Diseases*, Springer, New York, 2002.
- D. Kaplan y L. Glass, *Understanding Nonlinear Dynamics*, Springer, New York, 1995
- Allman Elizabeth S. y Rhodes John A., *Mathematical Models in Biology*, Cambridge University Press, Cambridge, 2004.

Perfil Profesiográfico:

Quienes impartan esta actividad deberán contar con el grado de Maestro(a) o Doctor(a) o con la dispensa de grado otorgada por el Comité Académico, en alguna disciplina afín a los contenidos de esta actividad académica; experiencia académica o profesional relacionadas con la docencia en los campos del conocimiento del Programa. Tener producción académica o profesional reciente, demostrada con obra académica o profesional reconocida. Manejo y conocimiento de técnicas de enseñanza y aprendizaje.

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

PROGRAMA DE POSGRADO EN CIENCIAS FÍSICAS
MAESTRÍA EN CIENCIAS (FÍSICA)

Principios Físicos del Ultrasonido Médico de Diagnóstico					
Clave	**Semestre** 1, 2 o 3	**Créditos** 6	**Campo de conocimiento**	**Física Médica y Biológica**	
Modalidad	**Curso (x) Taller ( ) Lab ( ) Sem ( )**			**Tipo**	**T (x) P ( ) T/P ( )**
Carácter	**Obligatorio ( ) Optativo (X)** **Obligatorio E ( ) Optativo E ( )**			**Horas**	
Duración del programa	**semestral**			**Semana**	**Semestre**
				Teóricas 3	**48**
				Prácticas 0	**0**
				Total 3	**48**

Objetivo general:

El alumno comprenderá los principios físicos y la tecnología detrás del proceso de formación de imágenes de ultrasonido médico.

Objetivos específicos:

- Conocer las herramientas matemáticas necesarias para describir la propagación de ondas de ultrasonido en diversos medios, incluyendo tejido biológico.
- Presentar los fenómenos físicos de interacción de las ondas de ultrasonido con el tejido biológico, así como los efectos biológicos y riesgos a la salud que resultan de dicha interacción.
- Describir la instrumentación y aplicaciones clínicas de las diferentes técnicas diagnósticas de ultrasonido (ecografía, técnicas Doppler y elastografía).

Índice temático

	Tema	**Horas semestre**	
		Teóricas	**Prácticas**
1	**Perspectiva histórica del ultrasonido médico**	3	0
2	**Ondas acústicas**	3	0
3	**Reflexión y transmisión**	3	0
4	**Difracción**	3	0
5	**Propiedades acústicas del tejido**	3	0
6	**Dispersión de ultrasonido**	3	0
7	**Transductores de ultrasonido**	6	0
8	**Instrumentación para imágenes ecográficas**	6	0
9	**Técnicas de evaluación de flujo**	6	0
10	**Elastografía**	6	0
11	**Exposimetría y efectos biológicos**	6	0

Total	48	0
Suma total de horas	48	

Contenido Temático	
	Tema y subtemas
Unidad 1	**Perspectiva Histórica del Ultrasonido médico**
1.1	Precedentes históricos
1.2	Inicio de aplicaciones médicas
1.3	Evolución de sistemas de ultrasonido
Unidad 2	**Ondas acústicas**
2.1	Introducción a mecánica del continuo
2.2	Fluido Newtoniano Viscoso
2.3	Sólido elástico lineal
2.4	Ecuación de onda
2.5	Soluciones de la ecuación de onda
2.6	Ondas armónicas
2.7	Impedancia acústica
2.8	Intensidad y potencia
Unidad 3	**Reflexión y transmisión**
3.1	Coeficientes de reflexión y transmisión
3.2	Ley de Snell, ángulo crítico y ángulo de intromisión
3.3	Transmisión a través de una capa delgada y acoplamiento acústico
3.4	Conversión de modo
Unidad 4	**Difracción**
4.1	Ecuaciones de difracción de Rayleigh - Sommerfeld
4.2	Integral de Rayleigh
4.3	Método de espectro angular
4.4	Campo producido por un pistón plano
4.5	Métodos aproximados (aproximaciones de Fraunhofer y Fresnel)
4.6	Campo producido por transductores enfocados
4.7	Campo producido por arreglos anulares
4.8	Campo producido por transductores rectangulares
4.9	Campo producido por arreglos de transductores rectangulares
Unidad 5	**Propiedades acústicas del tejido**
5.1	Rapidez de propagación (adiabática e isotérmica)
5.2	Rapidez de grupo y de fase
5.3	Atenuación y mecanismos de absorción
5.4	Relaciones de Kramers-Kronig (atenuación vs. dispersión)
5.5	Parámetro de alinealidad
5.6	Métodos de medición
5.7	Valores de propiedades en tejido blando
Unidad 6	**Dispersión de ultrasonido**
6.1	Sección eficaz de dispersión
6.2	Coeficiente de retrodispersión
6.3	Métodos de medición
6.4	Dominios de *ka*
6.5	Dispersión en tejidos biológicos
6.6	Propiedades estadísticas de la dispersión
Unidad 7	**Transductores de ultrasonido**
7.1	Efecto piezoeléctrico
7.2	Diseño de transductores y modelos de circuitos
7.3	cMUTs
7.4	Transductores y resolución espacial

Unidad 8	**Instrumentación para imágenes ecográficas**
8.1	Componentes de transmisión
8.2	Componentes de recepción
8.3	Convertidor de la imagen
8.4	Modos de despliegue
8.5	Rapidez de formación de imágenes
8.6	Herramientas avanzadas
Unidad 9	**Técnicas de evaluación de flujo**
9.1	Efecto Doppler
9.2	Equipos Doppler de ondas continuas
9.3	Equipos Doppler de ondas pulsadas
9.4	Técnica Doppler espectrales
9.5	Técnicas de imagen de flujo a color
Unidad 10	**Elastografía**
10.1	Respuesta elástica y viscoelástica de materiales
10.2	Modelos reológicos
10.3	Respuesta dinámica
10.4	Relaciones de Kramers-Kronig
10.5	Propagación de ondas en materiales viscoelásticos
10.6	Técnicas de elastografía cuasi-estática
10.7	Técnicas de elastografía dinámica
Unidad 11	**Exposimetría y efectos biológicos**
11.1	Unidades de exposimetría
11.2	Técnicas de exposimetría
11.3	Efectos mecánicos
11.4	Efectos térmicos
11.5	Evidencia epidemiológica de riesgo
11.6	Límites recomendados y principio ALARA

Estrategias didácticas		Evaluación del aprendizaje	
Exposición	X	Exámenes parciales	X
Trabajo en equipo		Examen final	
Lecturas	X	Trabajos y tareas	X
Trabajo de investigación		Presentación de tema	
Prácticas (taller o laboratorio)		Participación en clase	
Prácticas de campo		Asistencia	
Aprendizaje por proyectos		Rúbricas	
Aprendizaje basado en problemas		Portafolios	
Casos de enseñanza		Listas de cotejo	
Otras (especificar)		Otras (especificar)	

Bibliografía básica:

- Cobbold, Richard SC. Foundations of biomedical ultrasound. Oxford University Press, 2006.
- Lai WM, Rubin DH, Krempl E, Rubin D. Introduction to continuum mechanics. Butterworth-Heinemann; 2009
- Lakes R, Lakes RS. Viscoelastic materials. Cambridge university press; 2009
- Szabo, Thomas L. *Diagnostic ultrasound imaging: inside out*. Academic Press, 2nd Edition, 2014
- Hill, Christopher Rowland, Jeff C. Bamber, and Gail R. ter Haar, eds. "Physical principles of medical ultrasonics." (2004): 2707-2707.

Bibliografía complementaria:

- Zagzebski, J. A. "Essentials of ultrasound physics St Louis." Mo: Mosby (1996).
- Pierce, Allan D. Acoustics: an introduction to its physical principles and applications. Vol. 678. New York: McGraw-Hill, 1981.
- Shung, K. Kirk, and Gary A. Thieme. *Ultrasonic scattering in biological tissues*. CRC press, 1992.
- Morse PM, Ingard KU. *Theoretical acoustics*. Princeton university press; 1968.

Perfil Profesiográfico:

Quienes impartan esta actividad deberán contar con el grado de Maestro(a) o Doctor(a) o con la dispensa de grado otorgada por el Comité Académico, en alguna disciplina afín a los contenidos de esta actividad académica; experiencia académica o profesional relacionadas con la docencia en los campos del conocimiento del Programa. Tener producción académica o profesional reciente, demostrada con obra académica o profesional reconocida. Manejo y conocimiento de técnicas de enseñanza y aprendizaje.

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

PROGRAMA DE POSGRADO EN CIENCIAS FÍSICAS
MAESTRÍA EN CIENCIAS (FÍSICA)

Procesamiento y Análisis de Imágenes					
Clave	**Semestre** 1, 2 o 3	**Créditos** 8	**Campo de conocimiento**	**Física Médica y Biológica**	
Modalidad	**Curso (x) Taller ( ) Lab ( ) Sem ( )**			**Tipo**	**T (x) P ( ) T/P ( )**
Carácter	**Obligatorio ( ) Optativo (X)** **Obligatorio E ( ) Optativo E ( )**			**Horas**	
Duración del programa	**semestral**			**Semana**	**Semestre**
				Teóricas 3	**48**
				Prácticas 1	**16**
				Total 4	**64**

Objetivo general:

El alumno aprenderá los fundamentos del procesamiento de imágenes en general, con énfasis en los aspectos específicos de las imágenes en Biología y Medicina.

Objetivos específicos:

- Formular y abordar problemas en el estudio de imágenes de diversos campos científicos, técnicos, y en particular biomédicas, proporcionadas por un sistema de adquisición típico.
- Identificar las técnicas modernas de reconocimiento de patrones, discriminación de textura y reconstrucción tridimensional.
- Conocer algunos sistemas de adquisición (microscopia, estereovisión, tomografía, resonancia magnética y ultrasonido, principalmente).

Índice temático

	Tema	**Horas semestre**	
		Teóricas	**Prácticas**
1	**Procesamiento de imagenes I**	24	0
2	**Procesamiento de imagenes II**	24	0
3	**Práticas de laboratorio**	0	16
	Total	48	16
	Suma total de horas	64	

Contenido Temático	
	Tema y subtemas
Unidad 1	**Procesamiento de imagenes I**
1.1	Introducción: Imágenes analógicas, digitales y binarias

1.2	Matemáticas para el procesamiento y análisis de sistemas bidimensionales
1.3	El Sistema Visual Humano
1.4	Técnicas básicas de realce
1.5	Restauración y filtrado
1.6	Detección de bordes y extracción de contornos
Unidad 2	**Procesamiento de imagenes II**
2.1	Texturas
2.2	Forma y Morfometría
2.3	Principios de visualización científica
2.4	Imágenes, volúmenes, escenas y objetos en tres dimensiones
2.5	Sistemas de adquisición, procesamiento y análisis de imágenes
Unidad 3	**Prácticas de laboratorio**
3.1	Prácticas sugeridas: Uso de Matlab, Photoshop e ImageMagik para manejo y despliegue de imágenes; Adquisición de imágenes y parámetros de captura; Demostración de los fenómenos de ruido, aliasing y artefactos; Programas de despliegue, procesamiento y análisis de imágenes de dominio público: ImageJ, XV, MRIcro, Khoros y Cantata; diseño de scripts y aprovechamiento de librerías; Obtención de perfiles e interpretación de histogramas, realce de contraste; Efecto de distintos operadores puntuales, locales y globales; Suavizamiento y remoción de fondo. Segmentación por umbralaje local; Extracción y representación por contornos; Conteo de objetos y visualización mediante imágenes paramétricas; Interpretación de una imagen 2D como relieve 3D y graficación usando MATLAB; Caja de herramientas en procesamiento de imágenes en MATLAB; Extracción de parámetros texturales de matrices de concurrencia; Filtros de morfología matemática y aplicaciones de los campos de distancia euclidiana; Entendimiento y manejo de distintos formatos para intercambio de imágenes y videos; Uso de programas de despliegue 3D interactivo (VrWeb , VRview , Cosmoplayer , Meshlab) mediante el lenguaje de modelado para realidad virtual (VRML) y otros

Estrategias didácticas		**Evaluación del aprendizaje**	
Exposición	X	Exámenes parciales	X
Trabajo en equipo	X	Examen final	X
Lecturas	X	Trabajos y tareas	X
Trabajo de investigación	X	Presentación de tema	X
Prácticas (taller o laboratorio)	X	Participación en clase	X
Prácticas de campo		Asistencia	X
Aprendizaje por proyectos	X	Rúbricas	
Aprendizaje basado en problemas	X	Portafolios	
Casos de enseñanza		Listas de cotejo	
Otras (especificar)		Otras (especificar)	

Bibliografía básica:

- Bankman Isaac (Chief editor), *Handbook of Medical Imaging: Processing and Analysis*, Academic Press, 2000
- Fred Bookstein, *Morphometric Tools for Landmark Data. Geometry and Biology*, Cambridge University Press, 1997

- John Goutsias, *Lecture Notes on Image Processing and Analysis*, John Hopkins University, 2001.
- Herman Gabor, *Geometry of Digital Spaces*, Birkhäuser, 1998
- Jähne Bernd, *Digital Image Processing. Concepts, Algorithms and Scientific Appplications*, Springer Verlag, 1999
- Jain Anil, *Fundamentals of Digital Image Processing*, Prentice Hall, 1996
- Kriete Andres (Edt.), *Visualization in Biomedical Microscopies*, VCH Verlagsgesellschaft mhH, Germany, 1992.
- Maes, Frederik, *Segmentation and Registration of Multimodal Medical Images: from Theory, Implementation and Validation to a Useful Tool in Clinical Practice*
- Márquez, Jorge, *Texture Analysis. Tutorial Notes for: Visualization in Biomedical Computing y Diplomado de Teledetección (2006, 2007 y 2008)*.
- Márquez, Jorge, *Shape Analysis and Morphometry. (2004-2007). Tutorial Notes, 12 pags.*
- Márquez Jorge, *Fractal Analysis and Applications. (1992-2007). Tutorial Notes for the 2nd International Workshop on Image Processing*.
- Russ C. John, *The Image Processing Handbook. Fourth Ed.*, CRC Press, 2002. - Beutel Jacob (editors) y, et_al., *Handbook of Medical Imaging. Volume 1. Physics and Psychophysics*, SPIE press, 2000
- Brown B. y, et_al., *Medical Physics and Biomedical Engineering*, Institute of Physics Publishing, 1999.
- Kunt Murat (edt.) y, et_al., *Traitement numérique des images*, Presses Polytechniques et Unievrsitaires Romandes, 1993.

Bibliografía complementaria:

- Hagen (edts) y, et_al., *Focus on Scientific Visualization Lang Rlrich, Grave Michel. Data Structures in Scientific Visualization*, Springer Verlag,1993.
- Rafael C. Gonzalez y Richard E. Wood, *Digital Image Processing*, Addison-Wesley, 1992.
- R. Haralick y L. Shaphiro, *Computer and Robot Vision Vol. 1*, Addison Wesley, 1992.
- Kim Yongmin y Horii Steven C. editors, *Handbook of Medical Imaging. Volume 3. Display and PACS (Picture Archiving and Communication Systems)*, SPIE press, 2000.
- Klette Reinhard y Zamperoni Piero, *Handbook of Image Processing Operators*, Wiley and Sons,1996.
- Carpenter R. H. S. y Robson J. G (editors), *Vision Research: A practical Guide to Laboratory Methods*, Oxford University Press, 1999.
- Sonka Milan y Fitzpatrick J. Michael, editors, *Handbook of Medical Imaging. Volume 2. Medical Image Processing and Image Analysis*, SPIE press, 2000.
- Avinash C. Kak. (Chief editior), Biomedical Image Analysis (special issue). Computer Vision and Image Understanding, Vol. 66, No. 2, may 1997.

Perfil Profesiográfico:

Quienes impartan esta actividad deberán contar con el grado de Maestro(a) o Doctor(a) o con la dispensa de grado otorgada por el Comité Académico, en alguna disciplina afín a los contenidos de esta actividad académica; experiencia académica o profesional relacionadas con la docencia en los campos del conocimiento del Programa. Tener producción académica o profesional reciente, demostrada con obra académica o profesional reconocida. Manejo y conocimiento de técnicas de enseñanza y aprendizaje.

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

PROGRAMA DE POSGRADO EN CIENCIAS FÍSICAS
MAESTRÍA EN CIENCIAS (FÍSICA)

Radioisótopos en Medicina y Biología					
Clave	**Semestre** **1, 2 o 3**	**Créditos** **8**	**Campo de conocimiento**	**Física Médica y Biológica**	
Modalidad	**Curso (X) Taller ( ) Lab ( ) Sem ( )**			**Tipo**	**T ( ) P ( ) T/P (X)**
Carácter	**Obligatorio () Optativo (x)** **Obligatorio E ( ) Optativo E ( )**			**Horas**	
Duración del programa	**semestralsemestral**			**Semana**	**Semestre**
				Teóricas 3	**48**
				Prácticas 1	**16**
				Total 4	**64**

Objetivo general:

El alumno tendrá una visión amplia sobre los principios físicos, químicos y biológicos de los radioisótopos usados en medicina y biología, con énfasis en emisores de positrones producidos en aceleradores de partículas tipo ciclotrón para la síntesis de radiofármacos dirigidos a blancos moleculares específicos utilizados en tomografía por emisión de positrones (PET).

Objetivos específicos:

- Comprender la producción de radionúclidos para uso médico vía ciclotrón, la producción y control de calidad de radiofármacos y sus aplicaciones en la medicina nuclear e imagen molecular basada en Tomografía por Emisión de Positrones.
- Entender los aspectos del análisis cuantitativo de imagen.

Índice temático

	Tema	**Horas semestre**	
		Teóricas	**Prácticas**
1	**Conceptos básicos**	6	0
2	**Detección y medición de la radiactividad**	4	2
3	**Fundamentos sobre la producción de radioisótopos**	8	4
4	**Radioisótopos emisores de positrones**	8	2
5	**Producción de radiofármacos**	8	4
6	**Control de calidad de radiofármacos**	4	2
7	**Medicina nuclear e imagen molecular**	10	2
	Total	**48**	**16**
	Suma total de horas	**64**	

Contenido Temático	
	Tema y subtemas
Unidad 1	**Conceptos básicos**
1.1	Estructura del núcleo atómico
1.2	Radiactividad
1.3	Interacción de radiación con materia
1.4	Decaimientos nucleares
Unidad 2	**Detección y medición de la radiactividad**
2.1	Detectores gaseosos
2.2	Detectores de estado sólido
2.3	Espectrometría gamma
Unidad 3	**Fundamentos sobre la producción de radioisótopos**
3.1	Reacciones nucleares
3.2	Energía umbral de una reacción nuclear
3.3	Nomenclatura de las reacciones nucleares
3.4	Aceleradores de partículas tipo ciclotrón
3.5	Radioisótopos producidos vía ciclotrón vs. reactor nuclear
3.6	Preparación e irradiación de blancos: Blancos líquidos, Blancos gaseosos y Blancos sólidos
3.7	Técnicas de separación radioquímica
3.8	Intercambio iónico
3.9	Destilación seca
3.10	Extracción por solventes
3.11	Precipitación y filtración
Unidad 4	**Radioisótopos emisores de positrones**
4.1	Radioisótopos convencionales y no-convencionales
4.2	Radioisótopos de vida media ultra corta
4.3	Generadores de radioisótopos para PET
4.4	Producción y control de calidad
Unidad 5	**Producción de radiofármacos**
5.1	Métodos de marcado
5.2	Radiofármacos marcados con flúor-18 (F-18): Sustitución nucleofílica, Sustitución electrofílica
5.3	Radiofármacos marcados con carbono-11 (C-11)
5.4	Reacciones de carboxilación
5.5	Reacciones de metilación
5.6	Radiofármacos marcados con radiometales (Galio-68, Ga-68; Cobre-64, Cu-64)
5.7	Radiofármacos marcados con radiohalógenos (Yodo-124, I-124)
5.8	Módulos de síntesis química automatizados
Unidad 6	**Control de calidad de radiofármacos**
6.1	Pruebas físicas
6.2	Pruebas químicas
6.3	Pruebas biológicas
Unidad 7	**Medicina nuclear e imagen molecular**
7.1	Fundamentos básicos
7.2	Farmacocinética y farmacodinamia
7.3	Tomografía por emisión de positrones
7.4	Aplicaciones en oncología
7.5	Aplicaciones en neurología
7.6	Aplicaciones en cardiología
7.7	Investigación preclínica (microPET)
7.8	Análisis cuantitativo de imágenes

Estrategias didácticas		Evaluación del aprendizaje	
Exposición		Exámenes parciales	X
Trabajo en equipo		Examen final	X
Lecturas	X	Trabajos y tareas	X
Trabajo de investigación		Presentación de tema	X
Prácticas (taller o laboratorio)	X	Participación en clase	X
Prácticas de campo		Asistencia	X
Aprendizaje por proyectos		Rúbricas	
Aprendizaje basado en problemas		Portafolios	
Casos de enseñanza		Listas de cotejo	
Otras (especificar)		Otras (especificar)	

Bibliografía básica:

- Physics in Nuclear Medicine, Fourth Edition, S.R. Cherry, J.A. Sorenson, M.E. Phelps, Saunders, 2012.
- Nuclear Medicine Physics: A Handbook for Teachers and Students, D.L. Balley, J.L. Humm, A. Tood-Pokropek, A. van Aswengen, Editors, International Atomic Energy Agency, Vienna, 2014.
- Fundamentals of Nuclear Pharmacy 5th ed., G.B. Saha, Springer, 2004.
- Radiopharmaceuticals for Positron Emission Tomography, Edited by G. Stöcklin and V.W. Pike, Kluwer Academic Publishers, 1993.
- Positron Emission Tomography, Basic Science and Clinical Practice, Edited by P.E. Valk, D.L. Bailey, D.W. Townsend, M.N. Maisey, Springer, 2003.

Bibliografía complementaria:

- Theobald T. Sampson's Textbook of Radiopharmacy. Pharmaceutical Press 4th Ed. 2010. Pharmaceutical Press.

Perfil Profesiográfico:

Quienes impartan esta actividad deberán contar con el grado de Maestro(a) o Doctor(a) o con la dispensa de grado otorgada por el Comité Académico, en alguna disciplina afín a los contenidos de esta actividad académica; experiencia académica o profesional relacionadas con la docencia en los campos del conocimiento del Programa. Tener producción académica o profesional reciente, demostrada con obra académica o profesional reconocida. Manejo y conocimiento de técnicas de enseñanza y aprendizaje.

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

PROGRAMA DE POSGRADO EN CIENCIAS FÍSICAS
MAESTRÍA EN CIENCIAS (FÍSICA)

Análisis de Señales Cerebrales y otros Sistemas Complejos

Clave	Semestre	Créditos	Campo de conocimiento	Física Médica y Biológica
	1, 2 o 3	6		

Modalidad	**Curso ( ) Taller (X) Lab ( ) Sem ( )**	**Tipo**	**T (X) P ( ) T/P ( )**
Carácter	**Obligatorio () Optativo (x)** **Obligatorio E ( ) Optativo E ( )**	**Horas**	
Duración del programa	**semestral**	**Semana**	**Semestre**
		Teóricas 3	**48**
		Prácticas 0	**0**
		Total 3	**48**

Objetivo general:

El alumno identificará los métodos cuantitativos en el análisis de series de tiempo para que resuelva problemas relacionados con el análisis de la actividad cerebral y otros sistemas complejos.

Objetivos específicos:

- Discernir sobre las series de tiempo fisiológicas, en particular series de tiempo cerebrales
- Aplicar los métodos de análisis de series de tiempo (Fourier, wavelets, métodos tiempo-frecuencia, etc.)

	Tema	Horas semestre	
		Teóricas	Prácticas
1	Señales cerebrales	6	0
2	Señales fisiológicas en general	12	0
3	Métodos espectrales (Fourier)	12	0
4	Wavelets	10	0
5	Métodos tiempo-frecuencia	8	0
	Total	**48**	**0**
	Suma total de horas	**48**	

Contenido Temático	
	Tema y subtemas
Unidad 1	**Señales cerebrales**
1.1	Tipos de sistemas complejos y su nivel de organización
Unidad 2	**Señales fisiológicas en general**
2.1	Seleción y diseño de filtros digitales para distintos tipos de señales
2.2	Diseño y utilización de datos artificiales para representación de la hipotesis nulas
2.3	Diseño y utilización de datos sustitutos
2.4	Seleción de pruebas de significancia
Unidad 3	**Métodos espectrales (Fourier)**
3.1	Métodos cuantitativos en el análisis de sistemas complejos
3.2	Métodos Uni, Bi, Mul-tivariante de series de tiempo con enfoque lineal y no-lineal
3.3	Discuciones del desempeño de diferentes métodos mul-tivariantes
3.4	Métodos direccionales
3.5	Fuentes de error
3.6	Visualización de resultados
Unidad 4	**Wavelets**
Unidad 5	**Métodos tiempo-frecuencia**

Estrategias didácticas		Evaluación del aprendizaje	
Exposición	X	Exámenes parciales	
Trabajo en equipo		Examen final	
Lecturas	X	Trabajos y tareas	
Trabajo de investigación	X	Presentación de tema	X
Prácticas (taller o laboratorio)		Participación en clase	X
Prácticas de campo		Asistencia	X
Aprendizaje por proyectos		Rúbricas	
Aprendizaje basado en problemas		Portafolios	
Casos de enseñanza		Listas de cotejo	
Otras (especificar)		Otras (especificar)	

Bibliografía básica:

- Kantz, Holger and Schreiber, Thomas. Nonlinear time series analysis, Cambridge university press; 7, 2004.
- Brigham, E Oran and Brigham, Elbert Oran. The fast Fourier transform, Prentice-Hall Englewood Cliffs, NJ;7, 1974.
- Ansari-Asl, Karim and Senhadji, Lotfi and Bellanger, Jean-Jacquesand Wendling, Fabrice. Quantitative evaluation of linear and nonlinearmethods characterizing interdependencies between brain signals, Physical Review,74(3),2006.
- Kreuz, Thomas and Mormann, Florian and Andrzejak, Ralph G and Kraskov, Alexander and Lehnertz, Klaus and Grassberger, Peter. Measuring synchronization in coupled model systems: A comparison of different approaches. Physica D: Nonlinear Phenomena, 225(1),2007.

- Rummel, Christian and Baier, Gerold and Müller, Markus.The influence of static correlations on multivariate correlation analysis of the EEG; Journal of neuroscience methods,166(1),2007.
-

Bibliografía complementaria:

- Müller, Markus and Baier, Gerold and Galka, Andreas and Stephani, Ulrich and Muhle, Hiltrud. Detection and characterization of changesof the correlation structure in multivariate time series; Physical ReviewE, 71(4),2005.
- García Arlex, Oscar Marín and Müller, Markus Franziskus and Schindler, Kaspar and Rummel, Christian. Genuine cross-correlations: Whichsurrogate based measure reproduces analytical results best?; Neural Networks, 46,2013.
- Chavez, M and Besserve, M and Adam, C and Martinerie, J. Towards a proper estimation of phase synchronization from time series; Journal of neuroscience methods,154(1), 2006.
- Wady A Ríos Herrera, Joaquín Escalona, Daniel Rivera López, and Markus F Muller. On the estimation of phase synchronization, spurious synchronization and filtering. Chaos: An Interdisciplinary Journal of Nonlinear Science, 26(12): 123106, 2016.
- Schreiber, Thomas and Schmitz, Andreas. Surrogate time series; Physica D: Nonlinear Phenomena,14234),2000.
-

Perfil Profesiográfico:

Quienes impartan esta actividad deberán contar con el grado de Maestro(a) o Doctor(a) o con la dispensa de grado otorgada por el Comité Académico, en alguna disciplina afín a los contenidos de esta actividad académica; experiencia académica o profesional relacionadas con la docencia en los campos del conocimiento del Programa. Tener producción académica o profesional reciente, demostrada con obra académica o profesional reconocida. Manejo y conocimiento de técnicas de enseñanza y aprendizaje.

MATERIA CONDENSADA Y NANOCIENCIAS

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

PROGRAMA DE POSGRADO EN CIENCIAS FÍSICAS
MAESTRÍA EN CIENCIAS (FÍSICA)

Estado Sólido Avanzado					
Clave	**Semestre 1, 2 o 3**	**Créditos 10**	**Campo del Conocimiento**	**Materia Condensada y Nanociencias**	
Modalidad	**Curso (x) Taller ( ) Lab ( ) Sem ()**			**Tipo**	**T (X) P ( ) T/P ( )**
Carácter	**Obligatorio ( ) Optativo (X)** **Obligatorio E ( ) Optativo E ( )**			**Horas**	
Duración del programa		**Semestral**		**Semana**	**Semestre**
				Teóricas: 5	**Teóricas: 80**
				Prácticas: 0	**Prácticas: 0**
				Total: 5	**Total: 80**

Objetivo general:

El alumno profundizará sus conocimientos sobre el comportamiento físico de los sólidos y será capaz de aplicarlos a problemas de Física de frontera

Objetivos específicos:

- Conocer los diversos fenómenos físicos que ocurren en los sólidos.
- Incursionar en la investigación de frontera, en esta área de la física.

Índice temático

	Tema	**Horas semestre**	
		Teóricas	**Prácticas**
1	**Métodos para cálculo de estructura de bandas**	10	0
2	**Modelo semiclásico de la dinámica electrónica**	10	0
3	**Teoría semiclásica de conducción en metales**	12	0
4	**Plasmones, polaritones y polarones**	6	0
5	**Más allá de la aproximación de relajamiento temporal**	10	0
6	**Más allá de la aproximación de electrón independiente**	12	0
7	**Interacciones electrónicas y estructura magnética**	10	0
8	**Orden magnético**	10	0
	Total	**80**	**0**
	Suma total de horas	**80**	

Contenido Temático	
	Tema y subtemas
Unidad 1.	**Métodos para cálculo de estructura de bandas**
1.1.	Aproximación del electrón independiente
1.2.	Método celular
1.3.	Método de ondas planas aumentadas (APW)
1.4.	Métodos de funciones de Green
1.5.	Método de ondas planas ortogonalizadas (OPW)
1.6.	Pseudopotenciales
Unidad 2.	**Modelo semiclásico de la dinámica electrónica**
2.1.	Paquetes de onda de electrones de Bloch
2.2.	Mecánica semiclásica
2.3.	Aspectos generales del modelo semiclásico
2.4.	Campos eléctricos estáticos
2.5.	Campos magnéticos estáticos y uniformes
2.6.	Efecto Hall y magnetoresistencia para campos magnéticos intensos
Unidad 3.	**Teoría semiclásica de conducción en metales**
3.1.	Aproximación de relajamiento temporal
3.2.	Forma general de la función de distribución fuera de equilibrio
3.3.	Conductividad eléctrica y térmica
3.4.	Potencia termoeléctrica
Unidad 4.	**Plasmones, polaritones y polarones**
4.1.	Función dieléctrica del gas electrónico
4.2.	Plasmones
4.3.	Polaritones
4.4.	Interacción electrón-fonón: Polarones
Unidad 5.	**Más allá de la aproximación de relajamiento temporal**
5.1.	Fuentes de dispersión electrónica
5.2.	Probabilidad de dispersión y tiempo de relajación
5.3.	Descripción general de colisiones
5.4.	Ecuación de Boltzmann
5.5.	Dispersión por impurezas
5.6.	Ley de Wiedemann-Franz
5.7.	Dispersión en materiales isotrópicos
Unidad 6	**Más allá de la aproximación de electrón independiente**
6.1.	Ecuaciones de Hartree
6.2.	Ecuaciones de Hartee-Fock
6.3.	Apantallamiento: la función dieléctrica
6.4.	Teoría de Thomas-Fermi y de Lindhard
6.5.	Teoría de líquido de Fermi
Unidad 7.	**Interacciones electrónicas y estructura magnética**
7.1.	Origen electrostático de las interacciones magnéticas
7.2.	Propiedades magnéticas de un sistema de dos electrones
7.3.	Fallas en la aproximación de electrón independiente
7.4.	Hamiltoniano de espín
7.5.	Intercambio directo, indirecto y super-intercambio
7.6.	Interacciones magnéticas en el gas de electrones libres
Unidad 8	**Orden magnético**
8.1.	Tipos de estructura magnética
8.2.	Estado base de ferromagnetismo y antiferromagnetismo de Heisenberg
8.3.	Ondas de espín
8.4.	Efectos de interacciones dipolares: dominios

Estrategias didácticas		Evaluación del aprendizaje	
Exposición	X	Exámenes parciales	X
Trabajo en equipo		Examen final	X
Lecturas		Trabajos y tareas	X
Trabajo de investigación	X	Presentación de tema	X
Prácticas (taller o laboratorio)		Participación en clase	X
Prácticas de campo		Asistencia	
Aprendizaje por proyectos		Rúbricas	
Aprendizaje basado en problemas	X	Portafolios	
Casos de enseñanza		Listas de cotejo	
Otras (especificar)		Otras (especificar)	

Bibliografía básica:

- Ashcroft, N.W. & Mermin, N.D. (1976). Solid state physics. USA: Holt-Saunders Co.
- Kittel C. (1987), Quantum Theory of Solids, John Wiley & sons.
- Kittle C. (2005), Introduction to Solid State Physics, John Wiley & sons.
- Economou, E. N. (2006), Green´s Functions in Quantum Physics. Berlin: Springer.
- Animalu, A.O.E. (1977), Intermediate quantum theory of crystalline solids. USA: Prentice Hall.

Bibliografía complementaria:

- Economou, E. N. (2010), The physics of solids. Essentials and beyond. USA: Springer.

Perfil profesiográfico:

Quienes impartan esta actividad deberán contar con el grado de Maestro(a) o Doctor(a) o con la dispensa de grado otorgada por el Comité Académico, en alguna disciplina afín a los contenidos de esta actividad académica; experiencia académica o profesional relacionadas con la docencia en los campos del conocimiento del Programa. Tener producción académica o profesional reciente, demostrada con obra académica o profesional reconocida. Manejo y conocimiento de técnicas de enseñanza y aprendizaje.

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

PROGRAMA DE POSGRADO EN CIENCIAS FÍSICAS
MAESTRÍA EN CIENCIAS (FÍSICA)

Física de Semiconductores					
Clave	**Semestre 1, 2 o 3**	**Créditos 8**	**Campo del Conocimiento**	**Materia Condensada y Nanociencias**	
Modalidad	**Curso (x) Taller ( ) Lab ( ) Sem ()**			**Tipo**	**T (x) P ( ) T/P ( )**
Carácter	**Obligatorio ( ) Optativo (X)** **Obligatorio E ( ) Optativo E ( )**			**Horas**	
Duración del programa		**Semestral**		**Semana**	**Semestre**
				Teóricas: 4	**Teóricas: 64**
				Prácticas: 0	**Prácticas: 0**
				Total: 4	**Total: 64**

Objetivo general:

El alumno conocerá los fundamentos teóricos que explican las propiedades electrónicas y ópticas de los materiales semiconductores, así como algunas de sus aplicaciones más importantes.

Objetivos específicos:

- Describir las propiedades que caracterizaron inicialmente a los materiales superconductores.
- Identificar las teorías semi-clásicas propuestas para comprender el estado superconductor.
- Explicar la teoría BCS para superconductores convencionales.
- Describir las propiedades de los materiales superconductores no convencionales.
- Discutir las perspectivas teóricas y tecnológicas de los materiales superconductores.

Índice temático

	Tema	**Horas semestre**	
		Teóricas	**Prácticas**
1	**Introducción**	8	0
2	**Teoría de bandas de semiconductores cristalinos**	14	0
3	**Niveles de energía en semiconductores extrínsecos**	14	0
4	**Propiedades eléctricas y ópticas de semiconductores cristalinos**	14	0
5	**Aplicaciones electrónicas y optoelectrónicas más importates de materiales semiconductores**	14	0
	Total	**64**	**0**
	Suma total de horas	**64**	

Contenido Temático	
	Tema y subtemas
Unidad 1	**Introducción**
1.1.	Definición de semiconductor
1.2.	Resumen de la descripción matemática de materiales cristalinos
1.3.	Métodos de preparación de semiconductores en forma volumétrica y en película delgada
Unidad 2.	**Teoría de bandas de semiconductores cristalinos**
2.1.	Niveles de energía en un cristal. Análisis intuitivo
2.2.	Ecuación de Schröedinger para un cristal
2.3.	Aproximaciones de: electrones de valencia e iones, adiabática o Born-Oppenhaimer
2.4.	Funciones de Bloch y funciones de Wannier
2.5.	Aproximación del campo efectivo o del electrón independiente. Hamiltoniano de un solo electrón
2.6.	Condiciones a la frontera o Born-von Karman
2.7.	Estructura de bandas de energía en conductores, aislantes y semiconductores
2.8.	Estructura electrónica de semiconductores. Bandas directas y bandas indirectas
2.9.	Aproximación de masa efectiva. Bandas parabólicas
2.10.	Concepto de masa efectiva y de hueco en semiconductores
2.11.	Densidad de estados en la banda de conducción y de valencia de un semiconductor
2.12.	Neutralidad y ley de acción de masas
2.13.	Energía de Fermi en un semiconductor
Unidad 3.	**Niveles de energía en semiconductores extrínsecos**
3.1.	Impurezas y otros defectos cristalinos en semiconductores cristalinos
3.2.	Impurezas hidrogénicas o poco profundas
3.3.	Niveles de energía de impurezas hidrogénicas donadoras y aceptoras
3.4.	Neutralidad, concentración de portadores de carga tipo-n y tipo-p
3.5.	Ley de acción de masas en semiconductores extrínsecos
3.6.	Energía de Fermi en semiconductores extrínsecos
Unidad 4.	**Propiedades eléctricas y ópticas de semiconductores cristalinos**
4.1.	Transporte de portadores de carga en un semiconductor fuera de equilibrio
4.2.	Conductividad eléctrica en un semiconductor intrínseco y su comportamiento con la temperatura
4.3.	Efectos de la impurificación en la conductividad eléctrica de un semiconductor
4.4.	Tipo de conductividad y Efecto Hall
4.5.	Procesos de generación y recombinación de portadores de carga
4.6.	Fenómeno de fotoconductividad
4.7.	Efectos termoeléctricos
4.8.	Procesos de absorción y emisión radiativa en semiconductores. Absorción y emisión
4.9.	Propiedades eléctricas y ópticas de semiconductores policristalinos y amorfos
4.10.	Fenómenos de transporte, generación y recombinación de portadores de carga en semiconductores
Unidad 5	**Aplicaciones electrónicas y optoelectrónicas más importantes de materiales semiconductores**
5.1.	Sensores térmicos y fotodetectores
5.2.	Puntas Hall
5.3.	Diodos rectificadores y diodos emisores de luz. Láseres de Estado Sólido
5.4.	Transistores bipolares y de efecto de campo
5.5.	Celdas solares
5.6.	Estructuras electroluminiscentes
5.7.	Otras aplicaciones

Estrategias didácticas		Evaluación del aprendizaje	
Exposición	X	Exámenes parciales	X
Trabajo en equipo		Examen final	X
Lecturas		Trabajos y tareas	X
Trabajo de investigación	X	Presentación de tema	X
Prácticas (taller o laboratorio)		Participación en clase	X
Prácticas de campo		Asistencia	
Aprendizaje por proyectos		Rúbricas	
Aprendizaje basado en problemas	X	Portafolios	
Casos de enseñanza		Listas de cotejo	
Otras (especificar)		Otras (especificar)	

Bibliografía básica:

- Yu, Peter Y., Cardona, Manuel, Fundamentals of semiconductors: physics and materials properties, New York: Springer, 1995.
- Seeger, K, Semiconductor physics: An introduction, Berlin: Springer, c1989 4.- Sze
- S. M., Physics of semiconductor devices, New york: J. Wiley, 1981.
- Kittel C., Introduction to solid state physics, New york: J. Wiley, 1986.
- McKelvey, J.P. (1980). Física del estado sólido y semiconductores. México: Limusa

Bibliografía complementaria:

- N. W. Ashcroft and N. D. Mermin, Solid state physics, New york: Holt, Rinehart and Winston, 1976

Perfil profesiográfico:

Quienes impartan esta actividad deberán contar con el grado de Maestro(a) o Doctor(a) o con la dispensa de grado otorgada por el Comité Académico, en alguna disciplina afín a los contenidos de esta actividad académica; experiencia académica o profesional relacionadas con la docencia en los campos del conocimiento del Programa. Tener producción académica o profesional reciente, demostrada con obra académica o profesional reconocida. Manejo y conocimiento de técnicas de enseñanza y aprendizaje.

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

PROGRAMA DE POSGRADO EN CIENCIAS FÍSICAS
MAESTRÍA EN CIENCIAS (FÍSICA)

Introducción a la Óptica Cuántica

Clave	Semestre	Créditos	Campo de conocimiento	Materia Condensada y Nanociencias
	1, 2 o 3	12		

Modalidad	**Curso (x) Taller ( ) Lab ( ) Sem ( )**	**Tipo**	**T () P ( ) T/P (x)**
Carácter	**Obligatorio ( ) Optativo (x)** **Obligatorio E ( ) Optativo E ( )**	**Horas**	

Duración del programa	**Semestral**	**Semana**	**Semestre**
		Teóricas: 3	**48**
		Prácticas: 3	**48**
		Total: 6	**96**

Objetivo general:

El alumno adquirirá los conocimientos básicos en el área de óptica cuántica, los cuales pueden constituir un punto de partida para desarrollar trabajos de investigación de frontera sobre el tema

Objetivos específicos:

- Entender la cuantización del campo electromagnético (CEM) y definición del fotón como cuanto del CEM.
- Introducir las clases fundamentals de estados de luz no clásica, incluyendo estados de Fock (número), estados coherentes, estados comprimidos.
- Estudiar la emisión y absorción de radiación por átomos, incluyendo los modelos de Rabi y de Jaynes-Cummings
- Conocer el concepto de enredamiento cuántico a partir de la paradoja EPR, y su estudio mediante desigualdes de Bell.
- Identificar algunos conceptos clave de la óptica no lineal y estudio de procesos paramétricos de generación de parejas de fotones.
- Distinguir estados puros y estados mezcla,
- Familiarizarse con la coherencia cuántica de primer y segundo orden.

Índice temático

	Tema	Horas semestre	
		Teóricas	Prácticas
1	**Cuantización del campo electromagnético**	6	4
2	**Estados no-clásicos del campo electromagnético**	4	4
3	**Funciones de Cuasi-Probabilidad**	4	4
4	**Emisión y absorción de radiación por átomos**	5	4
5	**Breve introducción a la óptica no lineal**	5	8
6	**Procesos paramétricos espontáneos para la generación de parejas de fotones**	4	4

7	**Interferometría cuántica**	5	4
8	**Enredamiento cuántico**	5	4
9	**Teoría de coherencia cuántica**	4	4
10	**Estados mezcla**	3	4
11	**Tecnologías cuánticas**	3	4
	Total	**48**	**48**
	Suma total de horas	**96**	

Contenido Temático	
	Tema y subtemas
Unidad 1	**Cuantización del campo electromagnético**
1.1	Derivación de la ecuación de onda
1.2	Solución de la ecuación de onda en una región cubica
1.3	Obtención del operador Hamiltoniano para el campo electromagnético
Unidad 2	**Estados no-clásicos del campo electromagnético**
2.1	Estados de Fock
2.2	Estados coherentes
2.3	Estados comprimidos
Unidad 3	**Funciones de Cuasi-Probabilidad**
3.1	Espacio fase en óptica cuántica
3.2	La función de Wigner
3.3	La función de Husimi-Kano (Función Q)
3.4	La función de Glauber-Sudarshan (Función P)
Unidad 4	**Emisión y absorción de radiación por átomos**
4.1	Interacción de un átomo con un campo clásico
4.2	Interacción de un átomo con un campo cuantizado
4.3	El modelo de Rabi
4.4	El modelo de Jaynes-Cummings
4.5	Estados vestidos
Unidad 5	**Breve introducción a la óptica no lineal**
5.1	Procesos ópticos no lineales de segundo orden
5.2	Procesos ópticos no lineales de tercer orden
5.3	Distinción entre procesos clásicos y cuánticos
Unidad 6	**Procesos paramétricos espontáneos para la generación de parejas de fotones**
6.1	El cuadro de interacción
6.2	Proceso de conversión paramétrica descendente
6.3	Proceso de mezclado de cuatro ondas espontáneo
6.4	Empatamiento de fases
Unidad 7	**Interferometría cuántica**
7.1	El divisor de haz cuántico
7.2	Detección homodina y aplicaciones de estados comprimidos
7.3	Interferencia de Hong Ou Mandel
7.4	Interferencia de Franson

Unidad 8	**Enredamiento cuántico**
8.1	La paradoja de Einstein Podolsky Rosen
8.2	El experimento pensado de Bohm para espín ½.
8.3	No localidad y no realismo
8.4	Desigualdades de Bell
8.5	Correlaciones de polarización en parejas de fotones enredadas y violaciones de la desigualdad de Bell
Unidad 9	**Teoría de coherencia cuántica**
9.1	Coherencia temporal/espacial de primer orden
9.2	Coherencia temporal/espacial de segundo orden
9.3	Interferómetro de Hanbury Brown Twiss
9.4	Amontonamiento y anti-amontonamiento
Unidad 10	**Estados mezcla**
10.1	Funciones de estado y operadores de densidad
10.2	La luz térmica como ejemplo de estado mezcla
10.3	Distribución de Bose Einstein
10.4	Radiación de cuerpo negro
Unidad 11	**Tecnologías cuánticas**
11.1	Criptografía cuántica como ejemplo de una tecnología cuántica

Estrategias didácticas		**Evaluación del aprendizaje**	
Exposición	X	Exámenes parciales	X
Trabajo en equipo	X	Examen final	X
Lecturas	X	Trabajos y tareas	X
Trabajo de investigación	X	Presentación de tema	X
Prácticas (taller o laboratorio)		Participación en clase	X
Prácticas de campo		Asistencia	
Aprendizaje por proyectos		Rúbricas	
Aprendizaje basado en problemas		Portafolios	
Casos de enseñanza		Listas de cotejo	
Otras (especificar)		Otras (especificar)	

Bibliografía básica:

- Loudon R., Quantum Theory of Light, Oxford University Press, 1973.
- Gerry C and Knight P., Introductory Quantum Optics, Cambridge University Press, New York, 2005.
- Mandel L. and Wolf E., Optical Coherence and Quantum Optics, Cambridge University Press, New York, 1995.
- Wolfgang P Schleich, Quantum Optics in Phase Space, Wiley- VCH, 2015.
- Meystre P. and Sargent M., Elements of Quantum Optics, Springer (2007).

Bibliografía complementaria:

- Yanhua Shih, An Introduction to Quantum Optics, CRC Press (2011).

Perfil profesiográfico:

Quienes impartan esta actividad deberán contar con el grado de Maestro(a) o Doctor(a) o con la dispensa de grado otorgada por el Comité Académico, en alguna disciplina afín a los contenidos de esta actividad académica; experiencia académica o profesional relacionadas con la docencia en los campos del conocimiento del Programa. Tener producción académica o profesional

reciente, demostrada con obra académica o profesional reconocida. Manejo y conocimiento de técnicas de enseñanza y aprendizaje.

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

PROGRAMA DE POSGRADO EN CIENCIAS FÍSICAS
MAESTRÍA EN CIENCIAS (FÍSICA)

Métodos Experimentales II					
Clave	**Semestre 1, 2 o 3**	**Créditos 12**	**Campo del Conocimiento**	**Materia Condensada y Nanociencias**	
Modalidad	**Curso () Taller ( ) Lab (x) Sem ()**			**Tipo**	**T ( ) P (X) T/P ( )**
Carácter	**Obligatorio ( ) Optativo (X)** **Obligatorio E ( ) Optativo E ( )**			**Horas**	
Duración del programa		**Semestral**		**Semana**	**Semestre**
				Teóricas: 0	**Teóricas: 0**
				Prácticas: 6	**Prácticas: 96**
				Total: 6	**Total: 96**

Objetivo general:

El alumno adquirirá los conocimientos para la fabricación de nanodispositivos optoelectrónicos.

Objetivos específicos:

- Adquirir experiencia en el trabajo de laboratorio.
- Operar instrumentos para la fabricación de fotodiodos a base de películas semiconductoras de espesor nanométrico.

Índice temático

	Tema	**Horas semestre**	
		Teóricas	**Prácticas**
1	**Técnicas de fabricación contactos eléctricos**	0	16
2	**Síntesis de películas delgadas semiconductoras**	0	16
3	**Fotodiodos Schottky a base de películas delgadas**	0	16
4	**Fotodiodos p-n a base de películas delgadas**	0	16
5	**Caracterización de respuesta fotoeléctrica**	0	16
6	**Caracterización de eficiencia cuántica**	0	16
	Total	**0**	**96**
	Suma total de horas	**96**	

Contenido Temático	
	Tema y subtemas
Unidad 1.	**Técnicas de fabricación de contactos eléctricos**
1.1.	Evaporación metálica
1.2.	Fotolitografía
1.3.	Litografía por haces de electrones
1.4.	Erosión por iones de Ga^{3+} focalizados
Unidad 2.	**Síntesis de películas delgadas semiconductoras**

2.1.	Síntesis por métodos químicos
2.2.	Síntesis por *spin-coating*
2.3.	Depósito por capa atómica (ALD)
2.4.	Técnicas epitaxiales
Unidad 3.	**Fotodiodos Schottky a base de películas delgadas**
3.1.	Preparación de sustratos
3.2.	Fabricación de una película semiconductora con espesor nanométrico
3.3.	Preparación de plantillas para fabricación de contactos metálicos
3.4.	Fabricación de contactos metálicos
Unidad 4.	**Fotodiodos p-n a base de películas delgadas**
4.1.	Preparación de sustratos
4.2.	Fabricación de película semiconductora tipo n con espesor nanométrico
4.3.	Plantilla para fabricación de película semiconductoras tipo p
4.4.	Fabricación de película tipo p
4.5.	Fabricación de contactos metálicos
Unidad 5.	**Caracterización de respuesta fotoeléctrica**
5.1.	Adquisición de curvas *I-V* en obscuridad
5.2.	Adquisición de curvas *I-V* bajo iluminación UV
5.3.	Interpretación de resultados
Unidad 6.	**Caracterización de eficiencia cuántica**
6.1.	Preparación de contactos eléctricas con el instrumento (Newport Instrum)
6.2.	Adquisición de respuesta espectral
6.3.	Interpretación de resultados

Estrategias didácticas		**Evaluación del aprendizaje**	
Exposición		Exámenes parciales	X
Trabajo en equipo	X	Examen final	X
Lecturas	X	Trabajos y tareas	X
Trabajo de investigación	X	Presentación de tema	X
Prácticas (taller o laboratorio)	X	Participación en clase	X
Prácticas de campo		Asistencia	
Aprendizaje por proyectos		Rúbricas	
Aprendizaje basado en problemas		Portafolios	
Casos de enseñanza		Listas de cotejo	
Otras (especificar)		Otras (especificar)	

Bibliografía básica:

- Anis Zribi, Jeffrey Fortin, Functional Thin Films and Nanostructures for Sensors: Synthesis, Physics and applications. (Editors) Spinger (2009)
- Manda Gustavsson, Jan Stake, Fabrication of Uni-travelling-carrier Photodiodes.. Chalmers tekniska högsk., (2003).
- SEM microcharacterization of semiconductors. D.B. Holt & D.C. Joy, Academic Press (1989).
- B.L. Sharma, Metal-Semiconductor Schottky Barrier Junctions and Their Applications. (Ed.). Springer (2013).
- Brent Fultz and James Howe. Transmission electron microscopy and diffractometry of materials. Spinger (2013).

Bibliografía complementaria:

- Science of Microscopy. P.W. Hawkes & C.H. Spence (Edit.), Springer (2007).
- Microscopía Electrónica, R. González, Eudema, Madrid (1991).

Perfil profesiográfico:

Quienes impartan esta actividad deberán contar con el grado de Maestro(a) o Doctor(a) o con la dispensa de grado otorgada por el Comité Académico, en alguna disciplina afín a los contenidos de esta actividad académica; experiencia académica o profesional relacionadas con la docencia en los campos del conocimiento del Programa. Tener producción académica o profesional reciente, demostrada con obra académica o profesional reconocida. Manejo y conocimiento de técnicas de enseñanza y aprendizaje.

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

PROGRAMA DE POSGRADO EN CIENCIAS FÍSICAS
MAESTRÍA EN CIENCIAS (FÍSICA)

Superconductividad					
Clave	**Semestre 1, 2 o 3**	**Créditos 10**	**Campo del Conocimiento**	**Materia Condensada y Nanociencias**	
Modalidad	**Curso (x) Taller ( ) Lab ( ) Sem ()**			**Tipo**	**T ( ) P ( ) T/P (x)**
Carácter	**Obligatorio ( ) Optativo (X)** **Obligatorio E ( ) Optativo E ( )**			**Horas**	
Duración del programa		**Semestral**		**Semana**	**Semestre**
				Teóricas: 4	**Teóricas: 64**
				Prácticas: 1	**Prácticas: 16**
				Total: 5	**Total: 80**

Objetivo general:

El alumno aprenderá a describir la fenomenología fundamental del estado superconductor y analizará el surgimiento de nuevos conceptos físicos para explicar las características del fenómeno de superconductividad.

Objetivos específicos:

- Describir las propiedades que caracterizaron inicialmente a los materiales superconductores.
- Identificar las teorías semi-clásicas propuestas para comprender el estado superconductor.
- Conocer la teoría BCS para superconductores convencionales.
- Describir las propiedades de los materiales superconductores no convencionales.
- Debatir las perspectivas teóricas y tecnológicas de los materiales superconductores.

Índice temático

	Tema	**Horas semestre**	
		Teóricas	**Prácticas**
1	**Introducción**	6	0
2	**Superconductividad convencional**	12	2
3	**Teoría BCS**	14	2
4	**Superconductividad de altas temperaturas críticas**	14	12
5	**Tecnología basada en materiales superconductores**	8	0
6	**Materiales superconductors no convencionales**	10	0
	Total	**64**	**16**
	Suma total de horas	**80**	

Contenido Temático	
	Tema y subtemas
Unidad 1.	**Introducción**
1.1.	El fenómeno de superconductividad 1.1.1. Conductividad perfecta 1.1.2. Efecto Meissner-Ochsenfeld
1.2.	Parámetros fundamentales 1.2.1. Temperatura crítica 1.2.2. Campo crítico 1.2.3. Corriente crítica
Unidad 2.	**Superconductividad convencional**
2.1.	Termodinámica de los materiales superconductores 2.1.1. Calor específico 2.1.2. Entropía
2.2.	Electrodinámica de los materiales superconductores 2.1.1. Modelo de London
2.3.	Teoría de Ginzburg-Landau
Unidad 3.	**Teoría BCS**
3.1.	3.1. Antecedentes de la teoría BCS 3.1.1. Efecto isotópico 3.1.2. Interacción electrón-fonón
3.2.	El problema de Cooper 3.2.1. El concepto del par de Cooper
3.3.	Resultados de la teoría BCS 3.3.1. La brecha de energía 3.3.2. La función de onda 3.3.3. Tunelamiento 3.3.4. Relaciones universales
Unidad 4.	**Superconductividad de altas temperaturas críticas**
4.1.	Materiales superconductores de altas temperaturas críticas: cupratos
4.2.	Propiedades físicas y químicas de los cupratos
Unidad 5.	**Tecnología basada en materiales superconductores**
5.1.	Efecto Josephson y aplicaciones 5.1.1. Dispositivos superconductores de interferencia cuántica (SQUIDs) 5.1.2. Bolómetros y calorímetros
5.2.	Aplicaciones en medicina 5.2.1. Generación de imágenes por resonancia magnética nuclear
5.3.	Aplicaciones en aceleradores de partículas
5.4.	Aplicaciones en telecomunicaciones
Unidad 6	**Materiales superconductores no convencionales**
6.1.	Superconductores orgánicos
6.2.	Superconductores de sistemas de fermiones pesados
6.3.	Rutenatos
6.4.	Otros materiales superconductores

Estrategias didácticas		Evaluación del aprendizaje	
Exposición	X	Exámenes parciales	X
Trabajo en equipo		Examen final	X
Lecturas		Trabajos y tareas	X
Trabajo de investigación	X	Presentación de tema	X
Prácticas (taller o laboratorio)		Participación en clase	X
Prácticas de campo		Asistencia	
Aprendizaje por proyectos		Rúbricas	
Aprendizaje basado en problemas	X	Portafolios	
Casos de enseñanza		Listas de cotejo	
Otras (especificar)		Otras (especificar)	

Bibliografía básica:

- Navarro, O. y Baquero, R. (2007). Ideas fundamentales de la superconductividad. México: Universidad Nacional Autónoma de México.
- Tinkham, M. (1996). Introduction to superconductivity. USA: Dover.
- Tilley, D.R. & Tilley J. (1990). Superfluidity and superconductivity. Alemania: Springer.
- Kruchinin, S., Nagao, H. & Aono, S. (2010). Modern aspects of superconductivity: theory of superconductivity. Singapore: World Scientific Publishing.
- Anant, V.N. (2004). High temperature superconductivity 2: engineering applications. Alemania: Springer.

Bibliografía complementaria:

- Fossheim, K. & Sudbo, A. (2004). Superconductivity. Physics and applications. Reino Unido: John Wiley & Sons.
- Buckel, W. & Kleiner, R. (2004). Superconductivity: Fundamentals and applications. (2nd ed.). Germany, Wiley-VCH.
- Bennemann, K.H. & Ketterson, J.B. (Ed.). (2008). Superconductivity: conventional and unconventional superconductors. Vol. 1. Germany: Springer.
- Cooper, L. N. & Feldman, D. (Ed.). (2011). BCS: 50 years. Singapore: World Scientific Publishing.

Perfil profesiográfico:

Quienes impartan esta actividad deberán contar con el grado de Maestro(a) o Doctor(a) o con la dispensa de grado otorgada por el Comité Académico, en alguna disciplina afín a los contenidos de esta actividad académica; experiencia académica o profesional relacionadas con la docencia en los campos del conocimiento del Programa. Tener producción académica o profesional reciente, demostrada con obra académica o profesional reconocida. Manejo y conocimiento de técnicas de enseñanza y aprendizaje.

MEDIOS CONTINUOS

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

PROGRAMA DE POSGRADO EN CIENCIAS FÍSICAS
MAESTRÍA EN CIENCIAS (FÍSICA)

Acústica no lineal

Clave	Semestre 1, 2 o 3	Créditos 6	Campo de conocimiento	Medios Continuos
Modalidad	**Curso (x) Taller ( ) Lab ( ) Sem ( )**		**Tipo**	**T (x) P ( ) T/P ( )**
Carácter	**Obligatorio ( ) Optativo (x)** **Obligatorio E ( ) Optativo E ( )**		**Horas**	
Duración del programa	**Semestral**		**Semana**	**Semestre**
			Teóricas: 3	**48**
			Prácticas: 0	**0**
			Total: 3	**48**

Objetivo general:
El alumno se introducirá en los conceptos básicos de la teoría de la acústica no lineal en fluidos, enfocándose principalmente, en el estudio de los fenómenos no lineales.

Objetivos específicos:

Identificar a las ondas de choque, los solitones, y los saltos hidráulicos, como fenómenos no lineales.

Índice temático

	Tema	Horas semestre	
		Teóricas	**Prácticas**
1	**Ecuaciones modelo de la acústica no lineal**	12	0
2	**Ondas simples y ondas de choque**	12	0
3	**Introducción a los solitones**	12	0
4	**Saltos hidráulicos en aguas poco profundas**	12	0
	Total	**48**	**0**
	Suma total de horas	**48**	

Contenido Temático	
	Tema y subtemas
Unidad 1	**Ecuaciones modelo de la acústica no lineal**
1.1	Medios sin viscosidad
1.2	Aproximaciones para fluidos termoviscosos
1.3	Ecuaciones de onda
1.3.1	Ecuación de Westervelt
1.3.2	Ecuación de Burgers
1.3.3	Ecuación de Korteweg - de Vries
1.3.4	Ecuación KZK
Unidad 2	**Ondas simples y ondas de choque**
2.1	Efectos no lineales en la presencia de disipación y dispersión
2.2	Ondas simples y discontinuidades
2.2.1	Relaciones de Rankine - Hugoniot
2.2.2	Velocidad de la onda de choque
2.3	Propagación de pulsos
2.4	Medios con disipación finita: soluciones de la ecuación de Burgers
2.5	Propagación de ruido intenso
Unidad 3	**Introducción a los solitones**
3.1	Soluciones de la ecuación KdV en la forma de ondas viajeras
3.2	Ondas solitarias
3.3	El problema de la dispersión y la dispersión inversa
3.4	Solución de la ecuación de Marchenko
3.5	El problema de valores iniciales de la ecuación KdV
3.5.1	Dispersión inversa y la ecuación KdV
3.5.2	Construcción de la solución general
3.5.3	Ejemplos: ondas solitarias, y la solución de n solitones
Unidad 4	**Saltos hidráulicos en aguas poco profundas**
4.1	Breve introducción a la teoría de aguas poco profundas
4.2	La ecuación Burgers-KdV

Estrategias didácticas		Evaluación del aprendizaje	
Exposición	x	Exámenes parciales	x
Trabajo en equipo		Examen final	x
Lecturas	x	Trabajos y tareas	x
Trabajo de investigación		Presentación de tema	
Prácticas (taller o laboratorio)		Participación en clase	
Prácticas de campo		Asistencia	
Aprendizaje por proyectos	x	Rúbricas	
Aprendizaje basado en problemas		Portafolios	
Casos de enseñanza		Listas de cotejo	
Otras (especificar)		Otras (especificar)	

Bibliografía básica:

- Crighton, D.G., Dowling, A.P., Ffowcs-Williams, J.E., Heckl, M., Leppington, F.G. (1992) *Modern Methods in Analytical Acoustics*. London: Springer-Verlag.
- Drazin, P.G., Johnson, R.S. (1993) *Solitons: an Introduction*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Hamilton, M.F., Blackstock, D.T., eds. (1997) *Nonlinear Acoustics*. San Diego: Academic Press.
- Hinch, E.J. (1991) *Perturbation Methods*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Infeld, E., Rowlands, G. (2000) *Nonlinear Waves, Solitons and Chaos*. Cambridge:

Cambridge University Press.
- Johnson, R.S. (1997) *A Modern Introduction to the Mathematical Theory of Water Waves*.Cambridge: Cambridge University Press.
- Lighthill, J. (1996) *Waves in Fluids*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Naugolnykh, K., Ostrovsky, L. (1998) *Nonlinear Wave Processes in Acoustics*. Cambridge University Press.
- Rudenko, O.V., Soluyan, S.I. (1977) *Theoretical Foundations of Nonlinear Acoustics*. Studies in Soviet Science. New York: Consultants Bureau.
- Whitham, G.B. (1974) *Linear and Nonlinear Waves*. New York: John Wiley and Sons

Bibliografía complementaria:

- Ablowitz, M. J. Nonlinear Dispersive Waves. Cambridge: Cambridge University Press, 2011.
- Hinch, E.J. Perturbation Methods. Cambridge: Cambridge University Press, 1991.
- Infeld, E., Rowlands, G. Nonlinear Waves, Solitons and Chaos. Cambridge: Cambridge University Press, 2000.

Perfil profesiográfico:

Quienes impartan esta actividad deberán contar con el grado de Maestro(a) o Doctor(a) o con la dispensa de grado otorgada por el Comité Académico, en alguna disciplina afín a los contenidos de esta actividad académica; experiencia académica o profesional relacionadas con la docencia en los campos del conocimiento del Programa. Tener producción académica o profesional reciente, demostrada con obra académica o profesional reconocida. Manejo y conocimiento de técnicas de enseñanza y aprendizaje.

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

PROGRAMA DE POSGRADO EN CIENCIAS FÍSICAS
MAESTRÍA EN CIENCIAS (FÍSICA)

Dinámica de Fluidos Computacional					
Clave	**Semestre 1, 2 o 3**	**Créditos 6**	**Campo de conocimiento**	**Medios Continuos**	
Modalidad	**Curso (x) Taller ( ) Lab ( ) Sem ( )**			**Tipo**	**T () P ( ) T/P (x)**
Carácter	**Obligatorio ( ) Optativo (x)** **Obligatorio E () Optativo E ( )**			**Horas**	
Duración del programa	**Semestral**			**Semana**	**Semestre**
				Teóricas: 1	**16**
				Prácticas: 2	**32**
				Total: 3	**48**

Objetivo general:
El alumno conocerá y aplicará las herramientas de la dinámica de fluidos computacional para desarrollar códigos que resuelvan numéricamente las ecuaciones sobre la mecánica de fluidos.

Objetivos específicos:

- Conocer los elementos básicos para el desarrollo y entendimiento de códigos numéricos de malla (Eulerianos).
- Programar un código que resuelva les ecuaciones de la hidrodinámica y desarrollar una versión paralela del mismo.

Índice temático

	Tema	**Horas semestre**	
		Teóricas	**Prácticas**
1	**Ecuaciones de fluidos**	4	0
2	**Planeación del problema numérico**	4	0
3	**Ecuaciones linearizadas**	4	0
4	**Métodos numéricos**	4	0
5	**Métodos de diferencias finitas**	0	8
6	**Soluciones numéricas de las ecuaciones de Euler**	0	8
7	**Métodos de elementos finitos**	0	4
8	**Algunas soluciones aproximadas al problema de Riemann**	0	4
9	**Métodos de elementos finitos de segundo orden espacial**	0	4
10	**Programación en paralelo**	0	4
	Total	**16**	**32**
	Suma total de horas	**48**	

Contenido Temático	
	Tema y subtemas
Unidad 1	**Ecuaciones de fluidos**
1.1	Derivación macroscópica
1.2	Ecuaciones de dinámica de fluidos en 1, 2 y 3D (coordenadas cartesianas)
1.3	Ecuaciones de dinámica de fluidos en coordenadas cilíndricas y esféricas
1.4	Condiciones de frontera
Unidad 2	**Planeación del problema numérico**
2.1	El concepto de “elemento de fluido”
2.2	Malla EstructuradasUniformes
2.3	Malla Estructuradas Adaptívas
2.4	Mallas No Estructuradas: Delaunay-Voronoï
Unidad 3	**Ecuaciones linearizadas**
3.1	Ondas de sonido
3.2	La matriz Jacobiana
3.3	Autovalores y autovectores de la matriz Jacobiana
Unida 4	**Métodos numéricos**
4.1	Métodos espectrales y pseudoespectrales
4.2	Métodos de diferencias y de elementos finitos
Unidad 5	**Métodos de diferencias finitas**
5.1	Integración temporal
5.2	Derivadas espaciales
5.3	Métodos de forward time centered differences (FTCD)
5.4	Método de Lax-Friedrich (Lax)
5.5	Análisis de Von Neumann
5.6	Criterio Courant-Friedrich-Lewy (CFL)
5.7	Método de MacCormack
5.8	Las discontinuidades, "viscosidad artificial" y "corrector de flujo"
Unidad 6	**Soluciones numéricas de las ecuaciones de Euler**
6.1	Aplicación del método de Lax a las ecuación de Burgers
6.2	Aplicación del método de Lax a las ecuaciones de Euler 1D y 2D
6.3	Aplicación del método de MacCormack, Euler 1D y 2D
Unidad 7	**Métodos de elementos finitos**
7.1	El metodo de Godunov
7.2	El problema de Riemann exacto
7.3	El problema de Riemann lineal
Unidad 8	**Algunas soluciones aproximadas al problema de Riemann**
8.1	El método de Harten, Lax y Van Leer (HLL)
8.2	La recuperación de la discontinuidad de contacto, método HLLC
8.3	Aplicación del método HLL y HLLC a Euler en 1D y 2D
Unidad 9	**Métodos de elementos finitos de segundo orden espacial**
9.1	Los gradientes
9.2	Las funciones "de promedio"
9.3	Aplicación del método a Euler 1D y 2D
Unidad 10	**Programación en paralelo**
10.1	Conceptos básicos de programación en paralelo
10.2	Medidas de rendimiento en códigos paralelos
10.3	Comunicación entre procesadores, tipo de datos y funciones básicas de MPI
10.4	Parelización de códigos Eulerianos 1D y 2D usando MPI

Estrategias didácticas		Evaluación del aprendizaje	
Exposición	x	Exámenes parciales	x
Trabajo en equipo		Examen final	x
Lecturas	x	Trabajos y tareas	x
Trabajo de investigación	x	Presentación de tema	x
Prácticas (taller o laboratorio)	x	Participación en clase	
Prácticas de campo		Asistencia	
Aprendizaje por proyectos	x	Rúbricas	
Aprendizaje basado en problemas		Portafolios	
Casos de enseñanza		Listas de cotejo	
Otras (especificar)		Otras (especificar)	

Bilbiografía básica:

- Toro, E.F.: *Riemann solvers and numerical methods for fluid dynamics: a practical introduction* Third Edition. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2009,
- Press, William H.; Teukolsky, Saul A.; Vetterling, William T.; Flannery, Brian P. (2007). Numerical Recipes: The Art of Scientific Computing (3rd edición). New York: Cambridge University Press.
- Chung, T. J., Computational Fluid Dynamics, Cambridge Univ. Press, 2002, revised 2nd ed., 2010.
- H. Veerteeg, W. Malalasekera, An Introduction to Computational Fluid Dynamics: The Finite Volume Method, Person, 2007.
- J. Anderson, Computational Fluid Dynamics, McGraw-Hill, 1995.

Bibliografía complementaria:

- C. Pozrikidis, Introduction to Theoretical and Computational Fluid Dynamics, Oxford University Press, 2011.

Perfil profesiográfico:

Quienes impartan esta actividad deberán contar con el grado de Maestro(a) o Doctor(a) o con la dispensa de grado otorgada por el Comité Académico, en alguna disciplina afín a los contenidos de esta actividad académica; experiencia académica o profesional relacionadas con la docencia en los campos del conocimiento del Programa. Tener producción académica o profesional reciente, demostrada con obra académica o profesional reconocida. Manejo y conocimiento de técnicas de enseñanza y aprendizaje.

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

PROGRAMA DE POSGRADO EN CIENCIAS FÍSICAS
MAESTRÍA EN CIENCIAS (FÍSICA)

Dinámica de Fluidos Geofísicos					
Clave	**Semestre 1, 2 o 3**	**Créditos 8**	**Campo de conocimiento**	**Medios Continuos**	
Modalidad	**Curso (x) Taller ( ) Lab ( ) Sem ( )**			**Tipo**	**T (x) P ( ) T/P ( )**
Carácter	**Obligatorio ( ) Optativo (x)** **Obligatorio E ( ) Optativo E ( )**			**Horas**	
Duración del programa	**Semestral**			**Semana**	**Semestre**
				Teóricas: 4	**64**
				Prácticas: 0	**0**
				Total: 4	**64**

Objetivo general:
El alumno adquirirá conocimientos generales sobre la mecánica de fluidos geofísicos, a través del estudio del movimiento y descripción matemática de los flujos geofísicos más comunes.

Objetivos específicos:

- Identificar los movimientos de flujos que estudia la dinámica de fluidos geofísicos.
- Representar matemáticamente los flujos más comunes de gran escala.
- Conocer temas de investigación en el área de flujos geofísicos.

Índice temático

	Tema	**Horas semestre**	
		Teóricas	**Prácticas**
1	**Introducción**	2	0
2	**Ecuaciones de movimiento de fluidos geofísicos**	8	0
3	**Flujos geostróficos**	8	0
4	**Vorticidad**	6	0
5	**Ecuaciones de movimiento para aguas someras**	4	0
6	**Transporte de Ekman**	4	0
7	**Ondas en el océano y la atmósfera**	8	0
8	**Ondas internas**	4	0
9	**Inestabilidad barotrópica**	8	0
10	**Inestabilidades baroclínicas**	8	0
11	**Dinámica ecuatorial**	4	0
	Total	**64**	**0**
	Suma total de horas	**64**	

Contenido Temático	
	Tema y subtemas
Unidad1	**Introduccón**
Unidad 2	**Ecuaciones de movimiento de fluidos geofísicos**
Unidad 3	**Flujos geostróficos**
Unidad 4	**Vorticidad**
Unidad 5	**Ecuaciones de movimiento para aguas someras**
Unidad 6	**Transporte de Ekman**
6.1	Capa de Ekman
Unidad 7	**Ondas en el océano y la atmósfera**
7.1	Ondas Barotrópicas
7.2	Ondas de Kelvin
7.3	Ondas de inercio-gravitacionales (Poincaré)
7.4	Ondas ondas planetarias (Rossby)
7.5	Ondas topográficas
Unidad 8	**Ondas internas**
Unidad 9	**Inestabilidad barotrópica**
Unidad 10	**Inestabilidades baroclínicas**
10.1	Dinámica cuasigeostrófica
Unidad 11	**Dinámica ecuatorial**

Estrategias didácticas		Evaluación del aprendizaje	
Exposición	x	Exámenes parciales	x
Trabajo en equipo		Examen final	x
Lecturas	x	Trabajos y tareas	x
Trabajo de investigación	x	Presentación de tema	
Prácticas (taller o laboratorio)		Participación en clase	x
Prácticas de campo		Asistencia	
Aprendizaje por proyectos		Rúbricas	
Aprendizaje basado en problemas		Portafolios	
Casos de enseñanza		Listas de cotejo	
Otras (especificar)		Otras (especificar)	

Bilbiografía básica:

- Cushman-Roisin, B., & Beckers, J. M. (2011). *Introduction to geophysical fluid dynamics: physical and numerical aspects* (Vol. 101). Academic press.
- Gill, A. E.: Atmosphere-Ocean Dynamics, Academic Press, London, 1982. Pedlosky, J. Geophysical Fluid Dynamics, Springer Verlag, NewYork, 1986.
- Pedlosky, J. (2013). *Geophysical fluid dynamics*. Springer Science & Business Media.
- Pedlosky, J. (2013). *Waves in the ocean and atmosphere: introduction to wave dynamics*. Springer Science & Business Media.
- Salmon, R. (1998). *Lectures on geophysical fluid dynamics*. Oxford University Press.
- Vallis, G. K. (2017). *Atmospheric and oceanic fluid dynamics*. Cambridge University Press.

Bibliografía complementaria:

- Salmon, R. (1998). *Lectures on geophysical fluid dynamics*. Oxford University Press.Vallis, G. K. (2017). *Atmospheric and oceanic fluid dynamics*. Cambridge University Press.

Perfil profesiográfico:

Quienes impartan esta actividad deberán contar con el grado de Maestro(a) o Doctor(a) o con la dispensa de grado otorgada por el Comité Académico, en alguna disciplina afín a los contenidos de esta actividad académica; experiencia académica o profesional relacionadas con la docencia en los campos del conocimiento del Programa. Tener producción académica o profesional reciente, demostrada con obra académica o profesional reconocida. Manejo y conocimiento de técnicas de enseñanza y aprendizaje.

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

PROGRAMA DE POSGRADO EN CIENCIAS FÍSICAS
MAESTRÍA EN CIENCIAS (FÍSICA)

Elasticidad					
Clave	**Semestre 1, 2 o 3**	**Créditos 6**	**Campo de conocimiento**	**Medios Continuos**	
Modalidad	**Curso (x) Taller ( ) Lab ( ) Sem ( )**			**Tipo**	**T (x) P ( ) T/P ( )**
Carácter	**Obligatorio ( ) Optativo (x)** **Obligatorio E ( ) Optativo E ( )**			**Horas**	
Duración del programa	**Semestral**			**Semana**	**Semestre**
				Teóricas: 3	**48**
				Prácticas: 0	**0**
				Total: 3	**48**

Objetivo general:
El alumno adquirirá los conocimientos fundamentales de la teoría de la elasticidad.

Objetivos específicos:

- Conocer los conceptos básicos asociados a la cinemática y la dinámica de la mecánica de los sólidos elásticos.
- Reconocer la construcción de las ecuaciones fundamentales partiendo de primeros principios, así como el límite lineal y las soluciones a problemas clásicos.

Índice temático

	Tema	**Horas semestre**	
		Teóricas	**Prácticas**
1	**Tensores**	8	0
2	**Deformación y movimiento**	8	0
3	**Esfuerzo y balance**	8	0
4	**Elasticidad lineal**	8	0
5	**Ondas elásticas**	8	0
6	**Temas avanzados**	8	0
	Total	**48**	**0**
	Suma total de horas	**48**	

Contenido Temático	
	Tema y subtemas
Unidad 1	**Tensores**
1.1	Tensores Cartesianos. Álgebra de tensores
1.2	Tensores covariantes y contravariantes. Campos tensoriales
Unidas 2	**Deformación y movimiento**
2.1	Deformación
2.2	Desplazamiento y tensor de deformaciones. Cambio de volumen y de forma

2.3	Condiciones de Compatibilidad
Unidad 3	**Esfuerzo y balance**
3.1	Termodinámica de las deformaciones. Fuerzas de contacto y tensor de esfuerzos. Equilibrio mecánico para cuerpos isótropos. Relaciones constitutivas
3.2	Propiedades elásticas de cristales. Ejemplos de deformación y esfuerzo
Unidad 4	**Elasticidad lineal**
4.1	Formulaciones. Unicidad
4.2	Equilibrio de barras. Flexión de Barras
4.3	Torsión de Barras
4.4	Placas delgadas y cascarones
Unidad 5	**Ondas elásticas**
5.1	Ondas en medio isótropos. Ondas en cristales
5.2	Ondas superficiales. Ondas en barras y placas
Unidad 6	**Temas avanzados**
6.1	Dislocaciones
6.2	Conducción térmica y viscosidad en sólidos
6.3	Introducción a la elasticidad no lineal

Estrategias didácticas		**Evaluación del aprendizaje**	
Exposición	x	Exámenes parciales	x
Trabajo en equipo		Examen final	x
Lecturas	x	Trabajos y tareas	x
Trabajo de investigación	x	Presentación de tema	
Prácticas (taller o laboratorio)		Participación en clase	
Prácticas de campo		Asistencia	
Aprendizaje por proyectos		Rúbricas	
Aprendizaje basado en problemas		Portafolios	
Casos de enseñanza		Listas de cotejo	
Otras (especificar)		Otras (especificar)	

Bibliografía básica:

- L. Landau y E. Lifshitz. *Teoría de la Elasticidad*. Reverté, 1969.
- P. L. Gould. *Introduction to linear Elasticity*. 3ª edición, Springer, 2013.
- J. E. Marsden y F. J. R. Hughes. *Mathematical Foundations of Elasticity.* Dover, 1994
- S. Timoshenko, Theory of Elasticity, McGraw-Hill, 1985
- R. J. Atkin, N. Fox , An Introduction to the Theory of Elasticity, Dover, 1980

Bibliografía complementaria:

- R. W. Soutas-Little, Elasticity, Courier Corporation, 2012

Perfil profesiográfico:

Quienes impartan esta actividad deberán contar con el grado de Maestro(a) o Doctor(a) o con la dispensa de grado otorgada por el Comité Académico, en alguna disciplina afín a los contenidos de esta actividad académica; experiencia académica o profesional relacionadas con la docencia en los campos del conocimiento del Programa. Tener producción académica o profesional reciente, demostrada con obra académica o profesional reconocida. Manejo y conocimiento de técnicas de enseñanza y aprendizaje.

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

PROGRAMA DE POSGRADO EN CIENCIAS FÍSICAS
MAESTRÍA EN CIENCIAS (FÍSICA)

Estabilidad y Turbulencia					
Clave	**Semestre** 1, 2 o 3	**Créditos** 6	**Campo de conocimiento**	**Medios Continuos**	
Modalidad	**Curso (x) Taller ( ) Lab ( ) Sem ( )**			**Tipo**	**T (x) P ( ) T/P ( )**
Carácter	**Obligatorio ( ) Optativo (X)** **Obligatorio E () Optativo E ( )**			**Horas**	
Duración del programa	**Semestral**			**Semana**	**Semestre**
				Teóricas: 3	**48**
				Prácticas: 0	**0**
				Total: 3	**48**

Objetivo general:

El alumno adquirirá los conocimientos fundamentales de la teoría de inestabilidades hidrodinámicas y su importancia en la mecánica de fluidos moderna.

Objetivos específicos:

- Identificar los principios básicos de la inestabilidad hidrodinámica, a través de análisis de perturbación.
- Conocer los principios del estudio de la turbulencia.

Índice temático

	Tema	**Horas semestre**	
		Teóricas	**Prácticas**
1	**Introducción**	4	0
2	**Inestabilidades de un fluido en reposo**	8	0
3	**Estabilidad de flujos abiertos**	8	0
4	**Inestabilidad inviscida de flujos paralelos**	8	0
5	**Inestabilidad de flujos paralelos viscosos. Inicio de la turbulencia**	8	0
6	**Inestabilidades a bajo número de Reynolds**	4	0
7	**Turbulencia desarrollada**	4	0
8	**Temas avanzados**	4	0
	Total	**48**	**0**
	Suma total de horas	**48**	

Contenido Temático	
	Tema y subtemas
Unidad 1	**Introducción**
1.1	Espacio de fase, puntos fijos
1.2	Bifurcaciones
1.3	Linealización
Unidad 2	**Inestabilidades de un fluido en reposo**
2.1	Inestabilidad gravitacional de Jeans
2.2	Inestabilidad de Rayleigh-Taylor
2.3	Inestabilidad de Rayleigh-Plateau
2.4	Inestabilidad de Rayleigh-Bernard
2.5	Inestabilidad de Rayleigh-Marangoni
Unidad 3	**Estabilidad de flujos abiertos**
3.1	Inestabilidades absolutas y convectivas
3.2	Criterios de estabilidad lineal
Unidad 4	**Inestabilidad inviscida de flujos paralelos**
4.1	Flujos cortantes
4.2	Capa de corte
4.3	Inestabilidad de Couette-Taylor
Unidad 5	**Inestabilidad de flujos paralelos viscosos. Inicio de la turbulencia**
5.1	Flujo de Poiseuille
5.2	Estabilidad de flujo en capa límite
Unidad 6	**Inestabilidades a bajo número de Reynolds**
6.1	Peliculas delgadas sobre placas inclinadas
6.2	Películas con deformación cortante
Unidad 7	**Turbulencia desarrollada**
7.1	Inestabilidad de flujos laminares
7.2	Ecuación de Orr-Sommerfield
7.3	Modos de inestabilidad
Unidad 8	**Temas avanzados**
8.1	Sistemas dinámicos
8.2	Avalanchas y flujos granulares
8.3	Ondas no lineales dispersivas
8.4	Ecuación de Saint-Venant

Estrategias didácticas		Evaluación del aprendizaje	
Exposición	x	Exámenes parciales	x
Trabajo en equipo		Examen final	x
Lecturas	x	Trabajos y tareas	x
Trabajo de investigación	x	Presentación de tema	
Prácticas (taller o laboratorio)		Participación en clase	
Prácticas de campo		Asistencia	
Aprendizaje por proyectos		Rúbricas	

Aprendizaje basado en problemas		Portafolios	
Casos de enseñanza		Listas de cotejo	
Otras (especificar)		Otras (especificar)	

Bibliografía básica:

- F. Charru,Hydrodynamic Instability. Cambridge University Press, (2011).
- P. G. Drazin, Introduction to Hydrodynamic Stability, Cambridge University Press (2002)
- S. Chandrasekhar, Hydrodynamic and Hydromagnetic Stability, Oxford University Press (1961)
- A. M. Yaglom, Hydrodynamic Instability and Transition to Turbulence, Springer, (2012)
- O. Criminale, T. L. Jackson, R. D. Joslin, Theory and Computation of Hydrodynamic Stability, Cambridge University Press (2003)

Bibliografía complementaria:

- A. Georgescu, Hydrodynamic stability theory, Springer, (1985)

Perfil profesiográfico:

Quienes impartan esta actividad deberán contar con el grado de Maestro(a) o Doctor(a) o con la dispensa de grado otorgada por el Comité Académico, en alguna disciplina afín a los contenidos de esta actividad académica; experiencia académica o profesional relacionadas con la docencia en los campos del conocimiento del Programa. Tener producción académica o profesional reciente, demostrada con obra académica o profesional reconocida. Manejo y conocimiento de técnicas de enseñanza y aprendizaje.

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

PROGRAMA DE POSGRADO EN CIENCIAS FÍSICAS
MAESTRÍA EN CIENCIAS (FÍSICA)

Fluidos no Newtonianos

Clave	Semestre 1, 2 o 3	Créditos 6	Campo de conocimiento	Medios Contínuos
Modalidad	Curso (x) Taller ( ) Lab ( ) Sem ( )		Tipo	T (x) P ( ) T/P ( )
Carácter	Obligatorio ( ) Optativo (x) Obligatorio E ( ) Optativo E ( )		Horas	
Duración del programa	Semestral		Semana	Semestre
			Teóricas: 3	48
			Prácticas: 0	0
			Total: 3	48

Objetivo general:

El alumno adquirirá conocimientos y bases conceptuales sobre los procesos de deformación de la materia y sobre el flujo de materiales viscoelásticos. También conocerá la deformación y flujos de materiales complejos permitiendo el estudio del procesamiento de polímeros y de flujos de fluidos complejos, los cuales tienen aplicaciones en numerosos campos de la industria y la investigación.

Objetivos específicos:

- Conocer los conceptos generales de flujo de fluidos no Newtonianos.
- Desarrollar modelos reológicos clásicos.
- Identificar los diferentes comportamientos asociados con el comportamiento no Newtoniano.

Índice temático

	Tema	Horas semestre	
		Teóricas	Prácticas
1	Introducción	8	0
2	Viscosidad no constante	8	0
3	Viscoelasticidad	8	0
4	Viscoelasticidad no-lineal	8	0
5	Medición de propiedades reológicas	8	0
6	Temas avanzados	8	0
	Total	48	0
	Suma total de horas	0	

Contenido Temático	
	Tema y subtemas
Unidad 1	**Introducción**
1.1	Fluidos Newtonianos
1.2	Fluidos no Newtonianos
1.3	Ejemplos de sistemas no Newtonianos
Unidad 2	**Viscosidad no constante**
2.1	Viscosidad como propiedad física
2.2	Viscosidad dependiente de la razón de corte
2.3	Modelos
Unidad 3	**Viscoelasticidad**
3.1	Superposición de propiedades elásticas y viscosas
3.2	Viscoelasticidad Lineal
3.3	Modelos
Unidad 4	**Viscoelasticidad no-lineal**
4.1	Diferencias de esfuerzos normales
4.2	Otras propiedades no-lineales
Unidad 5	**Medición de propiedades reológicas**
5.1	Flujos reométricos
5.2	Pruebas estacionarias
5.3	Pruebas oscilatorias
5.4	Otras pruebas reológicas
Unidad 6	**Temas avanzados**
6.1	Tixotropía, reopexia
6.2	Viscosidad elongacional
6.3	Aplicaciones

Estrategias didácticas		Evaluación del aprendizaje	
Exposición	x	Exámenes parciales	x
Trabajo en equipo	x	Examen final	x
Lecturas		Trabajos y tareas	x
Trabajo de investigación	x	Presentación de tema	
Prácticas (taller o laboratorio)		Participación en clase	
Prácticas de campo		Asistencia	
Aprendizaje por proyectos		Rúbricas	
Aprendizaje basado en problemas		Portafolios	
Casos de enseñanza		Listas de cotejo	
Otras (especificar)		Otras (especificar)	

Bibliografía básica:

- An Introduction to Rheology, Howard A. Barnes, John Fletcher Hutton, K. Walters, Elsevier, 1989
- Understanding Viscoelasticity, Nhan Phan-Thien, Springer, 2013
- Dynamics of Polymeric Liquids, Volume 1: Fluid Mechanics, R. Byron Bird, Robert C. Armstrong, Ole Hassager, Wiley-Interscience, 1987.
- Rheology: Principles, Measurements, and Applications, Christopher W. Macosko, VCH, 1994
- Understanding Rheology, Faith A. Morrison, Oxford University Press, 2001

Bibliografía complementaria: ▪ Polymer Rheology, R.S. Lenk, Applied Science Publishers, 1978
Perfil profesiográfico: Quienes impartan esta actividad deberán contar con el grado de Maestro(a) o Doctor(a) o con la dispensa de grado otorgada por el Comité Académico, en alguna disciplina afín a los contenidos de esta actividad académica; experiencia académica o profesional relacionadas con la docencia en los campos del conocimiento del Programa. Tener producción académica o profesional reciente, demostrada con obra académica o profesional reconocida. Manejo y conocimiento de técnicas de enseñanza y aprendizaje.

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

PROGRAMA DE POSGRADO EN CIENCIAS FÍSICAS
MAESTRÍA EN CIENCIAS (FÍSICA)

Flujo Viscoso Lento

Clave	Semestre 1, 2 o 3	Créditos 6	Campo de conocimiento	Medios Continuos
Modalidad	Curso (x) Taller ( ) Lab ( ) Sem ( )		Tipo	T (x) P ( ) T/P ( )
Carácter	Obligatorio ( ) Optativo (x) Obligatorio E ( ) Optativo E ( )		Horas	
Duración del programa	Semestral		Semana	Semestre
			Teóricas: 3	48
			Prácticas: 0	0
			Total: 3	48

Objetivo general:

El alumno estudiará flujos dominados por esfuerzos viscosos para desarrollar las capacidades analíticas y resolver problemas en este régimen de flujo, haciendo enfásis en las situaciones físicas en que este tipo de flujos es relevante.

Objetivos específicos:

- Conocer los fundamentos de mecánica de fluidos para flujos lentos, en particular el uso de técnicas asintóticas espaciales y temporales para las soluciones regulares y singulares.
- Estudiar los fenómenos asociados con la transferencia de momento y fundamentalmente en sistemas a flujo laminar y sistemas bifásicos.
- Identificar las herramientas matemáticas útiles para el estudio de problemas no-lineales, y que permiten un tratamiento general de "clases" de problemas en el campo de fenómenos de transporte.
- Comprender los fundamentos del flujo lento alrededor de objetivos inmersos.

Índice temático

	Tema	Horas semestre	
		Teóricas	Prácticas
1	Fundamentos	6	0
2	Linealización de las ecuaciones de movimiento	10	0
3	Ecuación integral de frontera	8	0
4	Aplicaciones a flujos axisimétricos	8	0
5	Flujo alrededor de objetos inmersos	8	0
6	Flujo debido a interfaces	8	0
	Total	48	0
	Suma total de horas	48	

Contenido Temático	
	Tema y subtemas
Unidad 1	**Fundamentos**
1.1	Conservación de masa
1.2	conservación de momento lineal y angular
1.3	conservación de energía
1.4	Ecuaciones constitutivas. Fluidos newtoniano y no-newtoniano
1.5	Ecuación de Navier-Stokes
1.6	Condiciones de frontera
Unidad 2	**Linealización de las ecuaciones de movimiento**
2.1	Reversibilidad de las ecuaciones de Stokes
2.2	Solución por funciones de Green
2.3	Soluciones por singularidades
2.4	Clasificación de Stokeslet, rotlet, stresslet, etc.
Unidad 3	**Ecuación integral de frontera**
3.1	Funciones propias de Green
3.2	Representación en términos del potencial de capa doble y sencilla
3.3	Representación en términos de las ecuaciones de Fredholm
Unidad 4	**Aplicaciones a flujos axisimétricos**
4.1	Flujo en un filamento de líquido
4.2	Flujo elongacional no lineal en un filamento
Unidad 5	**Flujo alrededor de objetos inmersos**
5.1	Flujo lejos del objeto
5.2	Reología de una suspensión
5.3	Flujo en dos dimensiones
5.4	Métodos indirectos de integrales de frontera
5.5	Flujo en el interior del objeto
Unidad 6	**Flujo debido a interfaces**
6.1	Discontinuidad de fuerzas en la superficie interfacial
6.2	Cálculo de la forma de las interfaces

Estrategias didácticas		Evaluación del aprendizaje	
Exposición	x	Exámenes parciales	x
Trabajo en equipo	x	Examen final	x
Lecturas		Trabajos y tareas	x
Trabajo de investigación	x	Presentación de tema	
Prácticas (taller o laboratorio)		Participación en clase	
Prácticas de campo		Asistencia	
Aprendizaje por proyectos		Rúbricas	
Aprendizaje basado en problemas		Portafolios	
Casos de enseñanza		Listas de cotejo	
Otras (especificar)		Otras (especificar)	

Bibliografía básica:

- L. Gary Leal, Advanced Transport Phenomena. Fluid Mechanics and Convective Transport Processes, Cambridge University Press, USA, 2007. ISBN-13: 978-0-521-84910-4 QC145.2. L43
- G. I. Barenblatt, Gordon & Breach Sci, Dimensional Analysis, Publ., New York, USA, 1987. ISBN 3-7186-0438-8 QC20.7. D55B37
- Ockendon H. & J. R. Ockendon, Viscous Flow, Cambridge Univ. Press, Cambridge, UK, 1995. ISBN 0-521-45344-9 QA929.O35

- C. M. Bender, and S. A. Orzag, Advanced Mathematical Methods for Scientist and Engineers, McGraw-Hill, New York, 1978. ISBN 0-07-004452-X.
- J. Happel, H. Brenner, Low Reynolds number hydrodynamics, Kluwer, 1983.

Bibliografía complementaria:

- James Lighthill, Clarendon, An Informal Introduction to Theoretical Fluid Mechanics, Press, Oxford, 1986. ISBN 0-19-853631-3.
- Kim Sangtae & S. J. Karrila, Butterworth-Heinemann, Microhydrodynamics. Principles and selected applications, Boston, USA, 1991. ISBN 0-75069173-5 QA911.K55
- B. I. Barenblatt, Scaling, Self-similarity and intermediate asymptotics, Cambridge Univ. Press, Cambridge, UK, 1996. ISBN 0-521-43516-1

Perfil profesiográfico:

Quienes impartan esta actividad deberán contar con el grado de Maestro(a) o Doctor(a) o con la dispensa de grado otorgada por el Comité Académico, en alguna disciplina afín a los contenidos de esta actividad académica; experiencia académica o profesional relacionadas con la docencia en los campos del conocimiento del Programa. Tener producción académica o profesional reciente, demostrada con obra académica o profesional reconocida. Manejo y conocimiento de técnicas de enseñanza y aprendizaje.

ÓPTICA Y FOTÓNICA

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

PROGRAMA DE POSGRADO EN CIENCIAS FÍSICAS
MAESTRÍA EN CIENCIAS (FÍSICA)

Información Cuántica

Clave	Semestre	Créditos	Campo de conocimiento	Óptica y Fotónica
	1, 2 o 3	12		

Modalidad	**Curso (x) Taller ( ) Lab ( ) Sem ( )**	**Tipo**	**T (x) P ( ) T/P ( )**
Carácter	**Obligatorio ( ) Optativo (x)** **Obligatorio E ( ) Optativo E ( )**	**Horas**	

Duración del programa	**Semestral**	**Semana**	**Semestre**
		Teóricas: 6	**96**
		Prácticas: 0	**0**
		Total: 6	**96**

Objetivo general:

El alumno aprenderá a usar las herramientas de la mecánica cuántica para introducir y formular el uso de computación cuántica. Entenderá los conceptos fundamentales sin enfrentarse a muchos detalles técnicos, y adquirirá las herramientas necesarias para estudiar fenómenos de información, de transferencia y manipulación de información, y de computación cuánticas, así como de conocer a detalle sus ventajas sobre la manipulación de información clásica.

Objetivos específicos:

- Aprender a utilizar operadores de densidad, técnicas de medición, en particular aquellas en las que el sistema está en interacción con el entorno.
- Trabajar con compuertas lógicas y diseño de algoritmos computacionales.
- Conocer fenómenos como el enredamiento y la teleportación.
- Aplicar las técnicas de codificación de información y corrección de errores al transmitirla, todo ello dentro del formalismo de la mecánica cuántica (y su comparación y ventajas con el caso clásico).

Índice temático

	Tema	Horas semestre	
		Teóricas	Prácticas
1	**Motivación**	6	0
2	**Operadores**	9	0
3	**Operador de densidad**	6	0
4	**Medición en la mecánica cuántica**	9	0
5	**Enredamiento y elementos de la teoría de la información cuántica**	9	0
6	**Compuertas lógicas cuánticas**	9	0

7	**Algoritmos cuánticos**	15	0
8	**Teleportación y codificación superdensa**	9	0
9	**Criptografía cuántica**	12	0
10	**Ruido cuántico y corrección de errores**	12	0
	Total	**96**	**0**
	Suma total de horas	**96**	

Contenido Temático	
	Tema y subtemas
Unidad 1	**Motivación**
1.1	Necesidad de la computación cuántica
1.2	Información clásica
1.3	Compuertas clásicas
1.4	Entropía de Shannon
Unidad 2	**Operadores**
2.1	Producto interno y espacios de Hilbert
2.2	Esfera de Bloch y producto tensorial
2.3	q-bits
2.4	Observables y operadores hermitianos
2.5	Operadores unitarios
2.6	Descomposición espectral
2.7	Producto exterior
2.8	Operadores de Pauli
2.9	Valores de expectación
2.10	Principio de Heisenberg
Unidad 3	**Operador de densidad**
3.1	Operador de densidad para estados puros
3.2	Evolución temporal del operador de densidad
3.3	Operador de densidad para estados mixtos
3.4	Operador reducido
Unidad 4	**Medición en la mecánica cuántica**
4.1	Mediciones proyectivas
4.2	Mediciones de sistemas compuestos
4.3	Medidas positivas (POVM)
Unidad 5	**Enredamiento y elementos de la teoría de la información cuántica**
5.1	Sistemas enredados
5.2	Base de Bell
5.3	Representación de Pauli
5.4	Fidelidad
5.5	Concurrencia

5.6	Contenido de información y entropía
Unidad 6	**Compuertas lógicas cuánticas**
6.1	Compuertas de 1 q-bit
6.2	Compuertas controladas y generación de enredamiento
6.3	Compuertas universales
Unidad 7	**Algoritmos cuánticos**
7.1	Diagramas de circuitos cuánticos
7.2	Algoritmos de Deutsch y Deutsch-Josza
7.3	Algoritmo de estimación de fases
7.4	Transformada cuántica de Fourier
7.5	Algoritmo de cálculo de eigenvalores
7.6	Algoritmo de Shor
7.7	Algoritmo de Grover
7.8	Simulación cuántica de la ecuación de Schr¨odinger
Unidad 8	**Teleportación y codificación superdensa**
Unidad 9	**Criptografía cuántica**
9.1	Encripción
9.2	Protocolo BB84
9.3	Protocolo B92
9.4	Protocolo E91
9.5	Teorema de no-clonación
Unidad 10	**Ruido cuántico y corrección de errores**
10.1	Corrección clásica de errores
10.2	Contraseña clásica de 3 bits
10.3	Modelo de errores para computación cuántica
10.4	Codificación cuántica de 3 y 9 q-bits

Estrategias didácticas		**Evaluación del aprendizaje**	
Exposición	x	Exámenes parciales	x
Trabajo en equipo	x	Examen final	x
Lecturas	x	Trabajos y tareas	x
Trabajo de investigación		Presentación de tema	x
Prácticas (taller o laboratorio)		Participación en clase	
Prácticas de campo		Asistencia	
Aprendizaje por proyectos		Rúbricas	
Aprendizaje basado en problemas	x	Portafolios	
Casos de enseñanza		Listas de cotejo	
Otras (especificar)		Otras (especificar)	

Bibliografía básica:

- Benenti G., Casati G., Strini G.: Principles of Quantum Computation and Information, vol. I, World Scientic (2005).

- McMahon D.: Quantum Computing Explained, Wiley (2008).
- Nakahara M., Ohmi T.: Quantum Computing, From Linear Algebra to Physical realizations, CRC Press (2008).

Bibliografía complementaria:

- Nielsen M.A., Chuang I.L.: Quantum Computation and Quan- tum Information, Cambridge University Press (2001).
- Mermin D., Quantum Computation Lecture Notes, http://people.ccmr.cornell.edu/ mermin/qcomp/CS483.html.
- Preskill, J., Quantum Computation Lecture Notes, http://www.theory.caltech.edu/people/preskill/ph229/lecture.

Perfil profesiográfico:

Quienes impartan esta actividad deberán contar con el grado de Maestro(a) o Doctor(a) o con la dispensa de grado otorgada por el Comité Académico, en alguna disciplina afín a los contenidos de esta actividad académica; experiencia académica o profesional relacionadas con la docencia en los campos del conocimiento del Programa. Tener producción académica o profesional reciente, demostrada con obra académica o profesional reconocida. Manejo y conocimiento de técnicas de enseñanza y aprendizaje.

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

PROGRAMA DE POSGRADO EN CIENCIAS FÍSICAS
MAESTRÍA EN CIENCIAS (FÍSICA)

Óptica Geométrica

Clave	Semestre 1, 2 o 3	Créditos 8	Campo de conocimiento	Óptica y Fotónica
Modalidad	Curso (x) Taller ( ) Lab ( ) Sem ( )		Tipo	T (x) P ( ) T/P ( )
Carácter	Obligatorio ( ) Optativo (x) Obligatorio E ( ) Optativo E ( )		Horas	

Duración del programa	Semestral	Semana	Semestre
		Teóricas: 4	64
		Prácticas: 0	0
		Total: 4	64

Objetivo general:

El alumno adquirirá conocimientos fundamentales sobre los teoremas básicos de la óptica geométrica, el concepto de rayos y frentes de onda para la propagación de las ondas electromagnéticas y para la formación de imágenes en sistemas ópticos. Además, analizará la calidad de las imágenes en sistemas ópticos, a través del estudio de la formación de imágenes y la teoría de aberraciones

Objetivos específicos:

- Comprender los conceptos básicos y conocer las leyes fundamentales de la Óptica Geométrica para aplicarlos a la propagación de las ondas Electromagnéticas en sistemas ópticos macroscópicos y lineales.
- Entender y describir la formación de imágenes en diferentes sistemas ópticos, incluyendo sus defectos o aberraciones.
- Especificar las características ópticas de un sistema óptico para producir la distribución de luz en alguna región del espacio según sea requerido por un problema físico a resolver.
- Medir las propiedades básicas de un sistema óptico fabricado para caracterizarlo adecuadamente.

Índice temático

	Tema	Horas semestre	
		Teóricas	Prácticas
1	Fundamentos de óptica geométrica	8	0
2	Óptica geométrica de formación de imágenes	10	0
3	Formación de imágenes	10	0
4	Sistemas ópticos formadores de imágenes	12	0
5	Prismas	6	0
6	Teoría geométrica de aberraciones y calidad de imágenes	18	0
	Total	64	0
	Suma total de horas	64	

Contenido Temático	
	Tema y subtemas
Unidad 1	**Fundamentos de óptica geométrica**
1.1	Aproximación para longitudes de onda corta
1.2	Derivación de la ecuación eikonal
1.3	Rayos de luz y la ley de intensidad de la óptica geométrica
1.4	Límites de validez de la óptica geométrica
1.5	Propiedades generales de los rayos
1.6	La ecuación diferencial de los rayos de luz
1.7	Las leyes de reflexión y refracción, ángulo crítico
1.8	Índice de refracción, longitud de camino óptico, rayos y frentes de onda
1.9	Teoremas básicos de la óptica geométrica
1.10	Principio de Huygens
1.11	Principio de Fermat
1.12	Invariante integral de Lagrange
Unidad 2	**Óptica geométrica de formación de imágenes**
2.1	Óptica gaussiana
2.2	Refracción en superficies esféricas refractivas y reflectivas
2.3	Lentes gruesas
2.4	Lentes delgadas
2.5	Aproximación paraxial
2.6	Amplificación
2.7	Puntos y planos cardinales
Unidad 3	**Formación de imágenes**
3.1	Formación de imágenes paraxiales
3.2	Relaciones entre objeto e imagen, objeto real y virtual, imagen real y virtual
3.3	Trazo de rayos paraxial
3.4	Método matricial
3.5	Teoría de pupilas. Diafragmas, pupilas y viñeteo
3.6	Rayos principales y marginales
3.7	Abertura numérica, numero-f, campo de vista
3.8	Propagación de haces de luz en sistemas ópticos
Unidad 4	**Sistemas ópticos formadores de imágenes**
4.1	Sistemas afocales: telescopio kepleriano, telescopio galileano, telescopio astronómico
4.2	Microscopio
Unidad 5	**Prismas**
5.1	Diferentes tipos y sus aplicaciones
Unidad 6	**Teoría geométrica de aberraciones y calidad de imágenes**
6.1	Aberraciones
6.2	Trazo exacto de rayos
6.3	Aberraciones de rayo y aberraciones de onda
6.4	Aberraciones primarias (Seidel) en sistemas rotacionalmente simétricos
6.5	En las Artes y Arqueología
6.6	Aberraciones cromáticas
6.7	Rayos sagitales y tangenciales
6.8	Gráficas de aberraciones transversales y sagitales
6.9	Aberraciones primarias de una lente delgada
6.10	Diagrama de manchas

Estrategias didácticas		Evaluación del aprendizaje	
Exposición	x	Exámenes parciales	x
Trabajo en equipo		Examen final	
Lecturas	x	Trabajos y tareas	x
Trabajo de investigación		Presentación de tema	x
Prácticas (taller o laboratorio)		Participación en clase	x
Prácticas de campo		Asistencia	x
Aprendizaje por proyectos	x	Rúbricas	
Aprendizaje basado en problemas	x	Portafolios	
Casos de enseñanza		Listas de cotejo	
Otras (especificar)		Otras (especificar)	

Bibliografía básica:

- O´Shea D., Elements of modern optical design, Willey, Interscience., 1985.
- Hecht E. y Zajac A., Optics, Adisson-Wesley, 1974
- Smith W. J., Modern optical engineering, 2nd. ed. Mc Graw-Hill, 1993.
- W.T.Welford, Aberrations of Optical Systems,The Adam Hilger Series on Optics and Optoelectronics, 1986.
- Mahajan, Virendra H., “Optical imaging and aberrations”, Part I Ray Geometrical Optics, SPIE Press, The International Society for Optical Engineering, Bellingham, Washington, USA, 1998.
- Shannon R.R., The art and science of optical design, Cambridge University Press, 1997.

Bibliografía complementaria:

.

- Born M. y Wolf E., Principles of optics, Pergamon Press, 6ª. Ed., 1980.
- Ghatak yThyagarajan, Contemporary optics, Plenum Press, New York and London, 1978
- Jenkins, F.A. y White H.E., Fundamental of optics, McGraw-Hill, New York, 1965.
- Welford W. T., Geometrical optics, North-Holland Press, 1962

Perfil profesiográfico:

Quienes impartan esta actividad deberán contar con el grado de Maestro(a) o Doctor(a) o con la dispensa de grado otorgada por el Comité Académico, en alguna disciplina afín a los contenidos de esta actividad académica; experiencia académica o profesional relacionadas con la docencia en los campos del conocimiento del Programa. Tener producción académica o profesional reciente, demostrada con obra académica o profesional reconocida. Manejo y conocimiento de técnicas de enseñanza y aprendizaje.

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

PROGRAMA DE POSGRADO EN CIENCIAS FÍSICAS
MAESTRÍA EN CIENCIAS (FÍSICA)

Óptica no Lineal

Clave	Semestre 1, 2 o 3	Créditos 8	Campo de conocimiento	Óptica y Fotónica
Modalidad	Curso (x) Taller ( ) Lab ( ) Sem ( )		Tipo	T (x) P ( ) T/P ( )
Carácter	Obligatorio ( ) Optativo (x) Obligatorio E ( ) Optativo E ( )		Horas	

Duración del programa	Semestral	Semana	Semestre
		Teóricas: 4	64
		Prácticas: 0	0
		Total: 4	64

Objetivo general:

El alumno conocerá los conceptos básicos de óptica no lineal, hasta efectos de tercer orden y entenderá algunas aplicaciones importantes y actuales de estos efectos.

Objetivos específicos:

- Deducir la ecuación de propagación de ondas electromagnéticas en medios ópticos no lineales a partir de las ecuaciones de Maxwell.
- Derivar la densidad de polarización eléctrica en medios ópticos como función no lineal del campo electromagnético (específicamente del campo óptico de un haz láser) y en términos de las susceptibilidades ópticas del medio de órdenes superiores $\chi^{(n)}$.
- Implementar la aproximación de variaciones lentas de la envolvente óptica (SVEA-Slowly Varying Envelope Aproximation) para la simplificación de las ecuaciones diferenciales no lineales que dan origen a la ecuación de onda.
- Emplear los criterios físicos y de simetría (cristalografía) para la reducción y simplificación de los tensores de susceptibilidad ($\chi^{(2)}$ y $\chi^{(3)}$) de los materiales ópticos bajo estudio.
- Describir de forma general algunas de las aplicaciones expuestas en el curso.

Índice temático

	Tema	Horas semestre	
		Teóricas	Prácticas
1	**Revisión de las ecuaciones de Maxwell**	12	0
2	**Introducción a la Óptica No lineal**	12	0
3	**Cristales**	12	0
4	**Introducción a la óptica no lineal efectos de $\chi^{(2)}$**	14	0
5	**Introducción a la óptica no lineal, efectos de $\chi^{(3)}$**	14	0
	Total	**64**	**0**
	Suma total de horas	**64**	

Contenido Temático	
	Tema y subtemas
Unidad 1	**Revisión de las ecuaciones de Maxwell**
1.1	Derivación de la ecuación de onda en el espacio libre y en un medio Isotrópico, no-magnético y no-conductor (Dieléctrico homogéneo). Derivación de la ecuación de onda en medios Anisotrópicos, no-magnéticos y no-conductores
1.2	Propagación del campo óptico a lo largo y fuera de los distintos ejes principales en un material anisotrópico
1.3	Orígenes del índice de refracción y modelo de Lorentz
Unidad 2	**Introducción a la Óptica No lineal**
2.1	Orígenes del tensor de susceptibilidad óptica χ
2.2	Desarrollo completo de los vectores de polarización no lineales de primer orden $p_{1,2,3}^{NL}$ y relación con los tensores $d_{i,j,k} \leftrightarrow \chi_{i,j,k}$
Unidad 3	**Cristales**
3.1	Clasificación general de los grupos cristalográficos, grupos puntuales y de sus correspondientes tensores de susceptibilidad óptica de segundo orden
3.2	Determinación del coeficiente efectivo no lineal d_{eff} (como ejemplo general se analiza el caso especial de un cristal de cuarzo)
3.3	Análisis de la condición de empatamiento de fases del tipo I y II en cristales tanto negativos como positivos
Unidad 4	**Introducción a la óptica no lineal efectos de $\chi^{(2)}$**
4.1	Generación de segundo Harmónico (SHG) y el método de las franjas de *Maker*
4.2	Aplicación de la aproximación SVEA
4.3	Condiciones materiales, geométricas y tolerancia de incidencia angular para el empatamiento de fase en SHG
4.4	Aplicaciones de generación de segundo harmónico: Técnica de auto-correlación para medición de pulsos cortos
4.5	Teoría general de interacción de tres ondas
4.6	Relaciones de *Manley-Rowe* (conservación de la energía)
4.7	Amplificación paramétrica y conversión óptica “up” y “down”, suma y diferencia de frecuencias ópticas
4.8	Aplicación en guiado de ondas por medio de efectos de cuasi-empatamiento de fase óptica (QPM)
4.9	Efectos electro-ópticos: lineal y cuadrático
4.10	Descripción del efecto *Pockels* y aplicaciones (celdas *Pockels* y pantallas de cristales líquidos)
4.11	Descripción del efecto *Kerr*-óptico y aplicaciones
Unidad 5	**Introducción a la óptica no lineal, efectos de $\chi^{(3)}$**
5.1	Índice de refracción no lineal (n_2) dependiente de la intensidad láser y absorción no lineal
5.2	Efectos térmicos inducidos
5.3	La ecuación de onda con no linealidades de segundo orden
5.4	Refracción y absorción no lineal y la técnica del z-scan
5.5	Fenómenos de Auto-enfocamiento y auto-desenfocamiento y Automodulación de fase óptica (Aplicaciones en confinamiento óptico en fibras ópticas)
5.6	Introducción al mezclado de cuatro ondas y conjugación de fase óptica
5.7	Introducción general a la teoría del esparcimiento (Teoría de *Rayleight* y de esparcimiento espontáneo)
5.8	Introducción al esparcimiento no lineal de Brillouin y de Raman

Estrategias didácticas		Evaluación del aprendizaje	
Exposición	X	Exámenes parciales	x
Trabajo en equipo		Examen final	
Lecturas		Trabajos y tareas	x
Trabajo de investigación		Presentación de tema	
Prácticas (taller o laboratorio)		Participación en clase	x
Prácticas de campo		Asistencia	x
Aprendizaje por proyectos		Rúbricas	
Aprendizaje basado en problemas	x	Portafolios	
Casos de enseñanza		Listas de cotejo	
Otras (especificar)		Otras (especificar)	

Bibliografía básica:

- J. D. Jackson, Classical Electrodynamics. John Wiley & sons Inc. 1975.
- Reitz & Milford, Foundations of Electromagnetic Theory. Addison Wesley, 1984.
- R. W. Boyd, Nonlinear Optics. Academic Press, Inc. 1992.
- Yu. P. & N. I. Zheludev, Polarization of Light in Nonlinear Optics. John Wiley & sons Inc. 1998.
- G. P. Agrawal, Nonlinear Fiber Optics. Academic Press, Inc. 1989.
- C. Kittel, Introduction to Solid State Physics. John Wiley & sons Inc. 1996.
- F. Zernike & J. E. Midwinter, Applied Nonlinear Optics. John Wiley & sons Inc. 1973.
- A. Newell & J. Moloney, Nonlinear Optics. Addison Wesley, 1992.
- P. N. Butcher & D. Cotter, The elements of Nonlinear Optics. Cambridge University Press, 1990.
- Y. R. Shen,The Principles of Nonlinear Optics. Wiley, 1984.
- A. Yariv, Quantum Electronics. John Wiley & sons Inc. 1984.
- D. L. Mills, Nonlinear Optics. Springer Verlag, 1991.
- A. Yariv & P. Yeh, Optical Waves in Crystals. John Wiley & Sons Inc. 1984.
-

Bibliografía complementaria:

- N. Bloembergen, Nonlinear Optics. W. A. Benjamin Inc. 1965.
- J. A. Armstrong, N. Bloembergen, J. Ducuing, P. S. Pershan, Phys. Rev 127 (6), 1918 (1962).
- J. J. Rousseau, Basic Cristallography. John Wiley & sons Inc. 1995.
- J. F. Nye, The physical Properties of Crystals. Clarendon Press, Oxford, 1985.
- M. Manley & E. Rowe, Proc. IRE 47, 2111 (1959).
- C. Roulliere, Femtosecond Laser Pulses. Springer Verlag, 1998.
- B. A. Saleh & M. C. Teich, Fundamentals of Photonics. John Wiley & sons Inc. 1991.
- P. N. Prasad, D. J. Williams, Introduction to nonlinear optical effects in molecules and polymers. John Wiley & Sons, Inc. 1991.
- H. S. Nalwa, S. Miyata. Nonlinear Optics of Organic Molecules. CRS Press Inc. 1997.
- G. H. Wagniere, Linear and Nonlinear Optical Properties of Molecules. VCH, 1993..

Perfil profesiográfico:

Quienes impartan esta actividad deberán contar con el grado de Maestro(a) o Doctor(a) o con la dispensa de grado otorgada por el Comité Académico, en alguna disciplina afín a los contenidos de esta actividad académica; experiencia académica o profesional relacionadas con la docencia en los campos del conocimiento del Programa. Tener producción académica o profesional reciente, demostrada con obra académica o profesional reconocida. Manejo y conocimiento de técnicas de enseñanza y aprendizaje.

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

PROGRAMA DE POSGRADO EN CIENCIAS FÍSICAS
MAESTRÍA EN CIENCIAS (FÍSICA)

Polarización y Polirametría

Clave	Semestre 1, 2 o 3	Créditos 8	Campo de conocimiento	Óptica y Fotónica
Modalidad	Curso (x) Taller ( ) Lab ( ) Sem ( )		Tipo	T (x) P ( ) T/P ( )
Carácter	Obligatorio ( ) Optativo (x) Obligatorio E ( ) Optativo E ( )		Horas	

Duración del programa	Semestral	Semana	Semestre
		Teóricas: 4	64
		Prácticas: 0	0
		Total: 4	64

Objetivo general:

El alumno adquirirá conocimientos básicos en las áreas de polarización de la luz y polarimetría, de manera que puedan aplicarlos tanto en investigaciones teóricas como aplicadas.

Objetivos específicos:

- Introducir los conceptos básicos en las áreas de polarización de la luz y polarimetría.
- Aprender los formalismos utilizados para describir el estado de polarización y las propiedades polarizantes de objetos y medios.
- Estudiar las anisotropías que afectan el estado de polarización en diferentes medios.
- Conocer el funcionamiento de algunos componentes y dispositivos ópticos utilizados para controlar el estado de polarización de la luz.
- Familiarizarse con algunas de las técnicas utilizadas para la medición del estado de polarización de la luz y las propiedades polarizantes de objetos y medios.

Índice temático

	Tema	Horas semestre	
		Teóricas	Prácticas
1	La elipse de polarización	5	0
2	Formalismos usados en el estudio de la polarización	12	0
3	Anisotropía estructural y por esfuerzos inducidos	10	0
4	Componentes y dispositivos que utilizan anisotropía óptica	10	0
5	Métodos de medición de los parámetros de Stokes	9	0
6	Polarimetría de Stokes	9	0
7	Polarimetría de Mueller	9	0
	Total	64	0
	Suma total de horas	64	

Contenido Temático	
	Tema y subtemas
Unidad 1	**La elipse de polarización**
1.1	El campo instantáneo y la elipse de polarización
1.2	Formas degeneradas de la elipse de polarización
1.3	Descripción paramétrica de la elipse de polarización
Unidad 2	**Formalismos usados en el estudio de la polarización**
2.1	Formalismo de Jones
2.2	Formalismo de Stokes–Mueller
2.3	La esfera de Poincaré
2.4	Matriz de coherencia
Unidad 3	**Anisotropía estructural y por esfuerzos inducidos**
3.1	Birrefringencia
3.2	Efectos electro-ópticos
3.3	Efectos foto-elásticos
3.4	Efectos magneto-ópticos
Unidad 4	**Componentes y dispositivos que utilizan anisotropía óptica**
4.1	Polarizadores y separadores de los estados de polarización
4.2	Despolarizadores
4.3	Dispositivos retardadores de fase
4.4	Componentes interferométricas
4.5	Aisladores ópticos
Unidad 5	**Métodos de medición de los parámetros de Stokes**
5.1	Método del retardador de λ/4 y un polarizador lineal
5.2	Método de intensidad nula
5.3	Análisis de Fourier usando un retardador de λ/4 rotatorio
5.4	Prueba sencilla para determinar el estado de polarización de un haz de luz
Unidad 6	**Polarimetría de Stokes**
6.1	Polarimetría con elementos rotatorios
6.2	Polarimetría con elementos oscilatorios
6.3	Polarimetría con modulación de fase
6.4	Técnicas para la medición simultanea de los elementos del vector de Stokes
Unidad 7	**Polarimetría de Mueller**
7.1	1Método de Bickel y Bailey
7.2	Polarimetría con dos retardadores rotatorios
7.3	Otros métodos de polarimetría de Mueller

Estrategias didácticas		**Evaluación del aprendizaje**	
Exposición	X	Exámenes parciales	X
Trabajo en equipo		Examen final	X
Lecturas		Trabajos y tareas	
Trabajo de investigación		Presentación de tema	
Prácticas (taller o laboratorio)		Participación en clase	X
Prácticas de campo		Asistencia	X
Aprendizaje por proyectos		Rúbricas	
Aprendizaje basado en problemas	x	Portafolios	
Casos de enseñanza		Listas de cotejo	
Otras (especificar)		Otras (especificar)	

Bibliografía básica:

- E. Hecht, Optics, 3rd. edition (Addison–Wesley, 1998).
- D. H. Goldstein, Polarized Light, 3rd. edition (CRC Press, 2011).
- R. M. A. Azzam and N. M. Bashara, Ellipsometry and Polarized Light (North Holland, 1977).
- C. Brosseau, Fundamentals of Polarized Light (John Wiley & Sons, 1998).
- S. Huard, Polarization of Light (John Wiley, 1997).

Bibliografía complementaria:

- Jose Jorge Gil Perez and Razvigor Ossikovski, Polarized light and the Mueller Matrix Approach, Series in Optics and Optoelectronics (Taylor&Francis Group, LLC, 2016).
- Emil Wolf, Theory of Coherence and Polarization of Light, (Cambridge University Press, 2007).

Perfil profesiográfico:

Quienes impartan esta actividad deberán contar con el grado de Maestro(a) o Doctor(a) o con la dispensa de grado otorgada por el Comité Académico, en alguna disciplina afín a los contenidos de esta actividad académica; experiencia académica o profesional relacionadas con la docencia en los campos del conocimiento del Programa. Tener producción académica o profesional reciente, demostrada con obra académica o profesional reconocida. Manejo y conocimiento de técnicas de enseñanza y aprendizaje.

MAESTRÍA EN CIENCIAS (FÍSICA MÉDICA)

ACTIVIDADES OBLIGATORIAS

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

PROGRAMA DE POSGRADO EN CIENCIAS FÍSICAS
MAESTRÍA EN CIENCIAS (FÍSICA MÉDICA)

Física de Radiaciones y Dosimetría					
Clave	**Semestre** **1**	**Créditos** **6**	**Campo de conocimiento**	**Física Médica y Biológica**	
Modalidad	**Curso (X) Taller ( ) Lab ( ) Sem ( )**			**Tipo**	**T (X) P ( ) T/P ( )**
Carácter	**Obligatorio (X) Optativo ()** **Obligatorio E ( ) Optativo E ( )**			**Horas**	
Duración del programa	**semestral**			**Semana**	**Semestre**
				Teóricas 3	**48**
				Prácticas 0	**0**
				Total 3	**48**

Objetivo general:

El alumno adquirirá una visión profunda y completa de la física de las radiaciones ionizantes como base para un trabajo detallado y preciso de dosimetría.

Objetivos específicos:

Conocer los procesos físicos que determinan la interacción de la radiación con la materia, así como, los procesos que originan la emisión radiactiva y la producción de rayos X.

Índice temático

	Tema	**Horas semestre**	
		Teóricas	**Prácticas**
1	**Interacción de la radiación con la materia I**	9	0
2	**Interacción de la radiación con la materia II**	9	0
3	**Interacción de partículas cargadas con la materia**	10	0
4	**Dosimetría I**	10	0
5	**Dosimetría II**	10	0
	Total	**48**	**0**
	Suma total de horas	**48**	

Contenido Temático	
	Tema y subtemas
Unidad 1	**Interacción de la radiación con la materia I**
1.1	Radiación ionizante
1.2	Magnitudes que describen la interacción de la radiación con la materia
1.3	Atenuación exponencial
Unidad 2	**Interacción de la radiación con la materia II**
2.1	Equilibrio de partícula cargada y equilibrio de radiación
2.2	Transformaciones radiactivas, valor Q
2.3	Decaimiento radiactivo
Unidad 3	**Interacción de partículas cargadas con la materia**
3.1	Interacciones de partículas cargadas con la materia
3.2	Interacciones de rayos gamma y X con la materia
3.3	Producción de rayos X y calidad de la radiación, clasificación del NIST
Unidad 4	**Dosimetría I**
4.1	Teoría de cavidades
4.1.1	Fundamentos de la dosimetría
4.1.2	Cámaras de ionización
Unidad 5	**Dosimetría II**
5.1	Dosimetría y calibración de haces de fotones y electrones con CI
5.2	Dosímetros integradores
5.3	Interacción de neutrones con la materia y dosimetría

Estrategias didácticas		Evaluación del aprendizaje	
Exposición		Exámenes parciales	x
Trabajo en equipo		Examen final	x
Lecturas	x	Trabajos y tareas	x
Trabajo de investigación		Presentación de tema	
Prácticas (taller o laboratorio)		Participación en clase	x
Prácticas de campo		Asistencia	x
Aprendizaje por proyectos		Rúbricas	
Aprendizaje basado en problemas	x	Portafolios	
Casos de enseñanza		Listas de cotejo	
Otras (especificar)		Otras (especificar)	

Bibliografía básica:

- Attix F. H., Introduction to Radiological Physics and Radiation Dosimetry, WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim , 2008.
- Andreo P, Burns DT, Nahum AE, Seuntjens J, Attix FH, Fundamentals of Ionizing radiation Dosimetry, 2017, Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA.
- Greening J. R., Fundamentals of Radiation Dosimetry (Medical Physics Handbook 15), CRC Press, 2017.
- Podgorsak E.B. Radiation Physics for Medical Physicists 2nd Ed. Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2010
- Kissick M.W., Fakhraei S. Lectures on Radiation Dosimetry Physics. Medical Physics Pub Corp, 2016

Bibliografía complementaria: • Horowitz Y. S., *Thermoluminescence and Thermoluminescent Dosimetry*, CRC Press, 1984.
Perfil Profesiográfico: Quienes impartan esta actividad deberán contar con el grado de Maestro(a) o Doctor(a) o con la dispensa de grado otorgada por el Comité Académico, en alguna disciplina afín a los contenidos de esta actividad académica; experiencia académica o profesional relacionadas con la docencia en los campos del conocimiento del Programa. Tener producción académica o profesional reciente, demostrada con obra académica o profesional reconocida. Manejo y conocimiento de técnicas de enseñanza y aprendizaje.

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

PROGRAMA DE POSGRADO EN CIENCIAS FÍSICAS
MAESTRÍA EN CIENCIAS (FÍSICA MÉDICA)

Introducción a la Anatomía y Fisiología Humana					
Clave	**Semestre** **1**	**Créditos** **6**	**Campo de conocimiento**	**Física Médica y Biológica**	
Modalidad	**Curso (X) Taller ( ) Lab ( ) Sem ( )**			**Tipo**	**T (X) P ( ) T/P ( )**
Carácter	**Obligatorio (X) Optativo ( )** **Obligatorio E ( ) Optativo E ( )**			**Horas**	
Duración del programa	**semestral**			**Semana**	**Semestre**
				Teóricas 3	**48**
				Prácticas 0	**0**
				Total 3	**48**

Objetivo general:

El alumno aprenderá los conocimientos básicos para que entienda la estructura del cuerpo humano, su funcionamiento normal y las alteraciones más comunes en el proceso de enfermedad.

Objetivos específicos:

- Interpretar la terminología médica común a partir del conocimiento de sus raíces griegas y latinas.
- Identificar las estructuras anatómicas del cuerpo humano.
- Definir los órganos de los sistemas principales.
- Describir los mecanismos fisiológicos de mantenimiento, crecimiento y reparación.
- Correlacionar las estructuras anatómicas y las funciones fisiológicas con las técnicas de imagen radiológica utilizadas actualmente para su visualización: Rayos X (R-X), Tomografía Computarizada (CT), Resonancia Magnética (RM), Ultrasonido (US) y Medicina Nuclear (MN).

Índice temático

	Tema	**Horas semestre**	
		Teóricas	**Prácticas**
1	**Anatomía**	21	0
2	**Fisiología**	24	0
3	**Ética médica y científica**	3	0
	Total	**48**	**0**
	Suma total de horas	**48**	

Contenido Temático	
Tema y subtemas	
Unidad 1	**Anatomía**
1.1	Introducción al estudio de la anatomía
1.1.1	Términos anatómicos, prefijos y sufijos
1.1.2	Planimetría anatómica
1.1.3	Anatomía descriptiva
1.1.4	Anatomía topográfica
1.2	Anatomía radiológica
1.2.1	Forma y aspecto radiológico (R-X, CT, RM, US y MN)
1.2.2	Estructuras óseas
1.2.3	Cerebro y Sistema nervioso central
1.2.4	Tórax, Abdomen y Pelvis
1.2.5	Sistemas respiratorio, digestivo, urinario, reproductivo
1.2.6	Sistemas circulatorio, linfático, endócrino
Unidad 2	**Fisiología**
2.1	Introducción a los Sistemas Fisiológicos
2.2	Biofísica Molecular y Biofísica de la Membrana Celular
2.3	Excitabilidad y Sinapsis
2.4	Biofísica del Músculo Esquelético
2.5	Biofísica Cardiaca
2.6	Reología de la Sangre
2.7	El Sistema Vascular: patrones del flujo sanguíneo en varias partes de la circulación
2.8	Monitorización del Sistema Cardiovascular
2.9	Biofísica de la Respiración
2.10	Biofísica Renal y Diálisis
2.11	Organización del Sistema Nervioso Central
2.12	Biofísica del Sistema de los Sentidos—Generalidades
2.13	Visión
2.14	Audición y el Sentido Vestibular
Unidad 3	**Ética médica y científica**
3.1	Principios éticos básicos
3.2	Código de Nûremberg, Declaración de Helsinki, Ley General de Salud
3.3	Plagio, conflictos de interés, mala conducta científica

Estrategias didácticas		Evaluación del aprendizaje	
Exposición		Exámenes parciales	x
Trabajo en equipo		Examen final	x
Lecturas	x	Trabajos y tareas	x
Trabajo de investigación	x	Presentación de tema	
Prácticas (taller o laboratorio)		Participación en clase	x
Prácticas de campo		Asistencia	x
Aprendizaje por proyectos		Rúbricas	
Aprendizaje basado en problemas		Portafolios	
Casos de enseñanza	x	Listas de cotejo	
Otras (especificar)		Otras (especificar)	

Bibliografía básica:

- Gary. Anatomía para estudiantes. R. L. Drake A. W. Vogl, A.W.M. Mitchell. Elsevier 3ª Ed. 2015
- Physiology, Biophysics, and Biomedical Engineering. Wood, Andrew. Taylor & Francis (CRC), 2012.
- Anatomía con orientación clínica. K.L. Moore, A.F. Dailey, A.M.R Agur. LLW 7ª Ed. 2013.
- Netter Anatomía Radiológica Esencial. E.C. Weber, J.A. Vilensky, S.W. Carmichael, K.S. Lee. Elsevier.Masson 2ª Ed. 2014.
- Costanzo L.S. Physiology. Elsevier 6th Ed 2018.
- Academic Integrity at MIT: a Handbook for Students. Massachusetts Institute of Tecnology, 2018. (Integrity.mit.edu/sites/default/files/documents/AcademicIntegrityHandbook2018-color.pdf)

Bibliografía complementaria:

- Boron W.F., Boulpaep. Medical Physiology. Sauders Elsevier 2012.

Perfil Profesiográfico:

Quienes impartan esta actividad deberán contar con el grado de Maestro(a) o Doctor(a) o con la dispensa de grado otorgada por el Comité Académico, en alguna disciplina afín a los contenidos de esta actividad académica; experiencia académica o profesional relacionadas con la docencia en los campos del conocimiento del Programa. Tener producción académica o profesional reciente, demostrada con obra académica o profesional reconocida. Manejo y conocimiento de técnicas de enseñanza y aprendizaje.

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

PROGRAMA DE POSGRADO EN CIENCIAS FÍSICAS
MAESTRÍA EN CIENCIAS (FÍSICA MÉDICA)

Introducción a la Instrumentación y Señales

Clave	Semestre	Créditos	Campo de conocimiento	
	1	8		Física Médica y Biológica

Modalidad	**Curso (X) Taller ( ) Lab ( ) Sem ( )**	**Tipo**	**T ( ) P ( ) T/P (x)**
Carácter	**Obligatorio (X) Optativo ( )** **Obligatorio E ( ) Optativo E ( )**	**Horas**	

Duración del programa	**semestral**	**Semana**	**Semestre**
		Teóricas 3	**48**
		Prácticas 1	**16**
		Total 4	**64**

Objetivo general:

El alumno estudiará aspectos fundamentales de la instrumentación, adquisición y análisis de señales.

Objetivos específicos:

- Conocer los sistemas lineales, medición, generación y análisis de señales e imágenes.
- Identificar las particularidades de sensores, dispositivos analógicos y digitales.
- Analizar errores e incertidumbres.

Índice temático

	Tema	Horas semestre	
		Teóricas	**Prácticas**
1	**Introducción**	6	0
2	**Procesamiento de señales**	12	0
3	**Instrumentación**	12	0
4	**Tópicos generales**	18	0
5	**Prácticas de laboratorio**	0	16
	Total	**48**	**16**
	Suma total de horas	**64**	

Contenido Temático	
Tema y subtemas	
Unidad 1	**Introducción**
1.1	Introducción y aspectos generales de la instrumentación
1.2	Información espacio-temporal, y características de las señales
1.3	Fundamentos de la teoría de sistemas lineales: transformada de Fourier
Unidad 2	**Procesamiento de señales**
2.1	Sistemas e instrumentos de orden 0 y 1, respuesta a impulso
2.2	Electrónica básica, impedancia, circuitos eléctricos
2.3	Instrumentación para procesamiento y análisis de señales y filtrado
Unidad 3	**Instrumentación**
3.1	Instrumentación básica de laboratorio, fuentes de ruido
3.2	Transducción y sensores.
3.3	Circuitos y sistemas digitales, conversión A/D y D/A
Unidad 4	**Tópicos generales** **A escoger entre:**
4.1	Calibración de instrumentos y control de calidad
4.2	Introducción al procesamiento de imágenes en 2D y 3D
4.3	Métodos de Montecarlo (muestreo estadístico)
4.4	Instrumentación biomédica y cirugía asistida por computadora
Unidad 5	**Prácticas de laboratorio**
5.1	Prácticas de laboratorio recomendadas, a elección del profesor: Nociones de programación; introducción a Matlab; modulación en frecuencia, amplitud y fase; filtrado básico en dominio temporal (suavizado); entradas y salidas a archivos de datos; imágenes y su despliegue; transformada de Fourier compleja de una señal y su interpretación; regresión lineal y ajuste de polinomios a un conjunto de datos; uso de funciones de graficación en 2 y 3 dimensiones; manipulación básica de una imagen en Matlab; uso y manipulación de mapas de color; estimación del histograma de una imagen y aplicaciones en realce y segmentación; uso de Matlab para resolver ecuaciones diferenciales ordinarias, integrales y sistemas de ecuaciones; demostración de circuitos electrónicos básicos y amplificadores operacionales; demostración de instrumentación electrónica básica; circuitos digitales: compuertas lógicas básicas, amplificador de instrumentación y construcción de un cardiógrafo básico; adquisición y procesamiento de señales biomédicas (biopotenciales); obtención de Pi mediante un método de Monte Carlo; evaluación del error.

Estrategias didácticas		Evaluación del aprendizaje	
Exposición		Exámenes parciales	x
Trabajo en equipo	x	Examen final	x
Lecturas	x	Trabajos y tareas examen	x
Trabajo de investigación		Presentación de tema	
Prácticas (taller o laboratorio)	x	Participación en clase	x
Prácticas de campo		Asistencia	x
Aprendizaje por proyectos		Rúbricas	
Aprendizaje basado en problemas		Portafolios	
Casos de enseñanza		Listas de cotejo	
Otras (especificar)		Otras (especificar)	

Bibliografía básica:

- Blackburn J. A., Modern Instrumentation for Scientists and Engineers, Springer Verlag, 2000.
- Kutz M. (editor), Standard Handbook of Biomedical Engineering and Design, McGraw-Hill, 2003.
- Sydenham P. H., Handbook of Measurement Science, John Wiley and Sons, New York, 1992.
- Webster J., Encyclopedia of Medical Devices and Instrumentation, John Wiley and Sons, 3rd edition, 1984.
- Brown B. y y Otros, Medical Physics and Biomedical Engineering, Institute of Physics Publishing, 1999.
- Blanchard S. y Otros, Introduction to Biomedical Engineering, Academic Press, 1999.

Bibliografía complementaria:

- Moore J. y y Otros, Building scientific apparatus, Addison Wesley, New York, 1998.
- Webster J. (editors) y et-al, Medical Instrumentation: Application and Design, 3rd edition, John Wiley and Sons, 1997.
- Pallás-Areny R. y Webster J. G., Sensors and signal conditioning, John Wiley and Sons, New York, 1991.
- Tatsuo T. y P. Ake Öberg, Biomedical Transducers and Instruments, CRC Press, 2004

Perfil Profesiográfico:

Quienes impartan esta actividad deberán contar con el grado de Maestro(a) o Doctor(a) o con la dispensa de grado otorgada por el Comité Académico, en alguna disciplina afín a los contenidos de esta actividad académica; experiencia académica o profesional relacionadas con la docencia en los campos del conocimiento del Programa. Tener producción académica o profesional reciente, demostrada con obra académica o profesional reconocida. Manejo y conocimiento de técnicas de enseñanza y aprendizaje.

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

PROGRAMA DE POSGRADO EN CIENCIAS FÍSICAS
MAESTRÍA EN CIENCIAS (FÍSICA MÉDICA)

Laboratorio de Dosimetría					
Clave	**Semestre** 1	**Créditos** 3	**Campo de conocimiento**	**Física Médica y Biológica**	
Modalidad	**Curso ( ) Taller ( ) Lab (X) Sem ( )**			**Tipo**	**T ( ) P (X) T/P ( )**
Carácter	**Obligatorio (X) Optativo ( )** **Obligatorio E ( ) Optativo E ( )**			**Horas**	
Duración del programa	**semestral**			**Semana**	**Semestre**
				Teóricas 0	**0**
				Prácticas 1.5	**24**
				Total 1.5	**24**

Objetivo general:

El alumno aprenderá y pondrá en práctica las técnicas dosimétricas de radiación ionizante más comunes en el área médica.

Objetivos específicos:

Conocer los fundamentos de la dosimetría y las técnicas más comunes para medición de la dosis y el cálculo de su incertidumbre.

Índice temático

	Tema	**Horas semestre**	
		Teóricas	**Prácticas**
1	Evaluación de incertidumbres	0	6
2	Dosimetría con cámara de ionización	0	6
3	Dosimetría termoluminiscente	0	6
4	Dosimetría con películas radiocrómicas	0	6
	Total	**0**	**24**
	Suma total de horas	**24**	

Contenido Temático	
	Tema y subtemas
Unidad 1	**Evaluación de incertidumbres**
1.1	Incertidumbres
1.2	Exactitud, precisión y sensibilidad
1.3	Cálculo de incertidumbres
1.4	Representación gráfica de resultados: ajustes
1.5	Ejemplos de cálculo de incertidumbres
Unidad 2	**Dosimetría con cámara de ionización**
2.1	Teoría de la dosimetría con cámara de ionización
2.2	Práctica de dosimetría con cámara de ionización irradiada con rayos X
Unidad 3	**Dosimetría termoluminiscente**
3.1	Teoría de la dosimetría termoluminiscente
3.2	Práctica de dosimetría TLD-100 utilizando una fuente de Sr/Y
Unidad 4	**Dosimetría con películas radiocrómicas**
4.1	Teoría de la dosimetría con película radiocrómica
4.2	Práctica de dosimetría con película radiocrómica irradiada con Co-60

Estrategias didácticas		Evaluación del aprendizaje	
Exposición		Exámenes parciales	
Trabajo en equipo	X	Examen final	
Lecturas		Trabajos y tareas	X
Trabajo de investigación		Presentación de tema	
Prácticas (taller o laboratorio)	X	Participación en clase	X
Prácticas de campo		Asistencia	X
Aprendizaje por proyectos		Rúbricas	
Aprendizaje basado en problemas	X	Portafolios	
Casos de enseñanza		Listas de cotejo	
Otras (especificar)		Otras (especificar)	

Bibliografía básica:

- **Incertidumbres:**
- Bureau International des Poids et Mesures, Evaluation of mesaurement data. Guide to the expression of uncertainty in measurement. 2008. (GUM 1995 with minor corrections) www.bipm.org/utils/common/documents/jcgm/JCGM_100_2008_E.pdf
- ANSI/NCSL Z540-2-1997 1997 US Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement, American National Standard for Expressing Uncertainty (Boulder, CO: NCSL)
- “Evaluation of Measurement Data—Supplement 1 to the Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement,” Propagation of Distributions Using a Monte Carlo Method, Joint Committee for Guides in Metrology."
- **Dosimetría TL:**J. Zoetelief, *Recommendations for patient dosimetry in diagnostic radiology using TLD*, EUR 19604, European Commission, 2000.

- **Películas dosimétricas:** Devic, Slobodan, Nada Tomic, and David Lewis. "Reference radiochromic film dosimetry: review of technical aspects." *Physica Medica* 32.4 (2016): 541-556.
- **Cámaras de ionización:** Ma, C- M., et al. "AAPM protocol for 40–300 kV x- ray beam dosimetry in radiotherapy and radiobiology." *Medical physics* 28.6 (2001): 868-893.

Bibliografía complementaria:

- Attix F. H., Introduction to Radiological Physics and Radiation Dosimetry, John Wiley & Sons, USA, 1986.
- Andreo P, Burns DT, Nahum AE, Seuntjens J, Attix FH, Fundamentals of Ionizing radiation Dosimetry, 2017, Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA.
- Mitch M G, DeWerd L A, Minniti R and Williamson J F 2009 Clinical Dosimetry Measurements in Radiotherapy; Treatment of Uncertainties in Radiation Dosimetry (USA: AAPM College Park) (www.nist.gov/customcf/get_pdf.cfm?pub_id=901333)
- Nien Fan Zhang, The uncertainty associated with the weighted mean of measurement data, Metrologia 43 (2006) 195–204
- Andrew L Rukhin, Weighted means statistics in interlaboratory studies, Metrologia 46 (2009) 323–331
- Ma, C-M., et al. AAPM protocol for 40–300 kV x-ray beam dosimetry in radiotherapy and radiobiology. Med Phys 28(6) (2001): 868-893.
- Determinación de la dosis absorbida en radioterapia con haces externos, UN código de Práctica Internacional…, IAEA, TRS 398 (2000)
- S. W. S. McKeever, M. Moscovitch, Peter David Townsend, Thermoluminescence dosimetry materials: properties and uses, Nuclear Technology Pub., 1995.
- G Massillon-JL, I Gamboa-deBuen and M E Brandan, Onset of supralinear response in TLD-100 exposed to ^{60}Co gamma-rays, J. Phys. D: Appl. Phys. **39** 262-268 (2006).
- J. Zoetelief, *Recommendations for patient dosimetry in diagnostic radiology using TLD*, EUR 19604, European Commission, 2000.
- G Massillon-JL, I D Muñoz-Molina and P Díaz-Aguirre, “Optimum absorbed dose versus energy response of Gafchromic EBT2 and EBT3 films exposed to 20–160 kV x-rays and ^{60}Co gamma”, Biomed. Phys. Eng. Express 2 (2016) 045005
- G Massillon-JL and L Zúñiga-Meneses, “The response of the new MD-V2_55 radiochromic film exposed to 60Co gamma rays”, *Phys. Med. Biol.*, 55 5437-5449 (2010).
- Slobodan Devic, Radiochromic film dosimetry: Past, present, and future, Physica Medica 27 122-134 (2011) KGaA.

Perfil Profesiográfico:

Quienes impartan esta actividad deberán contar con el grado de Maestro(a) o Doctor(a) o con la dispensa de grado otorgada por el Comité Académico, en alguna disciplina afín a los contenidos de esta actividad académica; experiencia académica o profesional relacionadas con la docencia en los campos del conocimiento del Programa. Tener producción académica o profesional reciente, demostrada con obra académica o profesional reconocida. Manejo y conocimiento de técnicas de enseñanza y aprendizaje.

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

PROGRAMA DE POSGRADO EN CIENCIAS FÍSICAS
MAESTRÍA EN CIENCIAS (FÍSICA MÉDICA)

Principios de Biología Celular					
Clave	**Semestre 1**	**Créditos 6**	**Campo de conocimiento:**	**Física Médica y Biológica**	
Modalidad	**Curso (X) Taller ( ) Lab ( ) Sem ( )**		**Tipo**	**T ( ) P ( ) T/P (X)**	
Carácter	**Obligatorio (X) Optativo ( )** **Obligatorio E ( ) Optativo E ( )**		**Horas**		
Duración del programa	**semestral**		**Semana**		**Semestre**
			Teóricas 2		**32**
			Prácticas 1		**16**
			Total 3		**48**

Objetivo general:

El alumno se familiarizará con la estructura y funcionamiento de la célula, así como los biocomponentes que la constituyen y que entienda los efectos a nivel biomolecular de la radiación, y el impacto en la estructura y función de los diferentes organelos en respuesta a este efecto.

Objetivos específicos:

- Conocer los conceptos básicos de la biología celular; así como la composición celular, su organización, su estructura y su función.
- Aplicar dichos conocimientos para inferir los efectos de la radiación sobre los organelos celulares al interaccionar con las diferentes biomoléculas que los conforman.
- Comprender la interacción de la radiación ionizante no solo a nivel molecular, sino además inferirá la respuesta celular a dicha interacción.

Índice temático

	Tema	**Horas semestre**	
		Teóricas	**Prácticas**
1	**Qué es la vida, la célula y su composición**	**5**	**0**
2	**Composición de los seres vivos y estructura celular**	**3**	**3**
3	**Características de los sistemas biológicos**	**3**	**3**
4	**Radiación y radicales libres**	**3**	**3**
5	**Membrana citoplasmática como organelo**	**6**	**0**
6	**Citoplasma celular y organelos**	**3**	**3**
7	**Mitocondria. Metabolismo y Respiración celular**	**6**	**0**
8	**Núcleo. Síntesis de DNA y Ciclo celular**	**3**	**4**
	Total	**32**	**16**
	Suma total de horas	**48**	

Contenido Temático	
	Tema y subtemas
Unidad 1	**Qué es la vida, la célula y su composición**
1.1	Definición de vida y de célula
1.2	La célula como unidad y base fundamental de los seres vivos
1.3	Características de las células. Tipos celulares
1.4	Relación de la Física con la Biología. Física Médica
Unidad 2	**Composición de los seres vivos y estructura celular**
2.1	Niveles de Organización
2.2	Composición de los seres biológicos: química celular. Principales átomos que conforman a las células
2.3	Biomoléculas: Lípidos, carbohidratos, aminoácidos (proteínas) y ácidos nucleicos (DNA y RNAs)
Unidad 3	**Características de los sistemas biológicos**
3.1	Niveles de organización
3.2	La termodinámica y la vida
3.3	Orden del desorden. La célula como un sistema termodinámico
3.4	Flujos de materia y energía. Catabolismo y anabolismo
3.5	La membrana celular como frontera de un biosistema: Permeabilidad selectiva y transportadores; Membranas internas de la célula
Unidad 4	**Radiación y radicales libres**
4.1	Definición de carcinógeno. Tipos de carcinógenos: Físicos, químicos y biológicos
4.2	La radiación como carcinógeno
4.3	Carcinogénesis: iniciación, promoción y progresión
4.4	Radiación. Efectos directos e indirectos. Radiólisis del agua
4.5	Interacción de la radiación con las biomoléculas: Radicales libres; Daño sobre ácidos nucleicos; Daño sobre lípidos, carbohidratos y proteínas
4.6	Respuestas biológicas moleculares al daño: Adaptación; Muerte celular; Necrosis y Apoptosis
Unidad 5	**Membrana citoplasmática como organelo**
5.1	Membrana citoplasmática: Composición y estructura general de las membranas; Función y propiedades
5.2	Modelo del mosaico fluido: Efecto de la radiación sobre la estructura de la membrana y sus proteínas
5.3	Comunicación intercelular. Receptores y emisores
5.4	Efecto “bystander: Efecto de la radiación en células no irradiadas
Unidad 6	**Citoplasma celular y organelos**
6.1	Organelos limitados de membrana: Núcleo, mitocondria, Aparato de Golgi, Retículo endoplásmico, Lisosómas, Peroxisomas. Citoesqueleto celular y disposición de los organelos
6.2	Organelos sin membrana: Ribosomas, centriolos, filamentos, flagelos y cilios
Unidad 7	**Mitocondria. Metabolismo y Respiración celular**
7.1	Estructura mitocondrial y su relación con su función
7.2	Conversión de energía dentro de la célula. Metabolismo
7.3	Glucólisis y respiración celular. Ciclo Acidos tricarboxilicos
7.4	Efectos de la radiación sobre la mitocondria: Radiofármacos que utilizan el metabolismo (18FDG)
Unidad 8	**Núcleo. Síntesis de DNA y Ciclo celular**

8.1	Núcleo: Cromatina y cromosomas. Relación con Diferenciación. Acidos nucleicos (ADN y RNA). Información genética (Genes). Dogma central de la Biología. Trascripción y traducción del material genético. Síntesis de proteínas. RNAs y ribosomas
8.2	Ciclo celular. Mitosis y Meiosis: Función biológica y características. Fases: G1, S, G2 y M
8.3	Efectos de la radiación en el ciclo celular y DNA: Daño a la información genética y a los cromosomas. Estímulo del ciclo celular por radiación. Dependencia de dosis y diferenciación celular
Prácticas de Laboratorio	
1	Efectos de la radiación sobre las células y sus biomoléculas
2	Cultivo celular. Descongelamiento y cultivo de células HeLa
3	Microscopia óptica y curva de viabilidad con azul tripán. Conteo de células
4	Cuantificación de proteínas y DNA. Método espectrofotométrico y colorimétrico.
5	Separación de proteínas mediante geles de poliacrilamida-SDS
6	Separación de DNA mediante geles de agarosa
7	Radiación de células HeLa. Curva de dosis y efectos biológicos en proteínas y DNA.
8	Efecto de dosis y efecto del tiempo en reparación al daño.
9	Ensayo de cometa para analizar daño a DNA por radiación

Estrategias didácticas		**Evaluación del aprendizaje**	
Exposición		Exámenes parciales	x
Trabajo en equipo		Examen final	x
Lecturas	x	Trabajos y tareas	
Trabajo de investigación	x	Presentación de tema	x
Prácticas (taller o laboratorio)	x	Participación en clase	x
Prácticas de campo		Asistencia	x
Aprendizaje por proyectos		Rúbricas	
Aprendizaje basado en problemas		Portafolios	
Casos de enseñanza		Listas de cotejo	
Otras (especificar)		Otras (especificar)	

Bibliografía básica:

- Alberts B, et al, Molecular biology of the cell, Garland Publ., New York, 2017, sexta edición. ISSN 059-1524.q
- Lewin B. Genes XII, Jones & Bartlett Learning, décimo segunda edición. ISBN-13: 978-1-284-10449-3
- Krishna R. Dronamraju K. Schrodinger and the Origins of Molecular Biology. Genetics 1999;153: 1071–1076.
- Khare S. Structures and Functions of Biomolecules. MICROBIAL PHYSIOLOGY AND BIOCHEMISTRY (2007);23 pps.
- Lucia U. Bioengineering thermodynamics of biological cells. Theor Biol Med Model. 2015;12:29:1-16. DOI 10.1186/s12976-015-0024-z
- Tashiro Y. Subcellular compartments and protein topogenesis. Cell Struct Funct. 1983;8:91-107.
- Reynolds R, Schecker A. Radiation, cell cycle, and cancer. Los Alamos Science. 1995;23:51-89.

Bibliografía complementaria:

- Prise K, Schettino G, Folkard M, Held K. New insights on cell death from radiation exposure. Lancet. 2005;6:520-528.
- Singer S.J, Nicolson G. The Fluid Mosaic Model of the Structure of Cell Membranes. Science. 1972;175(4023):720-731.
- Haimovitz-Friedman A, Chu-Cheng Kan C-C, Ehleiter D, et al. Ionizing Radiation Acts on Cellular Membranes to Generate Ceramide and Initiate Apoptosis. J. Exp. Med. 1994;180:525-535.
- Corre I, Niaudet C, Paris F. Plasma membrane signaling induced by ionizing radiation. Mut Res. 2010;704:61-67.
- Inactivation of the Na, K-ATPase by radiation-induced free radicals. Evidence for radical-chain mechanism. FEBS Lett. 1994;353:297-300.
- Tapio S. Ionizing radiation effects on cells, organelles and tissues on proteome level. Adv Exp Med Biol. 2013;37-48. DOI 10.1007/978-94-007-5896-4_2,

Perfil Profesiográfico:

Quienes impartan esta actividad deberán contar con el grado de Maestro(a) o Doctor(a) o con la dispensa de grado otorgada por el Comité Académico, en alguna disciplina afín a los contenidos de esta actividad académica; experiencia académica o profesional relacionadas con la docencia en los campos del conocimiento del Programa. Tener producción académica o profesional reciente, demostrada con obra académica o profesional reconocida. Manejo y conocimiento de técnicas de enseñanza y aprendizaje.

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

PROGRAMA DE POSGRADO EN CIENCIAS FÍSICAS
MAESTRÍA EN CIENCIAS (FÍSICA MÉDICA)

Física de la Imagen Radiológica					
Clave	**Semestre** **2**	**Créditos** **8**	**Campo de conocimiento**	**Física Médica y Biológica**	
Modalidad	**Curso (X) Taller ( ) Lab ( ) Sem ( )**			**Tipo**	**T ( ) P ( ) T/P (x)**
Carácter	**Obligatorio (X) Optativo ( )** **Obligatorio E ( ) Optativo E ( )**			**Horas**	
Duración del programa	**semestral**			**Semana**	**Semestre**
				Teóricas 3	**48**
				Prácticas 1	**16**
				Total 4	**64**

Objetivo general:

El alumno aprenderá los conceptos y técnicas de la física, utilizados en los desarrollos tecnológicos detrás de la formación de imágenes para el diagnóstico médico.

Objetivos específicos:

- Conocer los procesos físicos que sustentan las técnicas de formación de imágenes en las áreas de radiología, medicina nuclear y resonancia magnética.
- Identificar la instrumentación asociada, los parámetros que determinan la calidad de las imágenes y las dosis absorbidas, y el papel del físico médico en la aplicación de las diferentes técnicas.

Índice temático

	Tema	**Horas semestre**	
		Teóricas	**Prácticas**
1	**Radiodiagnóstico**	24	8
2	**Medicina nuclear**	16	4
3	**Resonancia magnética**	4	2
4	**Ultrasonido**	4	2
	Total	**48**	**16**
	Suma total de horas	**64**	

Contenido Temático	
	Tema y subtemas
Unidad 1	**Radiodiagnóstico**
1.1	Principios básicos de formación de imagen
1.2	Revisión de producción de rayos X, tubos de rayos X y generadores
1.3	Detectores de radiación: centelladores, semiconductores, de gas, espectrometría
1.4	Funciones de transferencia
1.5	Radiografía analógica: película radiográfica y sistema película-pantalla
1.6	Radiografía digital, resta de imágenes, tomografía geométrica, tomosíntesis
1.7	Mamografía
1.8	DICOM, PACS, Redes y visualización
1.9	Principios básicos de CT
1.10	Reconstrucción de imágenes tomográficas
1.11	Instrumentación: elementos de un tomógrafo (tubo, colimadores, detectores)
1.12	Calidad de imagen y dosis
Unidad 2	**Medicina Nuclear**
2.1	Principios básicos, producción de radionúclidos y radiofármacos
2.2	Cámara Anger, calidad de imagen
2.3	Principios básicos de SPECT, adquisición de datos
2.4	Reconstrucción en SPECT, calidad de imagen
2.5	Principios básicos de PET, radiofármacos y adquisición de datos
2.6	Eficiencia en PET, corrección por atenuación y dispersión
2.7	Programa de garantía de calidad en diagnóstico por imágenes
Unidad 3	**Resonancia magnética**
3.1	Principios básicos
3.2	Imágenes de resonancia magnética
3.3	Programa de garantía de calidad en IRM
Unidad 4	**Ultrasonido**
4.1	Ecografía (Ultrasonido en modo pulsoeco): Ondas mecánicas y ultrasonido; Interacción en tejido; Transductores, Componentes de un sistema de ultrasonido pulso-eco, Efectos biológicos
4.2	Herramientas avanzadas del ultrasonido: Ultrasonido Doppler, Elastografía, Medios de contraste
Prácticas de laboratorio	
P1	Control de calidad en equipos digitales de RX
P2	Calidad de imagen y dosimetría en CT

P3	Calidad de imagen en IRM
P4	Calidad de Imagen Ultrasonido

Estrategias didácticas		Evaluación del aprendizaje	
Exposición		Exámenes parciales	x
Trabajo en equipo		Examen final	x
Lecturas	x	Trabajos y tareas	x
Trabajo de investigación	x	Presentación de tema	
Prácticas (taller o laboratorio)	x	Participación en clase	x
Prácticas de campo		Asistencia	x
Aprendizaje por proyectos		Rúbricas	
Aprendizaje basado en problemas		Portafolios	
Casos de enseñanza		Listas de cotejo	
Otras (especificar)		Otras (especificar)	

Bibliografía básica:

- Bushberg J. T., Seibert J. A., Leidholdt E. M., Boone J. M., The Essential Physics of Medical Imaging, 3º edición, Williams & Wilkins, 2011.
- Dance D. R., Christofides S., Maidment A. D. A., McLean I. D., Ng K. H. (eds.), Diagnostic Radiology Physics: A Handbook for Teachers and Students, International Atomic Energy Agency Publication STI/PUB/1564 2014, disponible en línea en: http://www-pub.iaea.org/books/IAEABooks/8841/Diagnostic-Radiology-Physics-A-Handbook-for-Teachers-and-Students.
- Cherry S. R., Sorenson J. A., Phelps M. E., Physics in Nuclear Medicine, 4° edición, W.B. Saunders Company; 2012.
- Bailey D. L., Humm J. L., Todd-Pokropek A., Van Aswegen A. (eds.), Nuclear Medicine Physics; A Handbook for Teachers and Students, International Atomic Energy Agency Publication STI/PUB/1617, 2014, disponible en línea en: http://www-pub.iaea.org/books/IAEABooks/10368/Nuclear Medicine Physics: A Handbook for Teachers and Students.
- Hoskins P.R., Martin K., Thrush A.Diagnostic Ultrasound, Third Edition: Physics and Equipment: Volume 1. CRC Press, 2019.

Bibliografía complementaria:

- Buzug T. M., Computed Tomography from Photon Statistics to Modern Cone-Beam CT, Springer-Verlag, 1º edición; 2010.

Perfil Profesiográfico:

Quienes impartan esta actividad deberán contar con el grado de Maestro(a) o Doctor(a) o con la dispensa de grado otorgada por el Comité Académico, en alguna disciplina afín a los contenidos de esta actividad académica; experiencia académica o profesional relacionadas con la docencia en los campos del conocimiento del Programa. Tener producción académica o profesional reciente, demostrada con obra académica o profesional reconocida. Manejo y conocimiento de técnicas de enseñanza y aprendizaje**.**

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

PROGRAMA DE POSGRADO EN CIENCIAS FÍSICAS
MAESTRÍA EN CIENCIAS (FÍSICA MÉDICA)

Física de la Radioterapia					
Clave	**Semestre** **2**	**Créditos** **8**	**Campo de conocimiento**	**Física Médica y Biológica**	
Modalidad	**Curso(X) Taller( ) Lab( ) Sem ( )**			**Tipo**	**T ( ) P ( ) T/P (x)**
Carácter	**Obligatorio (X) Optativo ( )** **Obligatorio E ( ) Optativo E ( )**			**Horas**	
Duración del programa	**semestral**			**Semana**	**Semestre**
				Teóricas 3	**48**
				Prácticas 1	**16**
				Total 4	**64**

Objetivo general:

El alumno aprenderá los principios, conceptos y técnicas de la física en que se basan los procedimientos clínicos de radioterapia moderna y las características principales de estos procedimientos.

Objetivos específicos:

- Conocer los aspectos básicos de física, en particular de física de radiaciones, que permiten comprender el uso de haces de fotones y electrones, y fuentes de braquiterapia en la radioterapia clínica.
- Comprender la forma en que el tratamiento imparte dosis al paciente.
- Conocer los aspectos relacionados con el papel del físico médico en el equipo multidisciplinario de un servicio de radioterapia moderna.

Índice temático

	Tema	**Horas semestre**	
		Teóricas	**Prácticas**
1	**Fundamentos físicos**	12	4
2	**Radioterapia I: Calibración de los haces y cálculos manuales**	12	4
3	**Radioterapia II: Tratamientos con haces externos y braquiterapia**	24	8
	Total	**48**	**16**
	Suma total de horas	**64**	

Contenido Temático	
	Tema y subtemas
Unidad 1	**Fundamentos físicos**
1.1	Bases clínicas de la radioterapia (RT)
1.2	Estructura atómica y nuclear, decaimiento radiactivo e interacción de radiación con materia (revisión desde la perspectiva de la RT)
1.3	Generadores de radiación y aceleradores para RT
1.4	Producción y caracterización de haces de fotones para RT
1.5	Caracterización de haces de electrones para RT
1.6	Uso de cámaras de ionización en RT
Unidad 2	**Radioterapia I: Calibración de los haces y cálculos manuales**
2.1	Calibración de haces para RT. Teoría de cavidades desde la perspectiva de la RT
2.2	Obtención de datos dosimétricos para la planeación de los tratamientos
2.3	Cálculos manuales: Técnica SSD
2.4	Cálculos manuales: Técnica SAD
2.5	Curvas de isodosis, correcciones por irregularidades superficiales e inhomogeneidades
2.6	Campos múltiples y uso de cuñas
Unidad 3	**Radioterapia II: Tratamientos con haces externos y braquiterapia**
3.1	Volúmenes del ICRU 50
3.2	Simulación y planeación del tratamiento, datos del paciente
3.3	Uso de imágenes en RT, histogramas dosis-volumen
3.4	Técnicas avanzadas de RT con fotones I
3.5	Técnicas avanzadas de RT con fotones II
3.6	Cálculos de dosis para RT con electrones
3.7	Fuentes para braquiterapia
3.8	Protocolo TG 43 para dosimetría en braquiterapia
3.9	Sistema de Manchester y cálculos manuales en braquiterapia
3.10	Programa de garantía de calidad en RT
Prácticas de laboratorio	
P1	Medidas dosimétricas (relativas) básicas para haces clínicos de fotones
P2	Medidas dosimétricas (relativas) básicas para haces clínicos de electrones
P3	Dosimetría (absoluta) para haces clínicos de fotones y electrones
P4	Aseguramiento de calidad para un plan de Radioterapia de Intensidad Modulada (IMRT)

Estrategias didácticas		Evaluación del aprendizaje	
Exposición		Exámenes parciales	x
Trabajo en equipo		Examen final	x
Lecturas	x	Trabajos y tareas	x
Trabajo de investigación	x	Presentación de tema	
Prácticas (taller o laboratorio)	x	Participación en clase	
Prácticas de campo		Asistencia	
Aprendizaje por proyectos		Rúbricas	x
Aprendizaje basado en problemas		Portafolios	
Casos de enseñanza		Listas de cotejo	
Otras (especificar)		Otras (especificar)	

Bibliografía básica:

- F.M. Khan, The Physics of Radiation Therapy, Lippincott Williams &Wilkins, 2003 (3a ed), 2010 (4a ed). TEXTO.
- E.B. Podgorsak (ed), Radiation Oncology Physics: A Handbook for teachers and students, IAEA, 2005, y las diapositivas http://www-naweb.iaea.org/nahu/DMRP/slides.html
- IAEA Human Health Series No. 31, Accuracy Requirements and Uncertainties in Radiotherapy, STI/PUB/1679; (ISBN: 978-92-0-100815-2), Vienna, 2016.
- F.H. Attix, Introduction to Radiological Physics and Radiation Dosimetry (Print ISBN: 9780471011460, Online ISBN: 9783527617135) 1986, 2004.
- H.E. Johns and J.R. Cunningham, The Physics of Radiology, Thomas, 1984.
- C.J. Karzmark and R.J. Morton, A Primer on theory and operation of linear accelerators in radiation therapy, Medical Physics Publishing, 1989, 2017.
- IAEA Informe Técnico 398, Determinación de la dosis absorbida en radioterapia con haces externos, STI/DOC/010/398, (ISBN: 92-0-302005-5), Viena, 2005.

Bibliografía complementaria:

- IAEA, El Físico Médico: Criterios para su formación académica, entrenamiento clínico y certificación, Health Reports No. 1, 2010, Viena.

Perfil Profesiográfico:

Quienes impartan esta actividad deberán contar con el grado de Maestro(a) o Doctor(a) o con la dispensa de grado otorgada por el Comité Académico, en alguna disciplina afín a los contenidos de esta actividad académica; experiencia académica o profesional relacionadas con la docencia en los campos del conocimiento del Programa. Tener producción académica o profesional reciente, demostrada con obra académica o profesional reconocida. Manejo y conocimiento de técnicas de enseñanza y aprendizaje.

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

PROGRAMA DE POSGRADO EN CIENCIAS FÍSICAS
MAESTRÍA EN CIENCIAS (FÍSICA MÉDICA)

Protección Radiológica						
Clave	**Semestre 2**	**Créditos 12**	**Campo de conocimiento**	**Física Médica y Biológica**		
Modalidad	**Curso (X) Taller ( ) Lab ( ) Sem ( )**			**Tipo**	**T ( ) P ( ) T/P (x)**	
Carácter	**Obligatorio (X) Optativo ( )** **Obligatorio E ( ) Optativo E ( )**			**Horas**		
Duración del programa	**semestral**			**Semana**		**Semestre**
				Teóricas 3		**48**
				Prácticas 3		**48**
				Total 6		**96**

Objetivo general:

El alumno conocerá a detalle los elementos que constituyen un programa de protección radiológica en el área médica.

Objetivos específicos:

Adquirir una visión completa 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 le permitan desarrollar los aspectos específicos que requiera en el ejercicio de su función profesional y, en su caso, como encargado de seguridad radiológica en un hospital.

Índice temático

	Tema	**Horas semestre**	
		Teóricas	**Prácticas**
1	**Introducción a la Protección Radiológica**	3	0
2	**Caracterización de las fuentes de radiación**	3	0
3	**Interacción de la radiación con la materia**	6	6
4	**Detección y medida de la radiación**	6	9
5	**Caracterización del posible efecto biológico**	6	6
6	**Filosofía de la protección radiológica**	3	0
7	**Exposición a las fuentes de radiación**	3	3
8	**Protección contra la radiación externa**	6	9
9	**Protección contra la irradiación interna**	6	9
10	**Protección radiológica en hospitales**	6	6
	Total	**48**	**48**
	Suma total de horas	**96**	

Contenido Temático	
	Tema y subtemas
Unidad 1	**Introducción a la Protección Radiológica**
1.1	El problema de la protección radiológica (individuo-campo-fuente)
1.2	Caracterización de: fuente-campo-efecto y formas de caracterización (referencia, cálculo, medición directa)
1.3	Funciones generales del físico medico relacionadas con la protección radiológica
1.4	Metodología de trabajo en el curso y procedimiento de evaluación
Unidad 2	**Caracterización de las fuentes de radiación**
2.1	Carta de nucleídos y tabla de isótopos
2.2	Diagramas de niveles energéticos de las transformaciones nucleares y su correlación con los espectros de las radiaciones que se emiten
Unidad 3	**Interacción de la radiación con la materia**
3.1	Repaso de conceptos generales
3.2	Neutrones, fuentes de neutrones, espectros, dispersión elástica, atenuación y absorción
3.3	Reacciones nucleares, fisión y fusión
3.4	Caracterización del campo de radiación: Uso de las magnitudes de protección radiológica: cálculo de rapidez de exposición, rapidez de kerma, dosis absorbida y rapidez de dosis absorbida, en un campo de radiación
Unidad 4	**Detección y medida de la radiación**
4.1	Detectores por ionización en gases: a) Cámaras de ionización, b) Detector proporcional, c) Contador Geiger
4.2	Detectores por centelleo, límite inferior de detección, determinación de la eficiencia
4.3	Detectores semiconductores de barrera superficial y de GeHP
4.4	Espectrometría gamma, analizadores monocanal y multicanal. Identificación del Núcleido y determinación de su actividad a partir del espectro
4.5	Detectores para neutrones
4.6	Dosímetros personales y su utilización
4.7	Criterios generales para la selección de un instrumento de medición
4.8	Dependencia direccional y energética de los detectores
4.9	Calibración de monitores portátiles
Unidad 5	**Caracterización del posible efecto biológico**
5.1	Efectos deterministas, ejemplos, valores umbral. Efectos estocásticos, ejemplos, concepto de riesgo
5.2	Factor de calidad y factores de ponderación por radiación
5.3	Equivalente de dosis y dosis equivalente
5.4	Equivalente de dosis ambiental, direccional y personal
5.5	Factores de ponderación por tipo de tejido. Dosis efectiva. Ejercicios y problemas
Unidad 6	**Filosofía de la protección radiológica**
6.1	La Comisión Internacional de Protección Radiológica, origen y funciones
6.2	Marco conceptual de la protección radiológica. Sistema de protección para las prácticas. Factores de riesgo, fundamentación de los límites
6.3	Exposición ocupacional, médica y del público, límites de dosis
6.4	Exposiciones potenciales y atención de emergencias. Sistema de protección para las intervenciones
6.5	Implantación de las recomendaciones
Unidad 7	**Exposición a las fuentes de radiación**
7.1	Fuentes naturales: Rayos cósmicos y radionúclidos cosmogénicos, radiación terrestre y radón, valores promedio de las dosis anuales
7.2	Fuentes antropogénicas: Exposición ocupacional y médica. El problema de las dosis bajas de radiación
Unidad 8	**Protección contra la radiación externa**
8.1	Factores de protección: Tiempo, distancia y blindaje
8.2	Campo de radiación debido a fuentes puntuales, lineales y superficiales

8.3	Atenuación de la radiación. Factor de incremento
8.4	Cálculo de blindajes para fotones. Gráficas de atenuación. Ejercicios y problemas
8.5	Contenido de la memoria analítica para una instalación de radioterapia, barreras primarias y secundarias, ejemplos
8.6	Cálculo de blindajes para radiación beta
8.7	Seguridad de las fuentes selladas, prueba de fuga
8.8	Recomendaciones para la toma de frotis en diferentes fuentes
8.9	Coeficientes de conversión para el cálculo de magnitudes operacionales, y de protección
Unidad 9	**Protección contra la radiación interna**
9.1	Recepción, almacenamiento y control de fuentes abiertas
9.2	Contabilidad del material radiactivo
9.3	Manejo de fuentes abiertas, reglas de laboratorio. Ropa de protección, protección respiratoria
9.4	Manejo y disposición de desechos radiactivos. Término fuente
9.5	Descarga al ambiente y protección del público, grupo crítico y dosis a la población. Gestión de desechos OIEA
9.6	Transporte de material radiactivo
9.7	Accidentes, emergencias y control de la contaminación
9.8	Descontaminación, factor de descontaminación y límites de contaminación superficial
9.9	Contaminación e incorporación de material radiactivo
9.10	Determinación de la contaminación interna
9.11	Dosimetría interna
9.12	Metodología del MIRD
9.13	Límite Anual de Incorporación. Ejercicios
Unidad 10	**Protección radiológica en hospitales**
10.1	Cultura de seguridad y garantía de calidad. Criterios generales para la protección del personal, del paciente y del público. Control de calidad y protección
10.2	Análisis de riesgos
10.3	Vigilancia individual de los trabajadores, registros y constancias
10.4	Necesidad y contenido de un programa de protección radiológica
10.5	Protección radiológica en radiodiagnóstico
10.6	Protección radiológica en Medicina Nuclear. Análisis de casos
10.7	Protección radiológica en Radioterapia. Análisis de accidentes
Prácticas	
1	Uso de un contador de pulsos con detector Geiger, estadística de conteo, preparación de una fuente radiactiva y determinación de su vida media
2	Absorción de la radiación alfa; penetración, alcance y retrodispersión de la radiación beta
3	Dispersión y atenuación de la radiación gamma. y CHR en función de la energía
4	Manejo y uso de cámaras de ionización
5	Manejo y uso de monitores Geiger y del factor de calibración
6	Espectrometría gamma y Efecto Compton para fuente monoenergética
7	Termalización y absorción de neutrones
8	Calibración de un dosímetro de lectura directa
9	Dependencia direccional de un monitor
10	Calibración de rutina para un monitor Geiger
11	Tiempo, distancia y blindaje, capa hemirreductora y factor de incremento
12	Blindaje para radiación beta, radiación de frenado
13	Prueba de fuga
14	Manipulación de fuentes abiertas
15	Descontaminación de superficies
16	Simulacro de un accidente con fuentes abiertas

Estrategias didácticas		Evaluación del aprendizaje	
Exposición		Exámenes parciales	x
Trabajo en equipo	x	Examen final	x
Lecturas	x	Trabajos y tareas	x
Trabajo de investigación	x	Presentación de tema	
Prácticas (taller o laboratorio)	x	Participación en clase	x
Prácticas de campo		Asistencia	x
Aprendizaje por proyectos		Rúbricas	
Aprendizaje basado en problemas		Portafolios	
Casos de enseñanza		Listas de cotejo	
Otras (especificar)		Otras (especificar)	

Bibliografía básica:

- Attix, F. H., *Introduction to Radiological Physics and Radiation Dosimetry,* John Wiley & Sons, 1986.
- Cember Herman, *Introduction to Health Physics*, Pergamon Press, 2008.
- CNSNS, *Instructivo para la preparación del manual de procedimientos de seguridad radiológica*, CNSNS, 1994.
- Knoll Glenn F., *Radiation Detection and Measurement,* John Wiley & Sons, 2010.
- Martin J. E., *Physics for Radiation Protection*, John Wiley & Sons, 2000.
- Thompson M. A. et-al, *Principles of Imaging Science and Protection*, W.B. Saunders Co., 1994.
- Turner, JE, Atoms, *Radiation, and Radiation Protection*, Wiley-VCH Verlag GmbH & Co., 2007.
- Cherry, SR, Sorenson, JA and Phelps, ME, *Physics in Nuclear Medicine, 4th Ed.,* Elsevier Canada, 2012.
- Gordon G. y Heminway J. D., *Practical Gamma-Ray Spectrometry*, Wiley & Sons, 1995.
- Lederer C. M. y Shirley V. S., *Table of isotopes*, 7th Ed., John Wiley- Interscience Pub., 1978.
- González A. J., *Los efectos biológicos de las dosis bajas de radiación ionizante, Seguridad Radiológica,* 15.

Bibliografía complementaria:

- ICRP Publication 92: *Relative Biological Effectiveness (RBE), Quality Factor (Q) and Radiation Weighting Factor wR.* ICRP, 2005.
- ICRP Publication 103: 2007 *Recommendations of the International Commission on Radiological Protection*, 2007.
- ICRU Report 51: *Quantities and Units in Radiation Protection Dosimetry,* 1993.
- ICRU Report 60: *Radiation Quantities and Units*, 1998.
- NCRP Report No. 49: *Structural Shielding Design and Evaluation for Medical use of X X Ray and Gamma Rays of Energies up to 10 MeV,* 1976.
- NCRP Report No 51: *Radiation Protection Design Guidelines for 0.1-100 MeV Particle Accelerator Facilities,* NCRP, 1977.
- NCRP Report No. 151 - Structural Shielding Design and Evaluation for Megavoltage X- and Gamma-Ray Radiotherapy, NCRP, 2005.
- NOM- 002- SSA3: *Para la organización, funcionamiento e ingeniería sanitaria del servicio de radioterapia, 2017*.
- NOM- 008- NUCL: *Control de la contaminación radiactiva,* 2011.
- NOM- 229 – SSA1: *Requisitos técnicos para las instalaciones, responsabilidades sanitarias, especificaciones técnicas para los equipos y protección radiológica en establecimientos de diagnóstico médico con rayos,* 2002.
- OIEA PRSM- 6: *Manual sobre los usos terapéuticos del yodo 131,* OIEA, Viena, 1994.
- OIEA SRS 17: *Lessons Learned from Accidental Exposures in Radiotherapy*, Safety Report Series No. 17, IAEA, Vienna, 2000.

- OIEA SRS 37: *Methods for Assessing Occupational Radiation Doses due to Intakes of Radionuclides,* Safety Report Series No. 37, IAEA, Vienna, 2004.
- OIEA SRS 47: *Radiation Protection in the Design of Radiotherapy Facilities,* Safety Report Series No. 47, IAEA, Vienna , 2006.
- OIEA SS- 102 : *Recomendations for the Safe use and Regulation of Radiation Sources In Industry, Medicine, Research and Teaching,* Safety Series No. 102, OIEA, 1990.
- OIEA SS- 111F: *The Principles of Radioactive Waste Management,* OIEA, 1995.
- OIEA SSS WS- G- 2.7: *Management of Waste from the Use of Radiactive Material in Medicine, Industry, Agriculture, Research and Education,* Safety Standards Series N°WS- G- 2.7 OIEA, Viena Austria, 2005.
- UNSCEAR: Effects of ionizing radiation Vol I and II, UNSCEAR Report to the General Assembly with Scientific Annexes A and B, 2006.
- UNSCEAR: Sources and effects of ionizing radiation Vol I: Sources, UNSCEAR Report to the General Assembly with Scientific Annexes A and B, 2008.
- UNSCEAR: Summary of low-dose radiation effects on health, UNSCEAR Report to the General Assembly with Scientific Annexes, 2010.

Perfil Profesiográfico:

Quienes impartan esta actividad deberán contar con el grado de Maestro(a) o Doctor(a) o con la dispensa de grado otorgada por el Comité Académico, en alguna disciplina afín a los contenidos de esta actividad académica; experiencia académica o profesional relacionadas con la docencia en los campos del conocimiento del Programa. Tener producción académica o profesional reciente, demostrada con obra académica o profesional reconocida. Manejo y conocimiento de técnicas de enseñanza y aprendizaje.

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

PROGRAMA DE POSGRADO EN CIENCIAS FÍSICAS
MAESTRÍA EN CIENCIAS (FÍSICA MÉDICA)

Radiobiología					
Clave	**Semestre 2**	**Créditos 4**	**Campo de conocimiento**	**Física Médica y Biológica**	
Modalidad	**Curso (X) Taller ( ) Lab ( ) Sem ( )**		**Tipo**	**T (x) P ( ) T/P ()**	
Carácter	**Obligatorio (X) Optativo ()** **Obligatorio E ( ) Optativo E ( )**		**Horas**		
Duración del programa	**semestral**		**Semana**	**Semestre**	
			Teóricas: 2	**32**	
			Prácticas 0	**0**	
			Total 2	**32**	

Objetivo general:
El alumno conocerá los mecanismos de interacción entre la radiación ionizante y la materia viva, los efectos biológicos producidos por la radiación, y las aplicaciones de ésta en la práctica de la radioterapia.

Objetivos específicos:

- Identificar las respuestas moleculares y celulares al daño inducido por radiación que influencian la muerte celular en tejidos tumorales y normales.
- Cuantificar los efectos de la radiación y las bases biológicas para el fraccionamiento y las relaciones dosis respuesta en la clínica.
- Entender las bases biológicas de los abordajes actuales incluyendo nuevos fraccionamientos, reirradiación, modificadores biológicos y tratamientos combinados: quimioterapia, terapias blanco e inmunoterapia.

Índice temático

	Tema	**Horas semestre**	
		Teóricas	**Prácticas**
1	**Efectos genéticos, congénitos y teratogénicos**	4	0
2	**Respuesta de tejidos y órganos a la radiación ionizante**	2	0
3	**Síndrome de radiación aguda**	2	0
4	**Radiobiología en la práctica de la radioterapia**	4	0
5	**Fraccionamiento**	2	0
6	**Factores que afectan la respuesta**	2	0
7	**Respuesta biológica a los modificadores en los tumores**	4	0
8	**Braquiterapia**	2	0
9	**Reirradiación**	4	0
10	**Terapia con partículas ionizantes**	2	0
11	**Cánceres radioinducidos**	4	0
	Total	**32**	**0**
	Suma total de horas	**32**	

Contenido Temático	
	Tema y subtemas
Unidad 1	**Efectos genéticos, congénitos y teratogénicos**
1.1	Cromosomas y daños al ADN
1.2	Enfermedades hereditarias asociadas al daño por radiación
1.3	Efectos congénitos
1.4	Efectos teratogénicos: Efectos sobre embriogénesis
Unidad 2	**Respuesta de tejidos y órganos a la radiación ionizante**
2.1	Manifestaciones clínicas de daño a tejidos normales
2.2	Radiobiología de tumores
2.3	Muerte celular por radiación: cómo, cuándo y por qué mueren las células
Unidad 3	**Síndrome de radiación aguda**
3.1	El síndrome de Radiación Aguda: efectos cerebrales, del epitelio, hematopoyéticos, gastrointestinales
Unidad 4	**Radiobiología en la práctica de la radioterapia**
4.1	Las R de la radioterapia
4.2	Efecto oxígeno y abordajes terapéuticos a la hipoxia
4.3	Reparación a nivel molecular y celular
4.4	Redistribución en el ciclo celular
4.5	Radiosensibilidad intrínseca
Unidad 5	**Fraccionamiento**
5.1	Relación α/β
5.2	Curvas de sobrevivencia
Unidad 6	**Factores que afectan la respuesta**
6.1	Factor tiempo en la respuesta de tejidos normales a la radiación
6.2	Tasa de dosis
Unidad 7	**Respuesta biológica a los modificadores en los tumores**
7.1	Quimioterapia
7.2	Terapias biológicas
7.3	Inmunoterapia
7.4	Hipertemia
7.5	Radioprotectores
Unidad 8	**Braquiterapia**
Unidad 9	**Reirradiación**
Unidad 10	**Terapia con partículas ionizantes**
10.1	Partículas alfa, protones, electrones, neutrones
Unidad 11	**Cánceres radioinducidos**

Estrategias didácticas		**Evaluación del aprendizaje**	
Exposición	x	Exámenes parciales	x
Trabajo en equipo	x	Examen final	x
Lecturas		Trabajos y tareas	x
Trabajo de investigación		Presentación de tema	x
Prácticas (taller o laboratorio)		Participación en clase	x
Prácticas de campo		Asistencia	x
Aprendizaje por proyectos		Rúbricas	
Aprendizaje basado en problemas		Portafolios	
Casos de enseñanza		Listas de cotejo	
Otras (especificar)		Otras (especificar)	

Bibliografía básica:

- Joiner MC, van del Kogel AJ, Basic Clinical radiobiology, CRC Press, 5a ed. 2019
- Hall E. J., Giaccia A.J. *Radiobiology for the Radiologist*, Wolters Kluwer, 8°edición, 2018.
- Nias A. H. W., *An Introduction to Radiobiology*, Wiley, New York, 1998.
- Fajardo LF, Berthrong M, Anderson R.E. Radiation Pathology. Oxford University Press, 2001.
- Hoppe R.T., Phillips T.L., Roach M. Leibel and Phillips Textbook of Radiation Oncology. Elsevier Sounders 3rd Ed. 2010.

Bibliografía complementaria:

- Bleehen N.M. Editor. Radiobiology in Radiotherapy. Springer-Verlag, 1988.

Perfil Profesiográfico:

Quienes impartan esta actividad deberán contar con el grado de Maestro(a) o Doctor(a) o con la dispensa de grado otorgada por el Comité Académico, en alguna disciplina afín a los contenidos de esta actividad académica; experiencia académica o profesional relacionadas con la docencia en los campos del conocimiento del Programa. Tener producción académica o profesional reciente, demostrada con obra académica o profesional reconocida. Manejo y conocimiento de técnicas de enseñanza y aprendizaje.

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

PROGRAMA DE POSGRADO EN CIENCIAS FÍSICAS
MAESTRÍA EN CIENCIAS (FÍSICA MÉDICA)

Residencia Hospitalaria					
Clave	**Semestre** 3	**Créditos** 10	**Campo de conocimiento:**	**Física Médica y Biológica**	
Modalidad	**Curso ( ) Taller ( ) Lab ( ) Sem ( ) Residencia (X)**			**Tipo**	**T ( ) P (X) T/P ( )**
Carácter	**Obligatorio (X) Optativo ( ) Obligatorio E ( ) Optativo E ( )**			**Horas**	
Duración del programa	**semestral**			**Semana**	**Semestre**
				Teóricas 0	**0**
				Prácticas 25	**400**
				Total 25	**400**

Objetivo general:

El alumno se familiarizará con las actividades clínicas que realiza un físico médico, que incluyen la parte aplicada y práctica de la metodología e instrumentación de uso corriente en hospitales de tercer nivel.

Objetivos específicos:

- Realizar actividades programadas y supervisadas por físicos médicos clínicos de los Institutos de Salud que participan en el programa.
- Hacer rotaciones de modo que el alumno asista durante 5 horas diarias todos los días hábiles del semestre a servicios de Radioterapia, Radiodiagnóstico, Medicina Nuclear, Resonancia Magnética y Ultrasonido.
- Poner en práctica los conocimientos adquiridos en los cursos básicos del programa.

Índice temático

	Tema	**Horas semestre**	
		Teóricas	**Prácticas**
1	**Radioterapia**	0	100
2	**Imagen Radiológica**	0	100
3	**Medicina Nuclear**	0	125
4	**Imagen con radiaciones no ionizantes: Resonancia Magnética y Ultrasonido**	0	75
	Total	**0**	**400**
	Suma total de horas	**400**	

Contenido Temático	
	Tema y subtemas
Unidad 1	**Radioterapia**
1.1	Control de calidad diario de un Linac
1.2	Protocolo 398: Calibración absoluta de un Linac
1.3	Algoritmos de cálculo
1.4	Planeación de tratamientos y cálculo de dosis con fotones (convencional y radiocirugía)
1.5	Planeación de tratamientos y cálculo de dosis con electrones
1.6	Braquiterapia de alta tasa
1.7	Normatividad y Tareas de Administración
Unidad 2	**Imagen Radiológica**
2.1	Nomenclatura radiológica
2.2	Calidad de imagen
2.3	Controles de calidad rutinarios
2.4	Dosimetría en radiología
2.5	Elaboración de maniquies
2.6	Cálculo de dosis efectiva en pacientes
Unidad 3	**Medicina Nuclear**
3.1	Controles de calidad en: Cámara gamma, SPECT, PET, Activímetro
3.2	Manejo de material radiactivo: recepción, uso y desecho
3.3	Levantamiento de niveles, dosimetría del POE, Normatividad y tareas administrativas
3.4	Cálculo de memoria analítica
3.5	Radiofarmacia
Unidad 4	**Imagen con radiaciones no ionizantes: Resonancia Magnética y Ultrasonido**
4.1	Resonancia magnética
4.2	Ultrasonido

Estrategias didácticas		Evaluación del aprendizaje	
Exposición		Exámenes parciales	
Trabajo en equipo		Examen final	
Lecturas		Trabajos y tareas	X
Trabajo de investigación		Presentación de tema	X
Prácticas (taller o laboratorio)	X	Participación en clase	
Prácticas de campo	X	Asistencia	X
Aprendizaje por proyectos	X	Rúbricas	
Aprendizaje basado en problemas		Portafolios	
Casos de enseñanza		Listas de cotejo	
Otras (especificar)		Otras (especificar)	

Bibliografía básica:

- Andreo P, Burns D, Hohlfeld K, Huq S, Laitano F, Smyth V, et al. Absorbed Dose Determination in External Beam Radiotherapy : An. International Code of Practice for Dosimetry. vol. 2001. Viena: IAEA Technical Report Series No. 398; 2000.
- Bushberg J. T., Seibert J. A., Leidholdt E. M., Boone J. M., The Essential Physics of Medical Imaging, 3º edición, Williams & Wilkins, 2011.
- IAEA-TECDOC-602/S Control de Calidad en Instrumentos de Medicina Nuclear, 1991, Organismo Internacional de Energía Atómica.
- Andreo P, Izewska J, Shortt K, Vatinsky S. Commissioning and Quality Assurance of Computerized Planning Systems for Radiation Treatment of Cancer. 2004.

- Ezzell G a., Burmeister JW, Dogan N, LoSasso TJ, Mechalakos JG, Mihailidis D, et al. IMRT commissioning: Multiple institution planning and dosimetry comparisons, a report from AAPM Task Group 119. Med Phys 2009;36:5359. Doi:10.1118/1.3238104.
- Klein EE, Hanley J, Bayouth J, Yin F-F, Simon W, Dresser S, et al. Task Group 142 report: Quality assurance of medical accelerators. Med Phys 2009;36:4197. Doi:10.1118/1.3190392.

Bibliografía complementaria:

- Benedict SH, Yenice KM, Followill D, Galvin JM, Hinson W, Kavanagh B, et al. Stereotactic body radiation therapy: The report of AAPM Task Group 101. Med Phys 2010;37:4078. Doi:10.1118/1.3438081.
- Colección de Salud Humana del OIEA No. 25, Funciones y responsabilidades
- de enseñanza y capacitación para los físicos médicos clínicamente cualificados, OIEA Viena, 2014.
- IAEA Human Health Series No. 17, Quality Assurance Programme for Digital
  - Mammography, OIEA Viena, 2011. IAEA Human Health Series No. 19, Quality
- Assurance Programme for Computed Tomography: Diagnostic and Theraphy
  - Applications, OIEA Viena, 2012.
- Alonso Díaz M., y cols. Protocolo Español de Control de Calidad en Radiodiagnóstico, SEFM-SEPR-SERAM Revisión 2011.
- ACR., Phantom Test Guidance for Use of for the MRI Accreditation Program.
- CIRS., “Ultrasound Phantom Test Guidance Model 040GSE.”

Perfil Profesiográfico:

Quienes impartan esta actividad deberán contar con el grado de Maestro(a) o Doctor(a) o con la dispensa de grado otorgada por el Comité Académico, en alguna disciplina afín a los contenidos de esta actividad académica; experiencia académica o profesional relacionadas con la docencia en los campos del conocimiento del Programa. Tener producción académica o profesional reciente, demostrada con obra académica o profesional reconocida. Manejo y conocimiento de técnicas de enseñanza y aprendizaje.

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

PROGRAMA DE POSGRADO EN CIENCIAS FÍSICAS
MAESTRÍA EN CIENCIAS (FÍSICA MÉDICA)

Seminario de Investigación I					
Clave	**Semestre 3**	**Créditos 4**	**Campo de conocimiento**	**Todos los campos (dependiendo de las prácticas seleccionadas)**	
Modalidad	**Curso () Taller ( ) Lab () Sem (x)**			**Tipo**	**T (x) P ( ) T/P ( )**
Carácter	**Obligatorio (x) Optativo ( ) Obligatorio E ( ) Optativo E ( )**			**Horas**	
Duración del programa	**Semestral**			**Semana**	**Semestre**
				Teóricas: 2	**32**
				Prácticas: 0	**0**
				Total: 2	**32**

Objetivo general:
El alumno identificará los elementos teóricos y metodológicos, necesarios, para elaborar y desarrollar una propuesta sólida del trabajo de investigación que le permitirá graduarse, independientemente de la modalidad de graduación elegida.

Objetivos específicos:

- Revisar los contenidos básicos de los trabajos de investigación de maestría desarrollados por otros alumnos.
- Presentar los contenidos básicos y orientación de las teorías y metodologías necesarias para la elaboración de los temas de investigación, a fin de que se consideren y particularicen en el trabajo de investigación.
- Tener conocimiento del estado del arte de su tema de investigación, en particular con referencia a las teorías y metodologías mediante las cuáles se aborda su estudio.

Índice temático

	Tema	**Horas semestre**	
		Teóricas	**Prácticas**
1	**Seminario de Investigación**	**32**	0
	Total	**32**	**0**
	Suma total de horas	**32**	

Contenido Temático	
	Tema y subtemas
Unidad 1	**Seminario de Investigación**
	El Seminario de Investigación consiste en reuniones semanales del alumno con el tutor principal en las que se discutirán y plantearán diferentes aspectos relacionados con el trabajo de investigación que realiza el alumno. El seminario se evalúa con base a: 3) Una plática o seminario que el alumno presentará ante su Comité Tutor. 4) Un reporte escrito que incluye el avance semestral en el proyecto de investigación. El reporte se anexará al informe del alumno e incluirá el protocolo para el proyecto de graduación de maestría a concluir durante el siguiente semestre. La calificación asignada al Seminario de Investigación será Aprobado o No Aprobado.

Estrategias didácticas		Evaluación del aprendizaje	
Exposición	x	Exámenes parciales	
Trabajo en equipo		Examen final	
Lecturas		Trabajos y tareas fuera del aula	x
Trabajo de investigación	x	Presentación de tema	
Prácticas (taller o laboratorio)		Participación en clase	x
Prácticas de campo		Asistencia	x
Aprendizaje por proyectos		Rúbricas	
Aprendizaje basado en problemas		Portafolios	
Casos de enseñanza		Listas de cotejo	
Otras (especificar)		Otras (especificar)	
Ejercicios fuera del aula	x	Reporte escrito del seminario	
Lecturas obligatorias	x		

Bibliografía básica:

- La bibliografía dependerá del tema que se aborde en el proyecto de investigación del alumno

Bibliografía complementaria:

- La bibliografía dependerá del tema que se aborde en el proyecto de investigación del alumno

Perfil profesiográfico:

Quienes impartan esta actividad deberán contar con el grado de Maestro(a) o Doctor(a) o con la dispensa de grado otorgada por el Comité Académico, en alguna disciplina afín a los contenidos de esta actividad académica; experiencia académica o profesional relacionadas con la docencia en los campos del conocimiento del Programa. Tener producción académica o profesional reciente, demostrada con obra académica o profesional reconocida. Manejo y conocimiento de técnicas de enseñanza y aprendizaje.

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

PROGRAMA DE POSGRADO EN CIENCIAS FÍSICAS
MAESTRÍA EN CIENCIAS (FÍSICA MÉDICA)

Seminario de Investigación II					
Clave	**Semestre 4**	**Créditos 4**	**Campo de conocimiento**	**Todos los campos (dependiendo de las prácticas seleccionadas)**	
Modalidad	**Curso () Taller ( ) Lab () Sem (x)**			**Tipo**	**T (x) P ( ) T/P ( )**
Carácter	**Obligatorio (x) Optativo ( ) Obligatorio E ( ) Optativo E ( )**			**Horas**	
Duración del programa	**Semestral**			**Semana**	**Semestre**
				Teóricas: 2	**32**
				Prácticas: 0	**0**
				Total: 2	**32**

Objetivo general:
El alumno integrará y organizará la información de su trabajo final de investigación para concluirlo, presentarlo formalmente y graduarse.

Objetivos específicos:

- Conjuntar las partes que componen la estructura de un trabajo de investigación de calidad académica
- Reconocer las características de sintaxis básicas, que se deben considerar para elaborar el trabajo final de investigación
- Presentar el trabajo final de investigación para una revisión previa a la exposición de éste.

Índice temático

	Tema	**Horas semestre**	
		Teóricas	**Prácticas**
1	**Seminario de Investigación**	32	0
	Total	**32**	**0**
	Suma total de horas	**32**	

Contenido Temático	
	Tema y subtemas
Unidad 1	**Seminario de Investigación**
	El Seminario de Investigación consiste en reuniones semanales del alumno con el tutor principal en las que se discutirán y plantearán diferentes aspectos relacionados con el trabajo de investigación que realiza el alumno. El seminario se evalúa con base a: 5) Una plática o seminario que el alumno presentará ante su Comité Tutor. 6) Un reporte escrito que incluye el avance semestral en el proyecto de investigación. El reporte se anexará al informe del alumno e incluirá el borrador final del proyecto de graduación de maestría a concluir durante el siguiente semestre. La calificación asignada al Seminario de Investigación será Aprobado o No Aprobado.

Estrategias didácticas		Evaluación del aprendizaje	
Exposición	x	Exámenes parciales	
Trabajo en equipo		Examen final	
Lecturas		Trabajos y tareas fuera del aula	x
Trabajo de investigación	x	Presentación de tema	
Prácticas (taller o laboratorio)		Participación en clase	x
Prácticas de campo		Asistencia	x
Aprendizaje por proyectos		Rúbricas	
Aprendizaje basado en problemas		Portafolios	
Casos de enseñanza		Listas de cotejo	
Otras (especificar)		Otras (especificar)	
Ejercicios fuera del aula	x	Reporte escrito del seminario	
Lecturas obligatorias	x		

Bibliografía básica:
La bibliografía dependerá del tema que se aborde en el proyecto de investigación del alumno

Bibliografía complementaria:
- La bibliografía dependerá del tema que se aborde en el proyecto de investigación del alumno

Perfil profesiográfico:

Quienes impartan esta actividad deberán contar con el grado de Maestro(a) o Doctor(a) o con la dispensa de grado otorgada por el Comité Académico, en alguna disciplina afín a los contenidos de esta actividad académica; experiencia académica o profesional relacionadas con la docencia en los campos del conocimiento del Programa. Tener producción académica o profesional reciente, demostrada con obra académica o profesional reconocida. Manejo y conocimiento de técnicas de enseñanza y aprendizaje.

ACTIVIDADES OPTATIVAS

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

PROGRAMA DE POSGRADO EN CIENCIAS FÍSICAS
MAESTRÍA EN CIENCIAS (FÍSICA MÉDICA)

Aplicaciones Biomédicas de las Ondas de Choque					
Clave	**Semestre 3º o 4º**	**Créditos 8**	**Campo de conocimiento**	**Física Médica y Biológica**	
Modalidad	**Curso (X) Taller ( ) Lab ( ) Sem ( )**			**Tipo**	**T ( ) P ( ) T/P (X)**
Carácter	**Obligatorio ( ) Optativo (X)** **Obligatorio E ( ) Optativo E ( )**			**Horas**	
Duración del programa	**semestral**			**Semana**	**Semestre**
				Teóricas 2	**32**
				Prácticas 2	**32**
				Total 4	**64**

Objetivo general:

El alumno se familiarizará con los conceptos físicos y la instrumentación básica que fundamenta el uso biomédico de las ondas de choque.

Objetivos específicos:

- Entender cómo se generan las ondas de choque en fluidos y cómo interactúan con la materia.
- Identificar la litotripsia extracorporal.
- Conocer otras aplicaciones en ortopedia, oncología, transfección e infecciones localizadas.

Índice temático

	Tema	**Horas semestre**	
		Teóricas	**Prácticas**
1	**Ondas de choque en fluidos**	6	0
2	**Interacción de ondas de choque con la materia**	5	0
3	**Medición de presión en un generador de ondas de choque**	6	0
4	**Litotripsia extracorporal**	5	0
5	**Otras posibles aplicaciones de ondas de choque a medicina**	5	0
6	**Tópicos de investigación**	5	0
7	**Interacción de ondas de choque con microorganismos**	0	10
8	**Familiarización y uso de los generadores de ondas de choque**	0	10
9	**Técnicas para la aplicación de ondas de choque a microorganismos**	0	12
	Total	**32**	**32**
	Suma total de horas	**64**	

Contenido Temático	
	Tema y subtemas
Unidad 1	**Ondas de choque en fluidos**
1.1	Formación, propagación y concentración
1.2	Generación con descargas eléctricas
1.3	Generación de microexplosivos
1.4	Generación electromagnética
1.5	Generación piezoeléctrica
1.6	Generación con rayo láser
Unidad 2	**Interacción de ondas de choque con la materia**
2.1	Efecto Hopkinson
2.2	Cavitación acústica
2.3	“Circumferential squeezing”
2.4	Otros efectos
Unidad 3	**Medición de presión en un generador de ondas de choque**
3.1	Generalidades
3.2	Transductores piezoeléctricos
3.3	Transductores de fluoruro de polivinilideno
3.4	Hidrófonos ópticos
Unidad 4	**Litotripsia extracorporal**
4.1	Antecedentes históricos
4.2	Lithiasis renal
4.3	Litotriptores extracorporales
4.4	Estado del arte y problemática actual
Unidad 5	**Otras posibles aplicaciones de ondas de choque a medicina**
5.1	Ortopedia
5.2	Oncología
5.3	Transfección
5.4	Infecciones localizadas
Unidad 6	**Tópicos de investigación**
6.1	Generadores de ondas de choque tandem
6.2	Tratamiento pre-focal
6.3	Tratamiento profiláctico fuera de foco
6.4	Aplicación a implantes de hidroxiapatita
Unidad 7	**Interacción de ondas de choque con microorganismos**
7.1	Prácticas
Unidad 8	**Familiarización y uso de los generadores de ondas de choque**
8.1	Prácticas
Unidad 9	**Técnicas para la aplicación de ondas de choque a microorganismos**
9.1	Prácticas

Estrategias didácticas		Evaluación del aprendizaje	
Exposición	x	Exámenes parciales	x
Trabajo en equipo		Examen final	x
Lecturas	x	Trabajos y tareas	x
Trabajo de investigación	x	Presentación de tema	x
Prácticas (taller o laboratorio)	x	Participación en clase	x
Prácticas de campo		Asistencia	x
Aprendizaje por proyectos		Rúbricas	
Aprendizaje basado en problemas		Portafolios	
Casos de enseñanza		Listas de cotejo	
Otras (especificar)		Otras (especificar)	

Bibliografía básica:

- Brennen C. E., *Cavitation Bubble Dynamics*, Oxford University Press, New York, 1995.
- Leighton T., *The Acoustic Bubble*, Boston, Academic Press, 1997.
- Ben-Dor G. y , et_al., *Handbook of Shock Waves*, Academic Press, Boston, 2001.
- Loske A. M., *Shock Wave Lithotripsy Physics for Urologists*, CFATA-UNAM, Querétaro, Qro., México, 2007.
- Takayama K., *Shock Waves*, Springer Verlag, New York, 1991.
- Ben-Dor G. y , et_al., *Handbook of Shock Waves*, Academic Press, Boston, 2001.

Bibliografía complementaria:

- Takayama K., *Shock Waves*, Springer Verlag, New York, 1991.
- Ben-Dor G. y , et_al., *Handbook of Shock Waves*, Academic Press, Boston, 2001.
- Chaussy Ch. y , et_al., *Therapeutic Energy applications in Urology. Standards and Recent Developments*, Thieme Verlag, Stuttgart, Alemania, 2005.
- Hamilton M. F. y Blackstock D. T., *Nonlinear Acoustics: Theory and Application*, Academic Press, San Diego, 1997.
- Cleveland R. O. y McAteer J. A., *The physics of shock wave lithotripsy en: Smiths Textbook on Endourology*, Hamilton, Ontario, Canada, 2007.

Perfil Profesiográfico:

Quienes impartan esta actividad deberán contar con el grado de Maestro(a) o Doctor(a) o con la dispensa de grado otorgada por el Comité Académico, en alguna disciplina afín a los contenidos de esta actividad académica; experiencia académica o profesional relacionadas con la docencia en los campos del conocimiento del Programa. Tener producción académica o profesional reciente, demostrada con obra académica o profesional reconocida. Manejo y conocimiento de técnicas de enseñanza y aprendizaje.

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

PROGRAMA DE POSGRADO EN CIENCIAS FÍSICAS
MAESTRÍA EN CIENCIAS (FÍSICA MÉDICA)

Biofísica y Biología Molecular de la Célula					
Clave	**Semestre 3º o 4º**	**Créditos 8**	**Campo de conocimiento**	**Física Médica y Biológica**	
Modalidad	**Curso (X) Taller ( ) Lab ( ) Sem ( )**			**Tipo**	**T (X) P ( ) T/P ( )**
Carácter	**Obligatorio ( ) Optativo (X)** **Obligatorio E ( ) Optativo E ( )**			**Horas**	
Duración del programa	**semestral**			**Semana**	**Semestre**
				Teóricas 4	**64**
				Prácticas 0	**0**
				Total 4	**64**

Objetivo general:
El alumno identificará las propiedades más características de los sistemas biológicos desde la perspectiva biofísica y molecular de la célula.

Objetivos específicos:

Comprender la complejidad, autoorganización, compartamentalización, modularidad, superposición, adaptabilidad, evolución dinámica, resilencia de los sistemas biológicos a través del estudio de sus componentes fundamentales, sus redes y sus procesos emergentes como el metabolismo o la excitabilidad.

Índice temático

	Tema	**Horas semestre**	
		Teóricas	**Prácticas**
1	**Fenomenología bioeléctrica de la membrana celular**	7	0
2	**Propiedades eléctricas de las células**	7	0
3	**Canales iónicos sensibles a voltaje**	6	0
4	**Corrientes de compuerta**	6	0
5	**Canales activados por neurotransmisores**	8	0
6	**Transducción sensorial**	10	0
7	**Biomoléculas**	10	0
8	**Ácidos nucléicos, Lípidos y Azúcares**	10	0
	Total	**64**	**0**
	Suma total de horas	**64**	

Contenido Temático	
	Tema y subtemas
Unidad 1	**Fenomenología bioeléctrica de la membrana celular**
1.1	El fenómeno de difusión. Leyes de Fick
1.2	Conceptos básicos de Circuitos eléctricos: Carga, campo eléctrico, corriente, voltaje, resistencia/conductancia, capacitancia; Ley de Ohm
1.3	Ecuación de Nerst y sus extensiones
1.4	El modelo de Goldman de campo constante
1.5	Canales iónicos operados por voltaje y por ligando
1.6	Permeabilidad y selectividad iónicas
Unidad 2	**Propiedades eléctricas de las células**
2.1	El modelo eléctrico de la membrana celular
2.2	Propiedades eléctricas lineales y no lineales
2.3	Propiedades de los potenciales graduados
2.4	Excitabilidad celular
2.5	Propiedades de los potenciales de acción
2.6	Conducción en fibras nerviosas amielínicas y mielínicas
2.7	Ecuación de cable
2.8	Introducción al Modelo de Hodgkin-Huxley
Unidad 3	**Canales iónicos sensibles a voltaje**
3.1	Modelo de Hodgkin-Huxley
3.2	Métodos de registro: current-clamp y patch-clamp
3.3	Corrientes macroscópicas
3.4	Diversidad de los canales iónicos, farmacología y toxicología
3.5	Relación corriente-voltaje y potencial de inversión
3.6	Mecanismos de inactivación
3.7	Movimiento de carga y función de Boltzmann
Unidad 4	**Corrientes de compuerta**
4.1	Propiedades de las corrientes de compuerta
4.2	Propiedades de las corrientes unitarias
4.3	Conductancia unitaria, subconductancias y densidad de canales iónicos
4.4	Modelos de dos estados, tres estados y estados múltiples
4.5	Modelos de Procesos Markovianos para canales unitarios
Unidad 5	**Canales activados por neurotransmisores**
5.1	Estructura de los receptores activados por neurotransmisores
5.2	Criterios que definen un neurotransmisor
5.3	Receptores a acetilcolina
5.4	Sinapsis químicas excitatorias e inhibitorias
Unidad 6	**Transducción sensorial**
6.1	Los receptores sensoriales generan señales eléctricas: electrotónicas y Pot Acción
6.2	Receptores metobotrópicos y ionotrópicos activados por ligando
6.3	Receptores activados por presión, calor, luz, vibración
Unidad 7	**Biomoléculas**
7.1	Proteínas
7.2	Propiedades cognitivas y propiedades distribuidas
7.3	Estructuras, arreglos funciones
Unidad 8	**Ácidos nucléicos, Lípidos y Azúcares**
8.1	Estructuras, ensambles y función

Estrategias didácticas		Evaluación del aprendizaje	
Exposición		Exámenes parciales	x
Trabajo en equipo		Examen final	x
Lecturas	x	Trabajos y tareas	
Trabajo de investigación	x	Presentación de tema	
Prácticas (taller o laboratorio)		Participación en clase	x
Prácticas de campo		Asistencia	x
Aprendizaje por proyectos		Rúbricas	
Aprendizaje basado en problemas		Portafolios	
Casos de enseñanza		Listas de cotejo	
Otras (especificar)		Otras (especificar)	

Bibliografía básica:

- Cotterill RMG. Biophysics: An introduction. John Wiley & Sons Co.,2012.
- Glaser R. Biophysics: An introduction. Springe, 2012.
- Nelson PC. Biological Physics. Freeman and Co.,2008.
- Izhikevich E. Dynamical Systems in Neuroscience. The geometry of excitability and bursting. MIT Press, 2010.
- Hobbie RK, Roth BJ. Intermediate Physics for Medicine and Biology. Springer, 2011.

Bibliografía complementaria:

- Hille B. Ion Channels of Excitable Membranes. Sinauer Assoc Inc., 2007.
-

Perfil Profesiográfico:

Quienes impartan esta actividad deberán contar con el grado de Maestro(a) o Doctor(a) o con la dispensa de grado otorgada por el Comité Académico, en alguna disciplina afín a los contenidos de esta actividad académica; experiencia académica o profesional relacionadas con la docencia en los campos del conocimiento del Programa. Tener producción académica o profesional reciente, demostrada con obra académica o profesional reconocida. Manejo y conocimiento de técnicas de enseñanza y aprendizaje.

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

PROGRAMA DE POSGRADO EN CIENCIAS FÍSICAS
MAESTRÍA EN CIENCIAS (FÍSICA MÉDICA)

Física Biológica					
Clave	**Semestre 3º o 4º**	**Créditos 8**	**Campo de conocimiento**	**Física Médica y Biológica**	
Modalidad	**Curso (X) Taller ( ) Lab ( ) Sem ( )**			**Tipo**	**T (X) P ( ) T/P ( )**
Carácter	**Obligatorio ( ) Optativo (X)** **Obligatorio E ( ) Optativo E ( )**			**Horas**	
Duración del programa	**semestral**			**Semana**	**Semestre**
				Teóricas 4	**64**
				Prácticas 0	**0**
				Total 4	**64**

Objetivo general:

El alumno comprenderá a la física biológica, haciendo énfasis en la dinámica de la materia viva como un fenómeno físico y no como aplicaciones de la física a la biología.

Objetivos específicos:

Entender la dinámica de la materia viva a partir de fundamentos físicos que la describen y permiten su modelación matemática para su estudio y análisis cuantitativo.

Índice temático

	Tema	**Horas semestre**	
		Teóricas	**Prácticas**
1	**¿Qué es la vida?**	9	0
2	**Termodinámica fuera de equilibrio**	10	0
3	**Vida artificial**	9	0
4	**Escalamiento y criticalidad**	9	0
5	**Modelos extendidos en Biología**	9	0
6	**Redes complejas**	9	0
7	**Información y Biología**	9	0
	Total	**64**	**0**
	Suma total de horas	**64**	

Contenido Temático	
	Tema y subtemas
Unidad 1	**¿Qué es la vida?**
1.1	Conceptos metabólicos, genéticos e informáticos
1.2	Biología teórica y evolución post-darwiniana
Unidad 2	**Termodinámica fuera del equilibrio**
2.1	Entropía
2.2	Estructuras disipativas

2.3	Autoorganización y emergencia del orden biológico
2.4	Transiciones de fase
Unidad 3	**Vida artificial**
3.1	El juego de la vida
3.2	Autopoiésis
3.3	Autómatas celulares
Unidad 4	**Escalamiento y criticalidad**
4.1	Leyes de potencias en biología: fractales y alometría
4.2	El borde del caos y la criticalidad autoorganizada
Unidad 5	**Modelos extendidos en Biología**
5.1	Dinámica de poblaciones
5.2	Difusión y mobilidad
5.3	Búsqueda y forrajeo
Unidad 6	**Redes complejas**
6.1	Mundo pequeño
6.2	Redes libres de escala
6.3	El paradigma de la conectividad en Biología de Sistemas
Unidad 7	**Información y Biología**
7.1	Redes neuronales
7.2	Propiedades cognitivas y propiedades distribuidas
7.3	Biocomputación

Estrategias didácticas		Evaluación del aprendizaje	
Exposición		Exámenes parciales	x
Trabajo en equipo		Examen final	x
Lecturas	x	Trabajos y tareas	
Trabajo de investigación	x	Presentación de tema	
Prácticas (taller o laboratorio)		Participación en clase	x
Prácticas de campo		Asistencia	x
Aprendizaje por proyectos		Rúbricas	
Aprendizaje basado en problemas		Portafolios	
Casos de enseñanza		Listas de cotejo	
Otras (especificar)		Otras (especificar)	

Bibliografía básica:

- Schrodinger, Erwin. What is Life?: The Physical Aspects of Living Cell with Mind and Matter: an Autobiographical Sketches. Cambridge University Press, 1967.
- Morowitz, Harold J. Entropy for biologists: an introduction to thermodynamics. Academic Press, 1970.
- Nicolis, Gregoire, and Ilya Prigogine. Exploring complexity: an introduction. New York: WH Freeman, 1989.
- Schroeder, Manfred. Fractals, chaos, power laws: Minutes from an infinite paradise. Dover Publications, 2009.
- Wolfram, Stephen. A new kind of science. Wolfram Media Inc, 2002.
- Depew, David J., and Bruce H. Weber. Evolution at a crossroads. Bradford Book, 1985.
- Camazine, Scott, et al. Self-organization in biological systems. Princeton University Press, 2003.

Bibliografía complementaria:

- Flake, Gary William. The computational beauty of nature: Computer explorations of fractals, chaos, complex systems, and adaptation. MIT press, 2000.

- Viswanathan, Gandhimohan M., et al. The physics of foraging: an introduction to random searches and biological encounters. Cambridge University Press, 2011.
- Ricard V. Solé y Susana Manrubia. Orden y caos en sistemas complejos. Editora UPC, Barcelona, 2009.
- Ricard V. Solé and Jordi Bascompte. Self-Organization in Complex Ecosystems. (MPB-42) (Monographs in Population Biology) Princeton University Press, 2006
- James H. Brown and Geoffrey B. West. Scaling in Biology. Oxford University Press, 2000
- Bartolo Luque Serrano y Jordi Bascompte. Evolución y complejidad. Universidad de Valencia, 2012
- Bak, P. How nature works: the science of self-organized criticality. Springer, 1999.
- David Storch, Pablo Marquet, James Brown. Scaling Biodiversity (Ecological Reviews), 2010.
- Brian Goodwin. How the Leopard Changed Its Spots: The Evolution of Complexity, 2001.
- Mark Newman, Albert-László Barabási and Duncan J. Watts. The Structure and Dynamics of Networks: (Princeton Studies in Complexity), 1999.
- Mariana Benítez, Octavio Miramontes and Alfonso Valiente-Banuet (Editors). Frontiers in Ecology, Evolution and Complexity. ISBN: 978-1-938128-05-9. CopIt-arXives, 2014.
- Octavio Miramontes y Karen Volke (Editors). Fronteras de la Física en el Siglo XXI. ISBN: 978-1-938128-03-5. CopIt-arXives, 2013.

Perfil Profesiográfico:

Quienes impartan esta actividad deberán contar con el grado de Maestro(a) o Doctor(a) o con la dispensa de grado otorgada por el Comité Académico, en alguna disciplina afín a los contenidos de esta actividad académica; experiencia académica o profesional relacionadas con la docencia en los campos del conocimiento del Programa. Tener producción académica o profesional reciente, demostrada con obra académica o profesional reconocida. Manejo y conocimiento de técnicas de enseñanza y aprendizaje.

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

PROGRAMA DE POSGRADO EN CIENCIAS FÍSICAS
MAESTRÍA EN CIENCIAS (FÍSICA MÉDICA)

Física de la Dosimetría en Campos de Radiación con Alta Densidad de Ionización

Clave	Semestre	Créditos	Campo de conocimiento	
	3º o 4º	8		Física Médica y Biológica

Modalidad	**Curso (X) Taller ( ) Lab ( ) Sem ( )**	**Tipo**	**T (X) P ( ) T/P ( )**
Carácter	**Obligatorio ( ) Optativo (X)** **Obligatorio E ( ) Optativo E ( )**	**Horas**	
Duración del programa	**semestral**		

	Semana	Semestre
Teóricas	**4**	**64**
Prácticas	**0**	**0**
Total	**4**	**64**

Objetivo general:

El alumno aprenderá la física básica que sustenta la dosimetría de campos de radiación con alta densidad de ionización.

Objetivos específicos:

Conocer los fundamentos de la dosimetría y las técnicas de campos de radiación con alta densidad de ionización.

Índice temático

	Tema	Horas semestre	
		Teóricas	Prácticas
1	Característica de los espectros de fotones producidos dependiendo del equipo	12	0
2	Interacción de los fotones de bajas energías con la materia	4	0
3	Características de los espectros de electrones producidos por cada haz de fotones	4	0
4	Interacción de los electrones con la materia	16	0
5	Dependencia de los espectros de fotones y electrones con la profundidad del medio	8	0
6	Dependencia de los espectros de fotones y electrones con el tamaño del campo de radiación	8	0
7	Respuesta de dosímetros como función de parámetros que definen el haz de radiación tales como energía y LET	12	0
	Total	**64**	**0**
	Suma total de horas	**64**	

Contenido Temático	
	Tema y subtemas
Unidad 1	**Característica de los espectros de fotones producidos dependiendo del equipo**
1.1	Acelerador lineal (Linac) de uso convencional y con conos
1.2	Linac con colimadores de multihojas (diferentes espesores)
1.3	Unidad Cyberknife
1.4	Unidad Gammaknife
1.5	Tubos de rayos-x
Unidad 2	**Interacción de los fotones de bajas energías con la materia**
2.1	Atenuación
2.2	Retrodispersión
Unidad 3	**Características de los espectros de electrones producidos por cada haz de fotones**
3.1	Haces de fotones de bajas energías
3.2	Haces de fotones de altas energías
3.3	Radiación dispersa de la fuente generador de fotones
Unidad 4	**Interacción de los electrones con la materia**
4.1	Modelo de Bethe y sus limitaciones
4.2	Concepto de potencial de ionización
4.3	Modelo dieléctrico
4.4	Algoritmo simple de Penn
4.5	Algoritmo completo de Penn
4.6	Transferencia lineal de energía (LET)
4.7	Modelo de Bethe y sus limitaciones
4.8	Concepto de potencial de ionización
Unidad 5	**Dependencia de los espectros de fotones y electrones con la profundidad del medio**
5.1	Espectro dentro del campo y su correspondiente LET
5.2	Espectro fuera de campo y su correspondiente LET
Unidad 6	**Dependencia de los espectros de fotones y electrones con el tamaño del campo de radiación**
6.1	Espectro dentro del campo y su correspondiente LET
6.2	Espectro dentro del campo y su correspondiente LET
Unidad 7	**Respuesta de dosímetros como función de parámetros que definen el haz de radiación tales como energía y LET**
7.1	Dosímetros uni-dimensionales: Cámaras de ionización y Dosímetros termoluminiscentes
7.2	Dosímetros bi-dimensionales: Películas de tinte radiocrómico
7.3	Dosímetros tri-dimensionales: Gel

Estrategias didácticas		Evaluación del aprendizaje	
Exposición	X	Exámenes parciales	X
Trabajo en equipo		Examen final	X
Lecturas	X	Trabajos y tareas	X
Trabajo de investigación		Presentación de tema	X
Prácticas (taller o laboratorio)		Participación en clase	X
Prácticas de campo		Asistencia	X
Aprendizaje por proyectos		Rúbricas	
Aprendizaje basado en problemas		Portafolios	
Casos de enseñanza		Listas de cotejo	
Otras (especificar)		Otras (especificar)	

Bibliografía básica:

- ICRU 16 1970 *Linear Energy Transfer* (Washington, DC: International Commission on Radiation Unit and Measurements)
- ICRU report-37 1984 *Stopping powers for electrons and positrons*, (International Commission on Radiation Units and Measurements, 7910 Woodmont Ave., Bethesda, MD 20814)
- ICRU report-72 2004 *Dosimetry of Beta Rays and low-Energy photons for Brachytherapy with sealed sources* (International Commission on Radiation Units and Measurements: Oxford University Press,).
- Attix F H 2004 *Introduction to Radiological Physics and Radiation Dosimetry* (Weinheim: Wiley)
- A Cabrera-Santiago and G Massillon-JL 2016 Track-average LET of secondary electrons generated in LiF:Mg,Ti and liquid water by 20–300 kV x-ray, ^{137}Cs and ^{60}Co beams, *Phys. Med. Biol*. 61 7919–7933
- G. Massillon-JL, A Cabrera-Santiago, R Minniti, M O'Brien and C G Soares 2014 Influence of phantom materials on the energy dependence of LiF:Mg,Ti thermoluminescent dosimeters exposed to 20-300 kV narrow x-ray spectra, ^{137}Cs and ^{60}Co photons, *Phys. Med. Biol.* 59 4149-4166
- Penn D R 1987 Electron mean-free-path calculations using a model dielectric function *Phys. Rev. B* 35 482
- Jang S Y, Liu H H, Mohan R and Siebers J V 2007 Variations in energy spectra and water-to-material stopping-power ratios in three-dimensional conformal and intensity-modulated photon fields *Med. Phys.* 34 1388–97
- Scarboro S B, Followill D S, Howell R M and Kry S F 2011 Variations in photon energy spectra of a 6 MV beam and their impact on TLD response *Med. Phys.* 38 2619–28
- Kirkby C, Field C, MacKenzie M, Syme A and Fallone B G 2007 A Monte Carlo study of the variation of electron fluence in water from a 6 MV photon beam outside of the field *Phys. Med. Biol.* 52 3563–78*ysics* 28.6 (2001): 868-893.

Bibliografía complementaria:

- Shinotsuka H, Tanuma S, Powell C J and Penn D R 2012 Calculations of electron stopping powers for 41 elemental solids over the 50 eV–30 keV range with the full Penn algorithm *Nucl. Instrum. Methods* B **270** 75–92
- Mobit P N, Nahum A E and Mayles P 1998 A Monte Carlo study of the quality dependence factors of common TLD materials in photon and electron beams *Phys. Med. Biol.* **43** 2015–32
- Nahum A E 1978 Water/air mass stopping power ratios for megavoltage photon and electron beams *Phys. Med. Biol.* **23** 24–38

- G Massillon-JL 2010 Dosimetry in steep dose-rate gradient radiation fields: A Challenge in clinical application Proc. of the XI Mexican Symposium on Medical Physics, (AIP Conf. Proc. **1310** 23-28
- Kawrakow I, Mainegra-Hing E, Rogers D W O, Tessier F and Walters B R B 2016 *The EGSnrc Code System: Monte Carlo Simulation Of Electron And Photon Transport* (*NRCC PIRS-701*) (Ottawa: National Research Council Canada)
- Kellerer A M 2002 Electron spectra and the RBE of x-rays *Radiat Res.* **158** 13–22
- Kliauga P and Dvorak R 1978 Microdosimetric measurement of ionization by monoenergetic photons *Radiat. Res.* **73** 1–20 2
- Davis SD, Ross CK, MobitPN,Vander Zwan L,ChaseWJandShortt KR 2003The response of LiF thermoluminescence dosimeter to photon beam in the energy range from 30 kV x-rays to ^{60}Co gamma rays *Radiat. Prot. Dosim.* **106** 33–44
- Emfietzoglou D, Karava K, Papamichael G and Moscovitch M 2003 Monte Carlo simulation of the energy loss of low-energy electrons in liquid water *Phys. Med. Biol.* **48** 2355–71
- Emfietzoglou D and Moscovitch M 2002 Inelastic collision characteristics of electrons in iquid water *Nucl. Instrum. Methods Phys. Res.* B **193** 71–78
- Emfietzoglou D and Nikjoo H 2007 Accurate electron inelastic cross sections and stopping powers for liquid water over the 0.1–10keV range based on an improved dielectric description of the Bethe surface *Radiat. Res.* **167** 110–120

Perfil Profesiográfico:

Quienes impartan esta actividad deberán contar con el grado de Maestro(a) o Doctor(a) o con la dispensa de grado otorgada por el Comité Académico, en alguna disciplina afín a los contenidos de esta actividad académica; experiencia académica o profesional relacionadas con la docencia en los campos del conocimiento del Programa. Tener producción académica o profesional reciente, demostrada con obra académica o profesional reconocida. Manejo y conocimiento de técnicas de enseñanza y aprendizaje.

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

PROGRAMA DE POSGRADO EN CIENCIAS FÍSICAS
MAESTRÍA EN CIENCIAS (FÍSICA MÉDICA)

Física de la Imagen por Resonancia Magnética

Clave	Semestre	Créditos	Campo de conocimiento	Física Médica y Biológica
	3º o 4º	6		

Modalidad	**Curso (X) Taller ( ) Lab ( ) Sem ( )**	**Tipo**	**T (X) P ( ) T/P ( )**
Carácter	**Obligatorio ( ) Optativo (X)** **Obligatorio E ( ) Optativo E ( )**	**Horas**	

Duración del programa	**semestral**	**Semana**	**Semestre**
		Teóricas 3	**48**
		Prácticas 0	**0**
		Total 3	**48**

Objetivo general:

El alumno adquirirá los conceptos físicos y la instrumentación básica que fundamenta la obtención de imágenes por resonancia magnética.

Objetivos específicos:

- Reconocer las características de los componentes y módulos más comunes que forman los instrumentos clínicos comerciales de resonancia magnética.
- Entender los principios físicos en que se basa la imagen por resonancia magnética; la creación de la señal de resonancia y sus propiedades de relajación; las ideas prácticas para construir el espacio k y la metodología para construir la imagen en el espacio de configuración.
- Estudiar las características de las familias eco de espín y eco de gradiente y las aplicaciones de técnicas poco convencionales.

Índice temático

	Tema	Horas semestre	
		Teóricas	Prácticas
1	**Introducción**	8	0
2	**Magnetización, relajación y ecuaciones de Bloch**	8	0
3	**Conceptos de Detección y métodos de adquisición de Señal**	8	0
4	**Localización de la Señal**	8	0
5	**Métodos de Imagen por Resonancia Magnética**	8	0
6	**Técnicas Especiales de Imagen por Resonancia Magnética**	8	0
	Total	**48**	**0**
	Suma total de horas	**48**	

Contenido Temático	
	Tema y subtemas
Unidad 1	**Introducción**
1.1	La imagen por resonancia magnética
1.2	Magneto
1.3	Sistema de gradientes
1.4	Sistemas de radio-frecuencia
1.5	Consoloa del operador
Unidad 2	**Magnetización, relajación y ecuaciones de Bloch**
2.1	Momento magnético promedio de un sujeto
2.2	Interacción spin-red
2.3	Interacción spin-spin
2.4	Ecuaciones de Bloch en un campo estático
2.5	Combinación de campo magnético estático y el campo magnético de radio-frecuencia
Unidad 3	**Conceptos de Detección y métodos de adquisición de Señal**
3.1	Inducción de Faraday
3.2	Señal de la magnetización
3.3	Decaimiento de Inducción libre (FID)
3.4	T2 y el concepto de espín-eco
3.5	Repetición de pulsos de RF y la respuesta espín-eco
3.6	T1 y el concepto Inversión-Recuperación
Unidad 4	**Localización de la Señal**
4.1	Gradientes y su utilidad en la selección de corte
4.2	Interpretación del espacio k
4.3	Métodos básicos de imagen en una, dos y tres dimensiones
4.4	Muestreo en el espacio k
4.5	Reconstrucción de imágenes
4.6	Señal, constaste y ruido
Unidad 5	**Métodos de Imagen por Resonancia Magnética**
5.1	Clasificación de contraste para las imágenes pesadas a T1, T2, T2* y densidad de protones (DP)
5.2	Manipulación de los parámetros principales para la variabilidad en contraste de las imágenes debido a T1, T2, T2* y DP
5.3	Diseño de secuencias básicas e introducción a la programación de protocolos de imagen en sistemas clínicos comerciales
5.4	Clasificación y descripción de secuencias rápidas y técnicas paralelas (SENSE, GRAPA, etc)
Unidad 6	**Técnicas Especiales de Imagen por Resonancia Magnética**
6.1	Angioresonancia
6.2	Espectroscopia por RM (1 H-ERM)

6.3	Imágenes pesadas a difusión (IWD), tensor de difusión (TD) y tractografia
6.4	Imágenes funcionales por resonancia magnética

Estrategias didácticas		Evaluación del aprendizaje	
Exposición	X	Exámenes parciales	X
Trabajo en equipo	X	Examen final	X
Lecturas	X	Trabajos y tareas	X
Trabajo de investigación	X	Presentación de tema	X
Prácticas (taller o laboratorio)		Participación en clase	X
Prácticas de campo		Asistencia	X
Aprendizaje por proyectos	X	Rúbricas	
Aprendizaje basado en problemas	X	Portafolios	
Casos de enseñanza		Listas de cotejo	
Otras (especificar)		Otras (especificar)	

Bibliografía básica:

- Robert W. Brown, Y-C Norman Chen, E. Mark Haacke, Michael R Thomson, Ramesh Venkatesan. Magnetic Resonance Imaging: Physical Principles and Sequence Design 2nd Edition, 2014.
- Zhi-Pei Liang, *Principles of Magnetic Resonance Imaging: A Signal Processing Perspective*, Paul C. Lauterbur, 1999.
- Stewart C. Bushong, Magnetic Resonance Imaging: Physical and Biological Principles, 2003.
- E. Mark Haacke y, et_al., Magnetic Resonance Imaging: Physical Principles and Sequence Design,1999.
- Marinus T. y, et_al., Magnetic Resonance Imaging, 2004.

Bibliografía complementaria:

- Dale B.M., Brown M.A., Semelka R.C. MRI Basics principles and applications. Wiley Blackwell, 5th Ed. 2015.

Perfil Profesiográfico:

Quienes impartan esta actividad deberán contar con el grado de Maestro(a) o Doctor(a) o con la dispensa de grado otorgada por el Comité Académico, en alguna disciplina afín a los contenidos de esta actividad académica; experiencia académica o profesional relacionadas con la docencia en los campos del conocimiento del Programa. Tener producción académica o profesional reciente, demostrada con obra académica o profesional reconocida. Manejo y conocimiento de técnicas de enseñanza y aprendizaje.

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

PROGRAMA DE POSGRADO EN CIENCIAS FÍSICAS
MAESTRÍA EN CIENCIAS (FÍSICA MÉDICA)

Física de la Medicina Nuclear e Imagen Molecular					
Clave	**Semestre** 3º o 4º	**Créditos** 9	**Campo de conocimiento**	**Física Médica y Biológica**	
Modalidad	**Curso (X) Taller ( ) Lab ( ) Sem ( )**			**Tipo**	**T ( ) P ( ) T/P (X)**
Carácter	**Obligatorio ( ) Optativo (X)** **Obligatorio E ( ) Optativo E ( )**			**Horas**	
Duración del programa	**semestral**			**Semana**	**Semestre**
				Teóricas 3	**48**
				Prácticas 1.5	**24**
				Total 4.5	**72**

Objetivo general:

El alumno conocerá los fundamentos físicos y la instrumentación básica que se utiliza en el ejercicio de la medicina nuclear e imagen molecular.

Objetivos específicos:

- Entender la producción de los radionúclidos con fines de diagnóstico y terapia.
- Saber como se obtienen y procesan las imágenes planares y tomográficas con los equipos de gammagrafía, SPECT y PET.
- Identificar los parámetros físicos que caracterizan y determinan la calidad de imagen en medicina nuclear.
- Comprender los conceptos básicos de la dosimetría interna en medicina nuclear.

Índice temático

	Temas	**Horas semestre**	
		Teóricas	**Prácticas**
1	**Radioactividad**	3.0	0
2	**Producción de núcleos radiactivos y radiofármacos**	3.0	1.5
3	**Sistemas de detección y conteo radiactivo**	4.5	1.5
4	**Análisis estadístico en los sistemas de detección de radiación**	4.5	0
5	**Cámara Gamma 1: Principios básicos**	3.0	0
6	**Cámara Gamma 2: Funcionamiento y características del sistema**	3.0	0
7	**Cámara Gamma 3: Calidad de imagen (controles de calidad)**	6.0	6.0
8	**Reconstrucción tomográfica en medicina nuclear**	3.0	0
9	**Tomografía computarizada por emisión de fotón único (SPECT)**	4.5	3.0
10	**Tomografía por emisión de positrones (PET)**	4.5	3.0

11	**Sistemas híbridos: SPECT/CT y PET/CT**	3.0	0
12	**Procesamiento y análisis de imágenes digitales de Medicina Nuclear**	3.0	3.0
13	**Dosimetría Interna**	3.0	6.0
	Total	**48**	**24**
	Suma total de horas	**72**	

Contenido Temático	
	Temas y subtemas
Unidad 1	**Radioactividad**
1.1	Actividad y decaimiento exponencial
1.2	Modos de decaimiento
1.3	Relaciones de decaimiento Padre-Hija
Unidad 2	**Producción de núcleos radiactivos y radiofármacos**
2.1	Energía de amarre, Valor-Q, Reacciones nucleares
2.2	Producción de radionúclidos con reactores y aceleradores
2.3	El generador de radionúclidos
2.4	Radionúclidos y radiofármacos de uso clínico
2.5	Controles de calidad en radiofarmacia
Unidad 3	**Sistemas de detección y conteo radiactivo**
3.1	Detectores con gas
3.2	Detectores semiconductores
3.3	Detectores de centelleo
Unidad 4	**Análisis estadístico en los sistemas de detección de radiación**
4.1	Fuentes y tipos de error en Medicina Nuclear
4.2	Modelos estadísticos para detección de radiación
4.3	Propagación de errores
4.4	Aplicaciones de análisis estadístico
4.5	Pruebas estadísticas
Unidad 5	**Cámara Gamma 1: Principios básicos**
5.1	Componentes fundamentales
5.2	Sistema de detección y su electrónica
5.3	Colimación
5.4	Detección de radiación y procesamiento de la imagen
5.5	Cámaras gamma de uso clínico
Unidad 6	**Cámara Gamma 2: Funcionamiento y características del sistema**
6.1	Características físicas (resolución espacial intrínseca, eficiencia de detección, resolución energética, rapidez de conteo)
6.2	Limitantes de detección (no-uniformidad y no-linealidad), Técnicas de corrección
6.3	Diseño y características de los colimadores de hoyos paralelos, divergentes, convergentes y pinhole
6.4	Evaluación de rendimiento/desempeño (resolución intrínseca, resolución del sistema, linealidad espacial, uniformidad, tasa de conteo, resolución energética, sensibilidad del sistema)
Unidad 7	**Cámara Gamma 3: Calidad de imagen (controles de calidad)**

7.1	Resolución espacial
7.2	Contraste
7.3	Ruido
Unidad 8	**Reconstrucción tomográfica en medicina nuclear**
8.1	Retroproyección y técnicas de Fourier
8.2	Calidad de imagen y transformada de Fourier
8.3	Algoritmos de reconstrucción iterativa
Unidad 9	**Tomografía computarizada por emisión de fotón único (SPECT)**
9.1	Implementación y caracterización
9.2	Características de evaluación y rendimiento
9.3	Aplicaciones clínicas y pre-clínicas
Unidad 10	**Tomografía por emisión de positrones (PET)**
10.1	Principios básicos para formación de imagen: Detección de aniquilación en coincidencia, Tiempo de vuelo, Factores que afectan la resolución espacial, Sensibilidad, Tipos de eventos de aniquilación en coincidencia
10.2	Sistema de detección e instrumentación
10.3	Adquisición de datos y correcciones
10.4	Aplicaciones clínicas y pre-clínicas
Unidad 11	**Sistemas híbridos: SPECT/CT y PET/CT**
11.1	SPECT/CT
11.2	PET/CT
11.3	Corrección de Atenuación y Dispersión mediante el CT
Unidad 12	**Procesamiento y análisis de imágenes digitales de Medicina Nuclear**
12.1	Imágenes digitales: Terminología y características, Tamaño de matriz y Resolución espacial, Modos de adquisición y Sistemas de Visualización
12.2	Técnicas de procesamiento y análisis: Visualización, Regiones y Volúmenes de interés (ROI y VOI), Curvas Actividad-Tiempo, Suavizado, Segmentación, Co-registro
Unidad 13	**Dosimetría interna**
13.1	Cantidades y unidades de dosimetría interna
13.2	Protocolo MIRD
13.3	Aplicaciones clínicas
Prácticas de laboratorio	
1	Detectores de radiación: Activímetro, Contador de pozo
2	Controles de calidad en radiofarmacia – Generador de Tc-99m
3	Controles de Calidad de la Cámara Gamma
4	Control de Calidad en SPECT/CT
5	Control de Calidad PET/CT
6	Estudios preclínicos microPET/SPECT/CT
7	Análisis y cuantificación de imágenes

8	Protección Radiológica y Dosimetría Interna en Medicina Nuclear

Estrategias didácticas		Evaluación del aprendizaje	
Exposición		Exámenes parciales	x
Trabajo en equipo		Examen final	x
Lecturas	x	Trabajos y tareas	x
Trabajo de investigación	x	Presentación de tema	
Prácticas (taller o laboratorio)	x	Participación en clase	x
Prácticas de campo		Asistencia	x
Aprendizaje por proyectos		Rúbricas	
Aprendizaje basado en problemas	x	Portafolios	
Casos de enseñanza		Listas de cotejo	
Otras (especificar)		Otras (especificar)	

Bibliografía básica:

- S. Cherry, J.A. Sorenson, M.E. Phelps, *Physics in Nuclear Medicine*. Fourth Edition 2012. Elsevier Inc.
- D.L. Bailey, J.L. Humm, A. Todd-Pokropek, *Nuclear Medicine Physics. A handbook for teachers and students.* A. van Aswegen. 2014 IAEA.
- IAEA Quality Control Atlas for Scintillation Camera Systems. International Atomic Energy Agency, Vienna 2003.
- Quality Control Procedures Applied to Nuclear Instruments. IAEA-TECDOC-1599
- Control de calidad de los instrumentos de medicina nuclear. IAEA-TECDOC-602/S.

Bibliografía complementaria:

- Saha G.B. Fundamentals of Nuclear Pharmacy. Springer 7th Ed. 2018.

Perfil Profesiográfico:

Quienes impartan esta actividad deberán contar con el grado de Maestro(a) o Doctor(a) o con la dispensa de grado otorgada por el Comité Académico, en alguna disciplina afín a los contenidos de esta actividad académica; experiencia académica o profesional relacionadas con la docencia en los campos del conocimiento del Programa. Tener producción académica o profesional reciente, demostrada con obra académica o profesional reconocida. Manejo y conocimiento de técnicas de enseñanza y aprendizaje.

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

PROGRAMA DE POSGRADO EN CIENCIAS FÍSICAS
MAESTRÍA EN CIENCIAS (FÍSICA MÉDICA)

Modelos Matemáticos en Biología y Medicina					
Clave	**Semestre** 3º o 4º	**Créditos** 6	**Campo de conocimiento**	**Física Médica y Biológica**	
Modalidad	**Curso (x) Taller ( ) Lab ( ) Sem ( )**			**Tipo**	**T (x) P ( ) T/P ( )**
Carácter	**Obligatorio ( ) Optativo (X)** **Obligatorio E ( ) Optativo E ( )**			**Horas**	
Duración del programa	**semestral**			**Semana**	**Semestre**
				Teóricas 3	**48**
				Prácticas 0	**0**
				Total 3	**48**

Objetivo general:

El alumno desarrollará la capacidad de analizar sistemas médicos o biológicos mediante modelos matemáticos.

Objetivos específicos:

Analizar sistemas médicos o biológicos mediante modelos matemáticos basados en ecuaciones en diferencias finitas, ecuaciones diferenciales y procesos estocásticos.

Índice temático

	Tema	**Horas semestre**	
		Teóricas	**Prácticas**
1	**Ecuaciones en diferencias finitas**	8	0
2	**Ecuaciones diferenciales unidimensionales**	8	0
3	**Ecuaciones diferenciales bidimensionales**	8	0
4	**Procesos estocásticos**	8	0
5	**Sinergismo y auto-organización**	8	0
6	**Tópico optativo: Redes booleanas y autómatas celulares**	8	0
	Total	48	0
	Suma total de horas	48	

Contenido Temático	
	Tema y subtemas
Unidad 1	**Ecuaciones en diferencias finitas**
1.1	Ecuaciones en diferencias finitas lineales
1.2	Métodos iterativos

1.3	Ecuaciones en diferencias finitas no lineales
1.4	Soluciones estacionarias y estabilidad
1.5	Ciclos y estabilidad
1.6	Caos y cuasiperiodicidad
1.7	Ejemplo sugerido: Caos en células cardíacas estimuladas periódicamente
Unidad 2	**Ecuaciones diferenciales unidimensionales**
2.1	Conceptos básicos
2.2	Soluciones estacionarias y puntos fijos
2.3	Análisis geométrico de ecuaciones diferenciales ordinarias no lineales
2.4	Análisis algebraico de puntos fijos
2.5	Perturbaciones temporales impulsivas, respuestas transitorias y convolución
2.6	Ejemplos sugeridos: Fechamiento por técnicas de radiocarbono, Crecimiento de tumores de Gompertz, Ecuaciones de Hodgkin-Huxley para potenciales eléctricos a través de una membrana de axón de células nerviosas
Unidad 3	**Ecuaciones diferenciales bidimensionales**
3.1	El oscilador armónico
3.2	Soluciones, trayectorias y flujos
3.3	Ecuaciones diferenciales ordinarias lineales bidimensionales
3.4	Sistemas de ecuaciones lineales acopladas de primer orden y el problema de valores propios
3.5	El espacio fase
3.6	Análisis de estabilidad local
3.7	Ciclos límite
3.8	Ejemplos sugeridos: Ecuaciones de Lotka-Volterra para sistemas de predador y presa. Ecuaciones de Lorenz para patrones climáticos, Modelo de administración y evaluación de fármacos, Dinámica de interacción de partículas virales y leucocitos, Metástasis de tumores malignos
Unidad 4	**Procesos estocásticos**
4.1	Movimiento browniano en una dimensión
4.2	Caminatas aleatorias y la Ecuación Maestra
4.3	Procesos de Markov
4.4	Ecuación de Chapman-Kolmogorov
4.5	Ecuación de Langevin
4.6	Ecuación de Fokker-Planck
4.7	Solución estacionaria de la ecuación de Fokker- Planck para potenciales biestables
4.8	Ejemplos sugeridos: Modelo estocástico de reacciones químicas sin difusión, Modelo estocástico de formación de costras sanguíneas
Unidad 5	**Sinergismo y auto-organización**
5.1	Organización y eliminación adiabática de variables: parámetros de orden y de control
5.2	Auto-organización y retroalimentación de sistemas acoplados
5.3	Potenciales biestables y ecuaciones de reacción- difusión

5.4	Fluctuaciones, adaptabilidad y ruptura espontánea de la simetría
5.5	Ejemplos sugeridos: Modelo de morfogénesis de órganos florales, Modelo del SIDA como una transición de fase
Unidad 6	**Tópico optativo: Redes booleanas y autómatas celulares**
6.1	Elementos y redes
6.2	Variables booleanas, funciones y redes
6.3	Redes booleanas aleatorias
6.4	Autómatas celulares
6.5	Ejemplo sugerido: Modelo de locomoción de la salamandra

Estrategias didácticas		Evaluación del aprendizaje	
Exposición	X	Exámenes parciales	X
Trabajo en equipo	X	Examen final	X
Lecturas	X	Trabajos y tareas	X
Trabajo de investigación	X	Presentación de tema	X
Prácticas (taller o laboratorio)		Participación en clase	X
Prácticas de campo		Asistencia	X
Aprendizaje por proyectos		Rúbricas	
Aprendizaje basado en problemas	X	Portafolios	
Casos de enseñanza		Listas de cotejo	
Otras (especificar)		Otras (especificar)	

Bibliografía básica:

- Ram Singh. Mathematical Modeling in Biology and Medicine. LAP LAMBERT Academic Publishing, 2017.
- D.S. Jones, Michael Plank, B.D. Sleeman. Differential Equations and Mathematical Biology 2nd Edition, 2009.
- H. Haken, *Synergetics,* Springer-Verlag, Berlin, 1978
- N. G. Van Kampen, *Stochastic Processes in Physics and Chemistry*, North Holland Publishing Co., Amsterdarm, 1981.
- J. D. Murray, *Mathematical Biology*, Springer, Berlin, 1989.

Bibliografía complementaria:

- C. Castillo-Chávez y, et_al., *Mathematical Approaches for Emerging and Reemerging Infectious Diseases*, Springer, New York, 2002.
- D. Kaplan y L. Glass, *Understanding Nonlinear Dynamics*, Springer, New York, 1995
- Allman Elizabeth S. y Rhodes John A., *Mathematical Models in Biology*, Cambridge University Press, Cambridge, 2004.

Perfil Profesiográfico:

Quienes impartan esta actividad deberán contar con el grado de Maestro(a) o Doctor(a) o con la dispensa de grado otorgada por el Comité Académico, en alguna disciplina afín a los contenidos de esta actividad académica; experiencia académica o profesional relacionadas con la docencia en los campos del conocimiento del Programa. Tener producción académica o profesional reciente, demostrada con obra académica o profesional reconocida. Manejo y conocimiento de técnicas de enseñanza y aprendizaje.

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

PROGRAMA DE POSGRADO EN CIENCIAS FÍSICAS
MAESTRÍA EN CIENCIAS (FÍSICA MÉDICA)

Física en Fisiología					
Clave	**Semestre** 3º o 4º	**Créditos** 8	**Campo de conocimiento**	**Física Médica y Biológica**	
Modalidad	**Curso (X) Taller ( ) Lab ( ) Sem ( )**			**Tipo**	**T (X) P ( ) T/P ( )**
Carácter	**Obligatorio ( ) Optativo (X)** **Obligatorio E ( ) Optativo E ( )**			**Horas**	
Duración del programa	**semestral**			**Semana**	**Semestre**
				Teóricas 4	**64**
				Prácticas 0	**0**
				Total 4	**64**

Objetivo general:

El alumno aplicará los conocimientos de Biología celular y Anatomía para entender el cuerpo humano en condiciones normales y fuera de la homeostasis celular desde el punto de vista biofísico.

Objetivos específicos:

Comprender los aspectos de la fisiología humana que brindan parámetros medibles, mismos que ayudan a diagnosticar al médico.

Índice temático

	Tema	**Horas semestre**	
		Teóricas	**Prácticas**
1	**Introducción a los aparatos, órganos y sistemas**	4	0
2	**Corazón y circulación**	14	0
3	**Pulmón y riñón**	14	0
4	**Sistema nervioso central**	12	0
5	**Sistema musculo-esquelético**	14	0
6	**Integración fisiológica**	6	0
	Total	64	0
	Suma total de horas	**64**	

Contenido Temático	
	Tema y subtemas
Unidad 1	**Introducción a los aparatos, órganos y sistemas**
1.1	Nervios
1.2	Homeostasis
1.3	Metabolismo
Unidad 2	**Corazón y circulación**

2.1	Biofísica del corazón
2.2	Sistema vascular
2.3	Hemodinámica hemoreología
2.4	Monitoreo del sistema cardiovascular (ECG y Ultrasonido)
Unidad 3	**Pulmón y riñón**
3.1	Biofísica del sistema respiratorio
3.2	Biofísica del sistema renal
3.3	Diálisis y dinámica de fluidos
3.4	Perfusión cardiovascular
3.5	Principios físicos de la espirometría
Unidad 4	**Sistema nervioso central**
4.1	Potenciales de acción
4.2	Órganos de los sentidos
4.3	Física de la visión y la audición
Unidad 5	**Sistema musculo-esquelético**
5.1	Biofísica del músculo
5.2	Transmisión de fuerza
5.3	Electromiografías
Unidad 6	**Integración fisiológica**
6.1	Pruebas metabólicas
6.2	Antropometría
6.3	Casos prácticos

Estrategias didácticas		**Evaluación del aprendizaje**	
Exposición	X	Exámenes parciales	
Trabajo en equipo		Examen final	
Lecturas	X	Trabajos y tareas	X
Trabajo de investigación	X	Presentación de tema	X
Prácticas (taller o laboratorio)		Participación en clase	X
Prácticas de campo		Asistencia	X
Aprendizaje por proyectos		Rúbricas	
Aprendizaje basado en problemas		Portafolios	X
Casos de enseñanza		Listas de cotejo	
Otras (especificar)		Otras (especificar)	

Bibliografía básica:

- Wood A. Physiology, Biophysics and Medical Engineering. CRC Press, 2012
- Boron. Fisiología médica 2017. Elsevier, 3ª. edición, 2017.
- Berne y Levy. Fisiología. Elsevier, 6ª. edición, 2009.
- Tresguerres J. A. F. Fisiología humana. Mcgraw-Hill, 4ª edición, 2010.
- Guyton y Hall. Tratado de Fisiología médica, Elsevier, 13 ª edición, 2016

Bibliografía complementaria:

- Hall J.E. Guyton and Hall Textbook of Medical Physiology. Elsevier 13th Ed. 2015.

Perfil Profesiográfico:

Quienes impartan esta actividad deberán contar con el grado de Maestro(a) o Doctor(a) o con la dispensa de grado otorgada por el Comité Académico, en alguna disciplina afín a los contenidos de esta actividad académica; experiencia académica o profesional relacionadas con la docencia en los campos del conocimiento del Programa. Tener producción académica o profesional reciente, demostrada con obra académica o profesional reconocida. Manejo y conocimiento de técnicas de enseñanza y aprendizaje.

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

PROGRAMA DE POSGRADO EN CIENCIAS FÍSICAS
MAESTRÍA EN CIENCIAS (FÍSICA MÉDICA)

Procesamiento y Análisis de Imágenes

Clave	Semestre	Créditos	Campo de conocimiento	
	3º o 4º	8		Física Médica y Biológica

Modalidad	**Curso (x) Taller ( ) Lab ( ) Sem ( )**	**Tipo**	**T (x) P ( ) T/P ( )**
Carácter	**Obligatorio ( ) Optativo (X)** **Obligatorio E ( ) Optativo E ( )**	**Horas**	

Duración del programa	**semestral**	**Semana**	**Semestre**
		Teóricas 3	**48**
		Prácticas 1	**16**
		Total 4	**64**

Objetivo general:

El alumno aprenderá los fundamentos del procesamiento de imágenes en general, con énfasis en los aspectos específicos de las imágenes en Biología y Medicina

Objetivos específicos:

- Formular y abordar problemas en el estudio de imágenes de diversos campos científicos, técnicos, y en particular biomédicas, proporcionadas por un sistema de adquisición típico.
- Identificar las técnicas modernas de reconocimiento de patrones, discriminación de textura y reconstrucción tridimensional
- Conocer algunos sistemas de adquisición (microscopia, estereovisión, tomografía, resonancia magnética y ultrasonido, principalmente).

Índice temático

	Tema	Horas semestre	
		Teóricas	**Prácticas**
1	**Procesamiento de imagenes I**	24	0
2	**Procesamiento de imagenes II**	24	0
3	**Práticas de laboratorio**	0	16
	Total	48	8
	Suma total de horas	64	

Contenido Temático	
	Tema y subtemas
Unidad 1	**Procesamiento de imagenes I**
1.1	Introducción: Imágenes analógicas, digitales y binarias
1.2	Matemáticas para el procesamiento y análisis de sistemas bidimensionales
1.3	El Sistema Visual Humano
1.4	Técnicas básicas de realce
1.5	Restauración y filtrado
1.6	Detección de bordes y extracción de contornos
Unidad 2	**Procesamiento de imagenes II**
2.1	Texturas
2.2	Forma y Morfometría
2.3	Principios de visualización científica
2.4	Imágenes, volúmenes, escenas y objetos en tres dimensiones
2.5	Sistemas de adquisición, procesamiento y análisis de imágenes
Unidad 3	**Prácticas de laboratorio**
3.1	Prácticas sugeridas: Uso de Matlab, Photoshop e ImageMagik para manejo y despliegue de imágenes; Adquisición de imágenes y parámetros de captura; Demostración de los fenómenos de ruido, aliasing y artefactos; Programas de despliegue, procesamiento y análisis de imágenes de dominio público: ImageJ, XV, MRIcro, Khoros y Cantata; diseño de scripts y aprovechamiento de librerías; Obtención de perfiles e interpretación de histogramas, realce de contraste; Efecto de distintos operadores puntuales, locales y globales; Suavizamiento y remoción de fondo. Segmentación por umbralaje local; Extracción y representación por contornos; Conteo de objetos y visualización mediante imágenes paramétricas; Interpretación de una imagen 2D como relieve 3D y graficación usando MATLAB; Caja de herramientas en procesamiento de imágenes en MATLAB; Extracción de parámetros texturales de matrices de concurrencia; Filtros de morfología matemática y aplicaciones de los campos de distancia euclidiana; Entendimiento y manejo de distintos formatos para intercambio de imágenes y videos; Uso de programas de despliegue 3D interactivo (VrWeb , VRview , Cosmoplayer , Meshlab) mediante el lenguaje de modelado para realidad virtual (VRML) y otros.

Estrategias didácticas		Evaluación del aprendizaje	
Exposición	X	Exámenes parciales	X
Trabajo en equipo	X	Examen final	X
Lecturas	X	Trabajos y tareas	X
Trabajo de investigación	X	Presentación de tema	X
Prácticas (taller o laboratorio)	X	Participación en clase	X
Prácticas de campo		Asistencia	X
Aprendizaje por proyectos	X	Rúbricas	
Aprendizaje basado en problemas	X	Portafolios	
Casos de enseñanza		Listas de cotejo	
Otras (especificar)		Otras (especificar)	

Bibliografía básica:

- Bankman Isaac (Chief editor), *Handbook of Medical Imaging: Processing and Analysis*, Academic Press, 2000.
- Fred Bookstein, *Morphometric Tools for Landmark Data. Geometry and Biology*, Cambridge University Press, 1997.
- John Goutsias, *Lecture Notes on Image Processing and Analysis*, John Hopkins University, , 2001-
- Herman Gabor, *Geometry of Digital Spaces*, Birkhäuser, 1998
- Jähne Bernd, *Digital Image Processing. Concepts, Algorithms and Scientific Appplications*, Springer Verlag, 1999.
- Jain Anil, *Fundamentals of Digital Image Processing*, Prentice Hall, 1996
- Kriete Andres (Edt.), *Visualization in Biomedical Microscopies*, VCH Verlagsgesellschaft mhH, Germany, 1992
- Maes, Frederik, *Segmentation and Registration of Multimodal Medical Images: from Theory, Implementation and Validation to a Useful Tool in Clinical Practice*.
- Márquez, Jorge, *Texture Analysis. Tutorial Notes for: Visualization in Biomedical Computing y Diplomado de Teledetección (2006, 2007 y 2008)*.
- Márquez, Jorge, *Shape Analysis and Morphometry. (2004-2007). Tutorial Notes, 12 pags.*
- Márquez Jorge, *Fractal Analysis and Applications. (1992-2007). Tutorial Notes for the 2nd International Workshop on Image Processing*.
- Russ C. John, *The Image Processing Handbook. Fourth Ed.*, CRC Press, 2002.
- Beutel Jacob (editors) y, et_al., *Handbook of Medical Imaging. Volume 1. Physics and Psychophysics*, SPIE press, 2000.
- Brown B. y, et_al., *Medical Physics and Biomedical Engineering*, Institute of Physics Publishing, 1999
- Kunt Murat (edt.) y et_al., *Traitement numérique des images*, Presses Polytechniques et Unievrsitaires Romandes, 1993.

Bibliografía complementaria:

- Hagen (edts) y, et_al., *Focus on Scientific Visualization Lang Rlrich, Grave Michel. Data Structures in Scientific Visualization*, Springer Verlag, 1993.
- Rafael C. Gonzalez y Richard E. Wood, *Digital Image Processing*, Addison-Wesley, 1992.
- R. Haralick y L. Shaphiro, *Computer and Robot Vision Vol. 1*, Addison Wesley, 1992
- Kim Yongmin y Horii Steven C. editors, *Handbook of Medical Imaging. Volume 3. Display and PACS (Picture Archiving and Communication Systems)*, SPIE press, 2000
- Klette Reinhard y Zamperoni Piero, *Handbook of Image Processing Operators*, Wiley and Sons,1996.
- Carpenter R. H. S. y Robson J. G (editors), *Vision Research: A practical Guide to Laboratory Methods*, Oxford University Press, 1999
- Sonka Milan y Fitzpatrick J. Michael, editors, *Handbook of Medical Imaging. Volume 2. Medical Image Processing and Image Analysis*, SPIE press, 2000.
- Avinash C. Kak. (Chief editior), Biomedical Image Analysis (special issue). Computer Vision and Image Understanding, Vol. 66, No. 2, may 1997.

Perfil Profesiográfico:

Quienes impartan esta actividad deberán contar con el grado de Maestro(a) o Doctor(a) o con la dispensa de grado otorgada por el Comité Académico, en alguna disciplina afín a los contenidos de esta actividad académica; experiencia académica o profesional relacionadas con la docencia en los campos del conocimiento del Programa. Tener producción académica o profesional reciente, demostrada con obra académica o profesional reconocida. Manejo y conocimiento de técnicas de enseñanza y aprendizaje.

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

PROGRAMA DE POSGRADO EN CIENCIAS FÍSICAS
MAESTRÍA EN CIENCIAS (FÍSICA MÉDICA)

Introducción a la Mecanotransducción: Mecánica Celular, Señales y Tecnología

Clave	Semestre	Créditos	Campo de conocimiento	
	3º o 4º	8		Física Médica y Biológica

Modalidad	**Curso (X) Taller ( ) Lab ( ) Sem ( )**	**Tipo**	**T (X) P ( ) T/P ( )**
Carácter	**Obligatorio ( ) Optativo (X)** **Obligatorio E ( ) Optativo E ( )**	**Horas**	

Duración del programa	**semestral**	**Semana**	**Semestre**
		Teóricas 4	**64**
		Prácticas 0	**0**
		Total 4	**64**

Objetivo general:

El alumno se familiarizará y comprenderá los usos de la micro y nanotecnología en el estudio de materiales para conocer y entender las fuerzas físicas que influyen a nivel celular y de tejidos.

Objetivos específicos:

- Entender los mecanismos que actúan dentro de un proceso celular o fisiológico considerando los principios mecánicos que rigen estos procesos.
- Identificar la influencia de los principios mecánicos en las señales celulares.
- Dar solución a problemas biológicos complejos.

Índice temático

	Tema	Horas semestre	
		Teóricas	Prácticas
1	**Introducción Mecanobiología y Mecanotransducción**	16	0
2	**Tecnología y mecanobiología: cultivo celular biomimético**	16	0
3	**Mecanotransducción y homeostasis**	16	0
4	**Estudio de casos**	16	0
	Total	**64**	**0**
	Suma total de horas	**64**	

Contenido Temático	
	Tema y subtemas
Unidad 1	**Introducción Mecanobiología y Mecanotransducción**
1.1	Mecanobiología: definición, campo de estudio y niveles de complejidad (compresión, tensión, esfuerzo cortante, coeficiente de Poisson)
1.2	Mecanismos de Mecanotransducción: Uniones celulares y citoesqueleto
1.3	Vías de mecanotransducción: Transmisión mecánica al núcleo; Cofactores nucleares (YAP/TAZ, MRTF, beta-catenina, etc)
1.4	Sesión de discusión de artículos de Mecanotransducción
Unidad 2	**Tecnología y mecanobiología: cultivo celular biomimético**
2.1	Biomateriales para cultivo celular e ingeniería de tejidos
2.2	Herramientas tecnológicas y experimentales para mecanobiología
2.3	Andamios para cultivo celular
2.4	Sesión de discusión de artículos de los temas de la unidad
Unidad 3	**Mecanotransducción y homeostasis**
3.1	Mecanotransducción y células troncales
3.2	Mecanotransducción y patologías: Fibrosis, Cáncer, aterosclerosis, etc.
3.3	Sesión de discusión de artículos de Mecanotransducción
Unidad 4	**Estudio de casos**
4.1	Sesiones de estudios y proyecto para presentar estudios de caso individuales

Estrategias didácticas		Evaluación del aprendizaje	
Exposición	X	Exámenes parciales	
Trabajo en equipo		Examen final	
Lecturas		Trabajos y tareas	X
Trabajo de investigación	X	Presentación de tema	X
Prácticas (taller o laboratorio)		Participación en clase	X
Prácticas de campo		Asistencia	
Aprendizaje por proyectos	X	Rúbricas	
Aprendizaje basado en problemas	X	Portafolios	
Casos de enseñanza		Listas de cotejo	
Otras (especificar)		Otras (especificar)	

Bibliografía básica:

- Parry, A.D.D., Squire, J.M., (2017), *Fibrous Proteins: Structures and Mechanisms*. Springer.
- Phillips, R., Kondev, J., Theriot, J., Garcia. H., (2012), *Physical Biology of the Cell*. 2nd ed. UK: Garland Science.
- Annesini, M.C., Marrelli, L., Piemonte, V., Turchetti, L., (2017), *Artificial Organ Engineering*, Springer.
- Gefen, A., (2011), *Cellular and Biomolecular Mechanics and Mechanobiology*, Springer.
- Lantada, A., (2016), *Microsystems for Enhanced Control of Cell Behavior*, Springer.
- Holzapfel, G.A., Ogden, R.W., (2017), *Biomechanics: Trends in Modeling and Simulation*, Springer.
- Jaffe, M., Hammond, W., Tolias, P., Arinzeh, T., (2013), *Characterization of biomaterials*, Woodhead Publishing Limited.

- Singh, A., Gaharwar, A.K., (2016), *Microscale Technologies for Cell Engineering*, Springer.

Bibliografía complementaria:

- Khademhosseini A, Langer R, Borenstein J, Vacanti JP., *Microscale technologies for tissue engineering and biology*, Proc Natl Acad Sci USA. 2006 Feb 21;103(8):2480-7.
- Leijten, J. et al., *Spatially and temporally controlled hydrogels for tissue engineering*, Materials Science and Engineering R 119 (2017) 1-35.
- Moeendarbary, E., Harris, A.R., *Cell mechanics: principles, practices, and prospects*, WIREs Syst Biol Med, 6, (2014).
- Paluch, E.K., Elson, C.M., Biais, N., Fabry, B., Moeller, J., Pruitt, B.L., Wollnik, C., Kudryasheva, G., Rehfeldt, F., Federle, W., *Mechanotransduction: use the 434orcé(s)*. BMC Biology, (2015).

Perfil Profesiográfico:

Quienes impartan esta actividad deberán contar con el grado de Maestro(a) o Doctor(a) o con la dispensa de grado otorgada por el Comité Académico, en alguna disciplina afín a los contenidos de esta actividad académica; experiencia académica o profesional relacionadas con la docencia en los campos del conocimiento del Programa. Tener producción académica o profesional reciente, demostrada con obra académica o profesional reconocida. Manejo y conocimiento de técnicas de enseñanza y aprendizaje.

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

PROGRAMA DE POSGRADO EN CIENCIAS FÍSICAS
MAESTRÍA EN CIENCIAS (FÍSICA MÉDICA)

Introducción a la Resonancia Magnética Funcional					
Clave	**Semestre 3º o 4º**	**Créditos 6**	**Campo de conocimiento**	**Física Médica y Biológica**	
Modalidad	**Curso (X) Taller ( ) Lab ( ) Sem ( )**			**Tipo**	**T () P ( ) T/P (X)**
Carácter	**Obligatorio ( ) Optativo (X)** **Obligatorio E ( ) Optativo E ( )**			**Horas**	
Duración del programa	**semestral**			**Semana**	**Semestre**
				Teóricas 2	**32**
				Prácticas 1	**16**
				Total 3	**48**

Objetivo general:

El alumno aprenderá los conceptos básicos teóricos y de aplicación de la imagen funcional por resonancia magnética, así como el análisis estadístico de imagen por resonancia magnética funcional (Rmf).

Objetivos específicos:

- Identificar los conceptos básicos de imagen por resonancia magnética, los fundamentos de los procesos de imagen funcional por medio de Rmf.
- Planear tareas y procesos para la presentación de estímulos audiovisuales, así como los posibles métodos de presentación y respuesta compatibles con RMf.
- Reconocer los procesos de transferencia de los datos a sistemas de análisis.

Índice temático

	Tema	**Horas semestre**	
		Teóricas	**Prácticas**
1	**Introducción a la Imagen por Resonancia Magnética**	6	0
2	**Bases físicas de la señal BOLD**	6	0
3	**Diseño Experimental**	5	0
4	**Diseño e implementación de un paradigma básico**	5	0
5	**Pre-procesamiento de datos**	5	0
6	**Análisis de datos**	5	0
7	**Aplicaciones**	0	16
	Total	32	16
	Suma total de horas	**48**	

Contenido Temático	
	Tema y subtemas
Unidad 1	**Introducción a la Imagen por Resonancia Magnética**
1.1	Efecto de Resonancia Magnética

1.2	Frecuencia de Larmor
1.3	Formación de Imagen
1.4	Contrastes T1, T2 y T2*
Unidad 2	**Bases físicas de la señal BOLD**
2.1	Efecto BOLD
2.2	Flujo sanguíneo cerebral, volumen sanguíneo cerebral, tasa de consumo de oxígeno
2.3	Origen fisiológico de la señal BOLD
Unidad 3	**Diseño Experimental**
3.1	Paradigmas de estimulación/tarea en Rmf
3.2	Registro de respuestas
3.3	Consideraciones prácticas
Unidad 4	**Diseño e implementación de un paradigma básico**
4.1	Diseño
4.2	Software especializado para estimulación audiovisual y registro de respuestas
4.3	Implementación en equipo de Resonancia Magnética
Unidad 5	**Pre-procesamiento de datos**
5.1	Corrección “Slice timing”
5.2	Corrección de movimiento
5.3	Suavizado Espacial
5.4	Normalización Espacial
Unidad 6	**Análisis de datos**
6.1	Modelo Lineal General
6.2	Software especializado
6.3	Visualización y extracción de datos de interés
Unidad 7	**Aplicaciones**
7.1	Aplicaciones Clínicas
7.2	Presentación de proyectos de los alumnos

Estrategias didácticas		**Evaluación del aprendizaje**	
Exposición		Exámenes parciales	X
Trabajo en equipo		Examen final	
Lecturas	X	Trabajos y tareas	X
Trabajo de investigación	X	Presentación de tema	X
Prácticas (taller o laboratorio)		Participación en clase	X
Prácticas de campo		Asistencia	X
Aprendizaje por proyectos		Rúbricas	
Aprendizaje basado en problemas		Portafolios	
Casos de enseñanza		Listas de cotejo	
Otras (especificar)		Otras (especificar)	

Bibliografía básica:

- Friston K.J., Ashburner J.T., Kiebel S.J., Nichols T.E., Penny W.D. Statistical Parametric Mapping, The Anlálysis of Functional Brain Images, Academic Press, London, UK Elsevier, Ltd, 2007.
- Poldrack, Russell A. Poldrack, Jannette A. Mumford, Thomas E. Nichols. Handbook of functional MRI data analysis / Russell A. Cambridge University, 2011.

- Nicole A. Lazar. The statistical analysis of functional MRI data. New York: Springer Verlag, c2008
- Patrick W. Stroman. Essentials of functional MRI. Boca Raton: CRC Press, 2011.
- Zhi-Pei Liang, *Principles of Magnetic Resonance Imaging: A Signal Processing Perspective*, Paul C. Lauterbur, 1999.
- Stewart C. Bushong, Magnetic Resonance Imaging: Physical and Biological Principles, 2003.

Bibliografía complementaria:

- E. Mark Haacke y, et_al., Magnetic Resonance Imaging: Physical Principles and Sequence Design,1999.
- Marinus T. y, et_al., Magnetic Resonance Imaging, 2004.

Perfil Profesiográfico:

Quienes impartan esta actividad deberán contar con el grado de Maestro(a) o Doctor(a) o con la dispensa de grado otorgada por el Comité Académico, en alguna disciplina afín a los contenidos de esta actividad académica; experiencia académica o profesional relacionadas con la docencia en los campos del conocimiento del Programa. Tener producción académica o profesional reciente, demostrada con obra académica o profesional reconocida. Manejo y conocimiento de técnicas de enseñanza y aprendizaje.

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

PROGRAMA DE POSGRADO EN CIENCIAS FÍSICAS
MAESTRÍA EN CIENCIAS (FÍSICA MÉDICA)

Laboratorio Clínico Avanzado de Radioterapia

Clave	Semestre	Créditos	Campo de conocimiento	
	3º o 4º	8		Física Médica y Biológica

Modalidad	**Curso ( ) Taller ( ) Lab (X) Sem ( )**	**Tipo**	**T ( ) P ( ) T/P (x)**
Carácter	**Obligatorio () Optativo (x)** **Obligatorio E ( ) Optativo E ( )**	**Horas**	
Duración del programa	**semestral**	**Semana**	**Semestre**
		Teóricas 1	**16**
		Prácticas 3	**48**
		Total 4	**64**

Objetivo general:

El alumno adquirirá las habilidades y conceptos básicos para ejercer como físicos médicos en radioterapia externa con aceleradores lineales.

Objetivos específicos:

- Contar con un panorama general de los problemas prácticos a los que se enfrenta un físico médico clínico en radioterapia externa con aceleradores lineales.
- Aplicar los conocimientos y habilidades para enfrentar problemas prácticos, mediante la realización de prácticas.

Índice temático

	Tema	Horas semestre	
		Teóricas	Prácticas
1	Medidas dosimétricas relativas para haces clínicos de fotones	2	9
2	Medidas dosimétricas relativas para haces clínicos de electrones	2	9
3	Determinación de la dosis absorbida en agua para haces clínicos de fotones y electrones	2	9
4	Control de calidad de un tomógrafo simulador y el sistema de planeación de tratamiento	4	6
5	Planeación de tratamientos de radioterapia con acelerador lineal	4	9
6	Control de calidad en tratamientos de radioterapia de intensidad modulada	2	6
	Total	**16**	**48**
	Suma total de horas	**64**	

Contenido Temático	
	Tema y subtemas
Unidad 1	**Medidas dosimétricas relativas para haces clínicos de fotones**
1.1	Curvas de dosis en profundidad para un haz de fotones (PDD)
1.2	Perfiles de campos de radiación (campos con filtro y sin filtro de aplanado)
1.3	Especificación de la calidad de un haz de fotones (TPR)
Unidad 2	**Medidas dosimétricas relativas para haces clínicos de electrones**
2.1	Curvas de dosis en profundidad para un haz de electrones (PDD)
2.2	Perfiles de campos de radiación
2.3	Especificación de la calidad de un haz de electrones (R50)
Unidad 3	**Determinación de la dosis absorbida en agua para haces clínicos de fotones y electrones**
3.1	Código de práctica para haces de fotones de alta energía Informe Técnico No. 398 IAEA
3.2	Código de práctica para haces de electrones de alta energía Informe Técnico No. 398 IAEA
Unidad 4	**Control de calidad de un tomógrafo simulador y el sistema de planeación de tratamiento**
4.1	Proceso de simulación de tratamiento de radioterapia
4.2	Verificaciones geométricas de las imágenes tomográficas presentadas por el sistema de planeación de tratamiento
4.3	Verificación del cálculo de dosis del sistema de planeación de tratamiento
Unidad 5	**Planeación de tratamientos de radioterapia con acelerador lineal**
5.1	Planes de tratamiento 3D conformacionales
5.2	Radioterapia de intensidad modulada (IMRT, VMAT)
Unidad 6	**Control de calidad en tratamientos de radioterapia de intensidad modulada**
6.1	Índice gamma
6.2	Dosimetría portal
6.3	Control de calidad utilizando un arreglo de cámaras de ionización
Prácticas de laboratorio	
P1	Curva de dosis en profundidad para un haz de fotones (PDD)
P2	Evaluación de la homogeneidad y la simetría de un haz de fotones
P3	Medición del TPR para haces de fotones de diferente energía
P4	Curva de dosis en profundidad para un haz de electrones y determinación del R50
P5	Evaluación de la homogeneidad y la simetría de un haz de electrones
P6	Determinación de la dosis absorbida en agua para un haz de fotones
P7	Determinación de la dosis absorbida en agua para un haz de electrones
P8	Verificación de la constancia de las unidades Hounsfield (HU) y curva de densidad electrónica relativa vs. HU en el sistema de planeación de tratamiento
P9	Control de calidad al sistema de planeación de tratamiento
P10	Planeación de tratamiento de radioterapia (3D conformacional vs. IMRT)

P11	Control de calidad de un plan de tratamiento de IMRT

Estrategias didácticas		Evaluación del aprendizaje	
Exposición		Exámenes parciales	X
Trabajo en equipo	X	Examen final	X
Lecturas	X	Trabajos y tareas	X
Trabajo de investigación		Presentación de tema	
Prácticas (taller o laboratorio)	X	Participación en clase	X
Prácticas de campo		Asistencia	
Aprendizaje por proyectos		Rúbricas	
Aprendizaje basado en problemas		Portafolios	
Casos de enseñanza		Listas de cotejo	
Otras (especificar)		Otras (especificar)	

Bibliografía básica:

- AAPM Task Group Report No. 142. Quality Assurance of Medical accelerators. Med. Phys. 39(9), September 2009.
- Gunilla C. Bentel. Radiation Theraphy Planning. Mc.Graw-Hill, Second Edition, 1996.
- F.M. Khan, The Physics of Radiation Therapy. Lippincott Williams & Wilkins, 2011 (Fourth Edition).
- Gunilla C. Bentel. Radiation Theraphy Planning. Mc.Graw-Hill, Second Edition, 1996.
- E.B. Podgorsak, E.B. (Ed.) Review of Radiation Oncology Physics: A Handbook for Teachers and Students, Organismo Internacional de Energía Atómica, Viena (2015).

Bibliografía complementaria:

- IAEA, Colección de informes técnicos No. 398, Determinación de la dosis absorbida en radioterapia con haces externos, STI/DOC/010/398, Viena, 2005.
- NOM-033-NUCL-2016, Especificaciones técnicas para la operación de unidades de teleterapia: Aceleradores lineales (2016).

Perfil Profesiográfico:

Quienes impartan esta actividad deberán contar con el grado de Maestro(a) o Doctor(a) o con la dispensa de grado otorgada por el Comité Académico, en alguna disciplina afín a los contenidos de esta actividad académica; experiencia académica o profesional relacionadas con la docencia en los campos del conocimiento del Programa. Tener producción académica o profesional reciente, demostrada con obra académica o profesional reconocida. Manejo y conocimiento de técnicas de enseñanza y aprendizaje.

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

PROGRAMA DE POSGRADO EN CIENCIAS FÍSICAS
MAESTRÍA EN CIENCIAS (FÍSICA MÉDICA)

Laboratorio Clínico Avanzado de Radiodiagnóstico

Clave	Semestre	Créditos	Campo de conocimiento	
	3º o 4º	8		Física Médica y Biológica

Modalidad	**Curso ( ) Taller ( ) Lab (X) Sem ( )**	**Tipo**	**T ( ) P ( ) T/P (x)**
Carácter	**Obligatorio ( ) Optativo (x)** **Obligatorio E ( ) Optativo E ( )**	**Horas**	
Duración del programa	**semestral**	**Semana**	**Semestre**
		Teóricas 1	**16**
		Prácticas 3	**48**
		Total 4	**64**

Objetivo general:

El alumno adquirirá las habilidades y conceptos básicos para ejercer como físicos médicos en Radiodiagnóstico.

Objetivos específicos:

- Conocer los aspectos de las modalidades de imagen médica, mastografía, ultrasonido, CT y resonancia.
- Estudiar los principios de funcionamiento; principales protocolos de control de calidad de imagen, incluyendo los requisitos de la normatividad mexicana; seguridad del paciente y del personal, consideraciones especiales para niños y embarazadas; y cálculo de blindaje.

Índice temático

	Tema	Horas semestre	
		Teóricas	Prácticas
1	Mastografía	3	8
2	Tomografía Computada	3	8
3	Ultrasonido	3	8
4	Resonancia	3	8
5	Sistema de visualización de imágenes clínicas	2	8
6	Protección Radiológica en Radiodiagnóstico	2	8
	Total	**16**	**48**
	Suma total de horas	**64**	

Contenido Temático	
	Tema y subtemas
Unidad 1	**Mastografía**
1.1	Principio de funcionamiento de un mastógrafo
1.2	Control de calidad en mastografía
1.3	Normatividad mexicana para mastografía
Unidad 2	**Tomografía Computada**
2.1	Principio de funcionamiento de un CT
2.2	Calidad de imagen y artefactos en CT
2.3	Control de calidad en CT
Unidad 3	**Ultrasonido**
3.1	Física del ultrasonido
3.2	Principio de funcionamiento de un equipo de ultrasonido médico
3.3	Control de calidad en ultrasonido
Unidad 4	**Resonancia**
4.1	Principios físicos
4.2	Formación de la imagen
4.3	Control de calidad y seguridad
Unidad 5	**Sistema de visualización de imágenes clínicas**
5.1	Requisitos para cada modalidad de imagen
5.2	Control de calidad
Unidad 6	**Protección Radiológica en Radiodiagnóstico**
6.1	Dosimetría personal, equipos de detección de radiación y monitoreo de área
6.2	Consideraciones especiales en pacientes pediátricos y embarazadas
6.3	Cálculo de blindaje
Prácticas de laboratorio	
P1	Control de calidad de imagen en mastografía
P2	Evaluación dosimétrica de un mastógrafo
P3	Verificación la uniformidad, relación señal ruido y frecuencia central de un equipo de resonancia
P4	Control de calidad en monitores clínicos
P5	Verificación de blindajes en un equipo de CT
P6	Cálculo de blindajes en CT

Estrategias didácticas		Evaluación del aprendizaje	
Exposición	X	Exámenes parciales	X
Trabajo en equipo		Examen final	X
Lecturas	X	Trabajos y tareas	X
Trabajo de investigación		Presentación de tema	
Prácticas (taller o laboratorio)	X	Participación en clase	X
Prácticas de campo		Asistencia	
Aprendizaje por proyectos		Rúbricas	
Aprendizaje basado en problemas		Portafolios	
Casos de enseñanza		Listas de cotejo	
Otras (especificar)		Otras (especificar)	

Bibliografía básica:

- Bushberg J. T., Seibert J. A., Leidholdt E. M., Boone J. M., The Essential Physics of Medical Imaging, 3º edición, Williams & Wilkins, 2011.
- Colección de Salud Humana del OIEA No. 25, Funciones y responsabilidades de enseñanza y capacitación para los físicos médicos clínicamente cualificados, OIEA Viena, 2014.
- IAEA Human Health Series No. 17, Quality Assurance Programme for Digital Mammography, OIEA Viena, 2011.
- IAEA Human Health Series No. 19, Quality Assurance Programme for Computed Tomography: Diagnostic and Theraphy Applications, OIEA Viena, 2012.
- Alonso Díaz M., y cols. Protocolo Español de Control de Calidad en Radiodiagnóstico, SEFM-SEPR-SERAM Revisión 2011.
-

Bibliografía complementaria:

- Lemoigne Y., Caner A., Rahal G. Physics for Medical Imaging Applications. Springer 2007.

Perfil Profesiográfico:

Quienes impartan esta actividad deberán contar con el grado de Maestro(a) o Doctor(a) o con la dispensa de grado otorgada por el Comité Académico, en alguna disciplina afín a los contenidos de esta actividad académica; experiencia académica o profesional relacionadas con la docencia en los campos del conocimiento del Programa. Tener producción académica o profesional reciente, demostrada con obra académica o profesional reconocida. Manejo y conocimiento de técnicas de enseñanza y aprendizaje.

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

PROGRAMA DE POSGRADO EN CIENCIAS FÍSICAS
MAESTRÍA EN CIENCIAS (FÍSICA MÉDICA)

Laboratorio Clínico de Radiocirugía y Técnicas Avanzadas de Radioterapia					
Clave	**Semestre 3º o 4º**	**Créditos 8**	**Campo de conocimiento**	**Física Médica y Biológica**	
Modalidad	**Curso ( ) Taller ( ) Lab (X) Sem ( )**			**Tipo**	**T ( ) P ( ) T/P (x)**
Carácter	**Obligatorio () Optativo (x)** **Obligatorio E ( ) Optativo E ( )**			**Horas**	
Duración del programa	**semestral**			**Semana**	**Semestre**
				Teóricas 2	**32**
				Prácticas 2	**32**
				Total 4	**64**

Objetivo general:

El alumno aprenderá sobre la práctica clínica de un servicio de radiocirugía, así como del empleo de técnicas avanzadas de radioterapia, a través de prácticas de dosimetría, integración en el ámbito clínico y aplicación de protocolos de control de calidad.

Objetivos específicos:

- Conocer y entender el uso de detectores de radiación específicos para campos no convencionales y convencionales, tales como: detectores tipo diamante, diodos, películas radiocrómicas, micro-cámaras y cámaras de ionización.
- Realizar un adecuado control de calidad en procedimientos de radiocirugía o tratamientos que emplean técnicas avanzadas de radioterapia.

Índice temático

	Tema	**Horas semestre**	
		Teóricas	**Prácticas**
1	**Uso y funcionamiento de un acelerador lineal**	4	4
2	**Cumplimiento de la Norma Oficial Mexicana para un servicio de radioterapia**	4	4
3	**Control de calidad en imágenes para radiocirugía (tomógrafo, resonancia magnética, tomografía por emisión de positrones)**	4	4
4	**Comisionamiento del acelerador lineal**	4	4
5	**Control de calidad en sistemas de planeación**	4	4
6	**Introducción a campos no convencionales**	4	4
7	**Uso de diversos detectores para campos no convencionales**	4	4
8	**Manejo de incertidumbre para tratamientos de radiocirugía y técnicas avanzadas de radioterapia**	4	4
	Total	**32**	**32**
	Suma total de horas	**64**	

Contenido Temático	
	Tema y subtemas
Unidad 1	**Uso y funcionamiento de un acelerador lineal**
1.1	Componentes un acelerador, equipos imagen asociados, sistemas de planeación
Unidad 2	**Cumplimiento de la Norma Oficial Mexicana para un servicio de radioterapia**
2.1	Descripción de la norma NOM-033 y desglose de reglamento general de seguridad radiológica
Unidad 3	**Control de calidad en imágenes para radiocirugía (tomógrafo, resonancia magnética, tomografía por emisión de positrones)**
3.1	Tomógrafo, resonancia magnética, tomografía por emisión de positrones, y equipos de guía de imagen
3.2	Documento TG- 51
Unidad 4	**Comisionamiento del acelerador lineal**
4.1	TRS 398 (IAEA)
Unidad 5	**Control de calidad en sistemas de planeación**
5.1	TRS 430 (IAEA)
Unidad 6	**Introducción a campos no convencionales**
6.1	TRS 483 (AAPM, IAEA)
Unidad 7	**Uso de diversos detectores para campos no convencionales**
7.1	Diodos, películas radiocrómicas, cámaras de ionización
Unidad 8	**Manejo de incertidumbre para tratamientos de radiocirugía y técnicas avanzadas de radioterapia**
8.1	Incertidumbre en técnicas avanzadas

Estrategias didácticas		Evaluación del aprendizaje	
Exposición	X	Exámenes parciales	X
Trabajo en equipo		Examen final	X
Lecturas	X	Trabajos y tareas	X
Trabajo de investigación		Presentación de tema	
Prácticas (taller o laboratorio)	X	Participación en clase	
Prácticas de campo	X	Asistencia	
Aprendizaje por proyectos		Rúbricas	
Aprendizaje basado en problemas	X	Portafolios	
Casos de enseñanza		Listas de cotejo	
Otras (especificar)		Otras (especificar)	

Bibliografía básica:

- Pedro Andreo and others, Absorbed Dose Determination in External Beam Radiotherapy: An International Code of Practice for Dosimetry (Viena: IAEA Technical Report Series No. 398, 2000)I.
- P Andreo and others, Commissioning and Quality Assurance of Computerized Planning Systems for Radiation Treatment of Cancer, 2004.
- NOM-033-NUCL-1999 Especificaciones Técnicas Para La Operación de Unidades de Teleterapia. Aceleradores Lineales, 1999.

- M.M. Aspradakis and others, Small Field MV Photon Dosimetry, 1st edn (York: Institute of Physics and Engineering in Medicine, 2010).
- *International Atomic Energy Agency, 2017. Series: Technical reports series (International Atomic Energy Agency), ISSN 0074–1914 ; no. 483*

Bibliografía complementaria:

- International Atomic Energy Agency, 2004. p. ; 24 cm. — (Technical reports series, ISSN 0074–1914 ; no. 430) .

Perfil Profesiográfico:

Quienes impartan esta actividad deberán contar con el grado de Maestro(a) o Doctor(a) o con la dispensa de grado otorgada por el Comité Académico, en alguna disciplina afín a los contenidos de esta actividad académica; experiencia académica o profesional relacionadas con la docencia en los campos del conocimiento del Programa. Tener producción académica o profesional reciente, demostrada con obra académica o profesional reconocida. Manejo y conocimiento de técnicas de enseñanza y aprendizaje.

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

PROGRAMA DE POSGRADO EN CIENCIAS FÍSICAS
MAESTRÍA EN CIENCIAS (FÍSICA MÉDICA)

Principios Físicos del Ultrasonido Médico de Diagnóstico					
Clave	**Semestre** 3º o 4º	**Créditos** 6	**Campo de conocimiento**	**Física Médica y Biológica**	
Modalidad	**Curso (x) Taller ( ) Lab ( ) Sem ( )**			**Tipo**	**T (x) P ( ) T/P ( )**
Carácter	**Obligatorio ( ) Optativo (X)** **Obligatorio E ( ) Optativo E ( )**			**Horas**	
Duración del programa	**semestral**			**Semana**	**Semestre**
				Teóricas 3	**48**
				Prácticas 0	**0**
				Total 3	**48**

Objetivo general:

El alumno comprenderá los principios físicos y la tecnología detrás del proceso de formación de imágenes de ultrasonido médico.

Objetivos específicos:

- Conocer las herramientas matemáticas necesarias para describir la propagación de ondas de ultrasonido en diversos medios, incluyendo tejido biológico.
- Presentar los fenómenos físicos de interacción de las ondas de ultrasonido con el tejido biológico, así como los efectos biológicos y riesgos a la salud que resultan de dicha interacción.
- Describir la instrumentación y aplicaciones clínicas de las diferentes técnicas diagnósticas de ultrasonido (ecografía, técnicas Doppler y elastografía).

Índice temático

	Tema	**Horas semestre**	
		Teóricas	**Prácticas**
1	**Perspectiva histórica del ultrasonido médico**	3	0
2	**Ondas acústicas**	3	0
3	**Reflexión y transmisión**	3	0
4	**Difracción**	3	0
5	**Propiedades acústicas del tejido**	3	0
6	**Dispersión de ultrasonido**	3	0
7	**Transductores de ultrasonido**	6	0
8	**Instrumentación para imágenes ecográficas**	6	0
9	**Técnicas de evaluación de flujo**	6	0
10	**Elastografía**	6	0
11	**Exposimetría y efectos biológicos**	6	0
	Total	48	0
	Suma total de horas	48	

Contenido Temático	
	Tema y subtemas
Unidad 1	**Perspectiva Histórica del ultrasonido médico**
1.1	Precedentes históricos
1.2	Inicio de aplicaciones médicas
1.3	Evolución de sistemas de ultrasonido
Unidad 2	**Ondas acústicas**
2.1	Introducción a mecánica del continuo
2.2	Fluido Newtoniano Viscoso
2.3	Sólido elástico lineal
2.4	Ecuación de onda
2.5	Soluciones de la ecuación de onda
2.6	Ondas armónicas
2.7	Impedancia acústica
2.8	Intensidad y potencia
Unidad 3	**Reflexión y transmisión**
3.1	Coeficientes de reflexión y transmisión
3.2	Ley de Snell, ángulo crítico y ángulo de intromisión
3.3	Transmisión a través de una capa delgada y acoplamiento acústico
3.4	Conversión de modo
Unidad 4	**Difracción**
4.1	Ecuaciones de difracción de Rayleigh - Sommerfeld
4.2	Integral de Rayleigh
4.3	Método de espectro angular
4.4	Campo producido por un pistón plano
4.5	Métodos aproximados (aproximaciones de Fraunhofer y Fresnel)
4.6	Campo producido por transductores enfocados
4.7	Campo producido por arreglos anulares
4.8	Campo producido por transductores rectangulares
4.9	Campo producido por arreglos de transductores rectangulares
Unidad 5	**Propiedades acústicas del tejido**
5.1	Rapidez de propagación (adiabática e isotérmica)
5.2	Rapidez de grupo y de fase
5.3	Atenuación y mecanismos de absorción
5.4	Relaciones de Kramers-Kronig (atenuación vs. dispersión)
5.5	Parámetro de alinealidad

5.6	Métodos de medición
5.7	Valores de propiedades en tejido blando
Unidad 6	**Dispersión de ultrasonido**
6.1	Sección eficaz de dispersión
6.2	Coeficiente de retrodispersión
6.3	Métodos de medición
6.4	Dominios de *ka*
6.5	Dispersión en tejidos biológicos
6.6	Propiedades estadísticas de la dispersión
Unidad 7	**Transductores de ultrasonido**
7.1	Efecto piezoeléctrico
7.2	Diseño de transductores y modelos de circuitos
7.3	cMUTs
7.4	Transductores y resolución espacial
Unidad 8	**Instrumentación para imágenes ecográficas**
8.1	Componentes de transmisión
8.2	Componentes de recepción
8.3	Convertidor de la imagen
8.4	Modos de despliegue
8.5	Rapidez de formación de imágenes
8.6	Herramientas avanzadas
Unidad 9	**Técnicas de evaluación de flujo**
9.1	Efecto Doppler
9.2	Equipos Doppler de ondas continuas
9.3	Equipos Doppler de ondas pulsadas
9.4	Técnica Doppler espectrales
9.5	Técnicas de imagen de flujo a color
Unidad 10	**Elastografía**
10.1	Respuesta elástica y viscoelástica de materiales
10.2	Modelos reológicos
10.3	Respuesta dinámica
10.4	Relaciones de Kramers-Kronig
10.5	Propagación de ondas en materiales viscoelásticos
10.6	Técnicas de elastografía cuasi-estática
10.7	Técnicas de elastografía dinámica
Unidad 11	**Exposimetría y efectos biológicos**
11.1	Unidades de exposimetría
11.2	Técnicas de exposimetría

11.3	Efectos mecánicos
11.4	Efectos térmicos
11.5	Evidencia epidemiológica de riesgo
11.6	Límites recomendados y principio ALARA

Estrategias didácticas		Evaluación del aprendizaje	
Exposición	X	Exámenes parciales	X
Trabajo en equipo		Examen final	
Lecturas	X	Trabajos y tareas	X
Trabajo de investigación		Presentación de tema	
Prácticas (taller o laboratorio)	X	Participación en clase	
Prácticas de campo		Asistencia	
Aprendizaje por proyectos		Rúbricas	
Aprendizaje basado en problemas		Portafolios	
Casos de enseñanza		Listas de cotejo	
Otras (especificar)		Otras (especificar)	

Bibliografía básica:

- Cobbold, Richard SC. Foundations of biomedical ultrasound. Oxford University Press, 2006.
- Lai WM, Rubin DH, Krempl E, Rubin D. Introduction to continuum mechanics. Butterworth-Heinemann; 2009
- Lakes R, Lakes RS. Viscoelastic materials. Cambridge university press; 2009.
- Szabo, Thomas L. *Diagnostic ultrasound imaging: inside out*. Academic Press, 2nd Edition, 2014
- Hill, Christopher Rowland, Jeff C. Bamber, and Gail R. ter Haar, eds. "Physical principles of medical ultrasonics." (2004): 2707-2707.

Bibliografía complementaria:

- Zagzebski, J. A. "Essentials of ultrasound physics St Louis." Mo: Mosby (1996).
- Pierce, Allan D. Acoustics: an introduction to its physical principles and applications. Vol. 678. New York: McGraw-Hill, 1981.
- Shung, K. Kirk, and Gary A. Thieme. *Ultrasonic scattering in biological tissues*. CRC press, 1992.
- Morse PM, Ingard KU. *Theoretical acoustics*. Princeton university press; 1968.

Perfil Profesiográfico:

Quienes impartan esta actividad deberán contar con el grado de Maestro(a) o Doctor(a) o con la dispensa de grado otorgada por el Comité Académico, en alguna disciplina afín a los contenidos de esta actividad académica; experiencia académica o profesional relacionadas con la docencia en los campos del conocimiento del Programa. Tener producción académica o profesional reciente, demostrada con obra académica o profesional reconocida. Manejo y conocimiento de técnicas de enseñanza y aprendizaje.

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

PROGRAMA DE POSGRADO EN CIENCIAS FÍSICAS
MAESTRÍA EN CIENCIAS (FÍSICA MÉDICA)

Radiobiología del Sistema Nervioso Central					
Clave	**Semestre** 3º o 4º	**Créditos** 6	**Campo de conocimiento**	**Física Médica y Biológica**	
Modalidad	**Curso (X) Taller ( ) Lab ( ) Sem ( )**			**Tipo**	**T (X) P ( ) T/P ( )**
Carácter	**Obligatorio ( ) Optativo (X)** **Obligatorio E ( ) Optativo E ( )**			**Horas**	
Duración del programa	**semestral**			**Semana**	**Semestre**
				Teóricas 3	**48**
				Prácticas 0	**0**
				Total 3	**48**

Objetivo general:
El alumno estudiará temas de actualidad y frontera sobre la radiobiología del sistema nervioso central y sus metodologías de estudio.

Objetivos específicos:

- Conocer las bases de los efectos biológicos relacionados con la irradiación del sistema nervioso central
- Identificar las metodologías existentes para el estudio de la radiobiología del sistema nervioso central
- Analizar los retos técnicos y dosimétricos que representa el estudio de la radiobiología del sistema nervioso central.

Índice temático

	Tema	**Horas semestre**	
		Teóricas	**Prácticas**
1	**Irradiando el tejido normal cerebral**	16	0
2	**Irradiando el Sistema Nervioso Central**	16	0
3	**Metodologías para la irradiación en estudios pre-clínicos**	16	0
	Total	**48**	**0**
	Suma total de horas	**48**	

Contenido Temático	
	Tema y subtemas
Unidad 1	**Irradiando el tejido normal cerebral**
1.1	Radiobiología e Inflamación
1.2	Modelos de Respuesta del Tejido Normal
1.3	Quantec: Tolerancias del Tejido Normal
Unidad 2	**Irradiando el Sistema Nervioso Central**

2.1	Quantec: Tolerancias del Sistema Nervioso Central
2.2	Radiobiología y Radioneurocirugía
2.3	Radiobiología y Neuro-inflamación
Unidad 3	**Metodologías para la irradiación en estudios pre-clínicos**
3.1	Plataformas de irradiación para estudios pre-clínicos
3.2	Dosimetría en modelos radiobiológicos
3.3	Imágenes para radioterapia en modelos preclínicos
3.4	Preguntas abiertas en la radiobiología del sistema nervioso central

Estrategias didácticas		Evaluación del aprendizaje	
Exposición	X	Exámenes parciales	X
Trabajo en equipo		Examen final	X
Lecturas	X	Trabajos y tareas	X
Trabajo de investigación		Presentación de tema	X
Prácticas (taller o laboratorio)		Participación en clase	X
Prácticas de campo		Asistencia	X
Aprendizaje por proyectos		Rúbricas	
Aprendizaje basado en problemas		Portafolios	
Casos de enseñanza		Listas de cotejo	
Otras (especificar)		Otras (especificar)	

Bibliografía básica:

- Hall E. J., “Radiobiology for the Radiologist”, Lippincott Williams and Wilkins, 6° edición, 2005.
- Nias A.H.W., An Introduction to Radiobiology, Wiley, New York, 1998.
- Steel G.G., Basic Clinical Radiobiology, Arnold, London, 2002.
- Emami, B., Lyman, J., Brown, A. et al. Tolerance of normal tissue to therapeutic radiation. Int J Radiat Oncol Biol Phys. 1991; 21: 109–122
- Lawrence YR, Li XA,et al. Radiation dose-volume effects in the brain Int J Radiat Oncol Biol Phys. 2010 Mar 1;76(3 Suppl):S20-7.

Bibliografía complementaria:

- Brown JM, Carlson DJ, Brenner DJ. The tumor radiobiology of SRS and SBRT: are more than the 5 Rs involved? Int J Radiat Oncol Biol Phys. 2014 Feb 1;88(2):254-62
- Santacroce A, Kamp MA, Budach W, Hänggi D. Radiobiology of radiosurgery for the central nervous system. Biomed Res Int. 2013;2013:362761.
- Ballesteros-Zebadúa P, Chavarria A, Celis MA, Paz C, Franco-Pérez J. Radiation-induced neuroinflammation and radiation somnolence syndrome. CNS Neurol Disord Drug Targets. 2012 Nov 1;11(7):937-49
- Greene-Schloesser D, Robbins ME,et al. Radiation-induced brain injury: A review. Front Oncol. 2012 Jul 19;2:73
- Lumniczky K, Szatmári T, Sáfrány G. Ionizing Radiation-Induced Immune and Inflammatory Reactions in the Brain.Front Immunol. 2017 May 5;8:517.
- Yoshizumi T, Brady SL, Robbins ME, Bourland JD. Specific issues in small animal dosimetry and irradiator calibration. Int J Radiat Biol. 2011 Oct;87(10):1001-10.
- Prise KM, Verhaegen F. Small animal image-guided radiotherapy.Br J Radiol. 2017 Jan;90(1069):20160905.
- Koontz BF, Verhaegen F, De Ruysscher D. Tumour and normal tissue radiobiology in mouse models: how close are mice to mini-humans? Br J Radiol. 2017 Jan;90(1069):20160441

Perfil Profesiográfico:

Quienes impartan esta actividad deberán contar con el grado de Maestro(a) o Doctor(a) o con la dispensa de grado otorgada por el Comité Académico, en alguna disciplina afín a los contenidos de esta actividad académica; experiencia académica o profesional relacionadas con la docencia en los campos del conocimiento del Programa. Tener producción académica o profesional reciente, demostrada con obra académica o profesional reconocida. Manejo y conocimiento de técnicas de enseñanza y aprendizaje.

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

PROGRAMA DE POSGRADO EN CIENCIAS FÍSICAS
MAESTRÍA EN CIENCIAS (FÍSICA MÉDICA)

Radioisótopos en Medicina y Biología

Clave	Semestre	Créditos	Campo de conocimiento	
	3º o 4º	8		Física Médica y Biológica

Modalidad	**Curso (X) Taller ( ) Lab ( ) Sem ( )**	**Tipo**	**T ( ) P ( ) T/P (X)**
Carácter	**Obligatorio () Optativo (x)** **Obligatorio E ( ) Optativo E ( )**	**Horas**	

Duración del programa	**semestral**	**Semana**	**Semestre**
		Teóricas 3	**48**
		Prácticas 1	**16**
		Total 4	**64**

Objetivo general:

El alumno tendrá una visión amplia sobre los principios físicos, químicos y biológicos de los radioisótopos usados en medicina y biología, con énfasis en emisores de positrones producidos en aceleradores de partículas tipo ciclotrón para la síntesis de radiofármacos dirigidos a blancos moleculares específicos utilizados en tomografía por emisión de positrones (PET).

Objetivos específicos:

- Comprender la producción de radionúclidos para uso médico vía ciclotrón, la producción y control de calidad de radiofármacos y sus aplicaciones en la medicina nuclear e imagen molecular basada en Tomografía por Emisión de Positrones.
- Entender los aspectos del análisis cuantitativo de imagen.

Índice temático

	Tema	Horas semestre	
		Teóricas	**Prácticas**
1	**Conceptos básicos**	6	0
2	**Detección y medición de la radiactividad**	4	2
3	**Fundamentos sobre la producción de radioisótopos**	8	4
4	**Radioisótopos emisores de positrones**	8	2
5	**Producción de radiofármacos**	8	4
6	**Control de calidad de radiofármacos**	4	2
7	**Medicina nuclear e imagen molecular**	10	2
	Total	**48**	**16**
	Suma total de horas	**64**	

Contenido Temático	
	Tema y subtemas
Unidad 1	**Conceptos básicos**
1.1	Estructura del núcleo atómico
1.2	Radiactividad
1.3	Interacción de radiación con materia
1.4	Decaimientos nucleares
Unidad 2	**Detección y medición de la radiactividad**
2.1	Detectores gaseosos
2.2	Detectores de estado sólido
2.3	Espectrometría gamma
Unidad 3	**Fundamentos sobre la producción de radioisótopos**
3.1	Reacciones nucleares
3.2	Energía umbral de una reacción nuclear
3.3	Nomenclatura de las reacciones nucleares
3.4	Aceleradores de partículas tipo ciclotrón
3.5	Radioisótopos producidos vía ciclotrón vs. reactor nuclear
3.6	Preparación e irradiación de blancos: Blancos líquidos, Blancos gaseosos y Blancos sólidos
3.7	Técnicas de separación radioquímica
3.8	Intercambio iónico
3.9	Destilación seca
3.10	Extracción por solventes
3.11	Precipitación y filtración
Unidad 4	**Radioisótopos emisores de positrones**
4.1	Radioisótopos convencionales y no-convencionales
4.2	Radioisótopos de vida media ultra corta
4.3	Generadores de radioisótopos para PET
4.4	Producción y control de calidad
Unidad 5	**Producción de radiofármacos**
5.1	Métodos de marcado
5.2	Radiofármacos marcados con flúor-18 (F-18): Sustitución nucleofílica, Sustitución electrofílica
5.3	Radiofármacos marcados con carbono-11 (C-11)
5.4	Reacciones de carboxilación
5.5	Reacciones de metilación
5.6	Radiofármacos marcados con radiometales (Galio-68, Ga-68; Cobre-64, Cu-64).
5.7	Radiofármacos marcados con radiohalógenos (Yodo-124, I-124)

5.8	Módulos de síntesis química automatizados
Unidad 6	**Control de calidad de radiofármacos**
6.1	Pruebas físicas
6.2	Pruebas químicas
6.3	Pruebas biológicas
Unidad 7	**Medicina nuclear e imagen molecular**
7.1	Fundamentos básicos
7.2	Farmacocinética y farmacodinamia
7.3	Tomografía por emisión de positrones
7.4	Aplicaciones en oncología
7.5	Aplicaciones en neurología
7.6	Aplicaciones en cardiología
7.7	Investigación preclínica (microPET)
7.8	Análisis cuantitativo de imágenes

Estrategias didácticas		**Evaluación del aprendizaje**	
Exposición		Exámenes parciales	X
Trabajo en equipo		Examen final	X
Lecturas	X	Trabajos y tareas	X
Trabajo de investigación		Presentación de tema	X
Prácticas (taller o laboratorio)	X	Participación en clase	X
Prácticas de campo		Asistencia	X
Aprendizaje por proyectos		Rúbricas	
Aprendizaje basado en problemas		Portafolios	
Casos de enseñanza		Listas de cotejo	
Otras (especificar)		Otras (especificar)	

Bibliografía básica:

- Physics in Nuclear Medicine, Fourth Edition, S.R. Cherry, J.A. Sorenson, M.E. Phelps, Saunders, 2012.
- Nuclear Medicine Physics: A Handbook for Teachers and Students, D.L. Balley, J.L. Humm, A. Tood-Pokropek, A. van Aswengen, Editors, International Atomic Energy Agency, Vienna, 2014.
- Fundamentals of Nuclear Pharmacy 5th ed., G.B. Saha, Springer, 2004.
- Radiopharmaceuticals for Positron Emission Tomography, Edited by G. Stöcklin and V.W. Pike, Kluwer Academic Publishers, 1993.
- Positron Emission Tomography, Basic Science and Clinical Practice, Edited by P.E. Valk, D.L. Bailey, D.W. Townsend, M.N. Maisey, Springer, 2003.

Bibliografía complementaria:

- Theobald T. Sampson's Textbook of Radiopharmacy. Pharmaceutical Press 4th Ed. 2010. Pharmaceutical Press

Perfil Profesiográfico:

Quienes impartan esta actividad deberán contar con el grado de Maestro(a) o Doctor(a) o con la dispensa de grado otorgada por el Comité Académico, en alguna disciplina afín a los contenidos de esta actividad académica; experiencia académica o profesional relacionadas con la docencia en los campos del conocimiento del Programa. Tener producción académica o profesional reciente, demostrada con obra académica o profesional reconocida. Manejo y conocimiento de técnicas de enseñanza y aprendizaje.

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

PROGRAMA DE POSGRADO EN CIENCIAS FÍSICAS
MAESTRÍA EN CIENCIAS (FÍSICA MÉDICA)

Análisis de señales Cerebrales y otros Sistemas Complejos					
Clave	**Semestre** 3º o 4º	**Créditos** 6	**Campo de conocimiento**	**Física Médica y Biológica**	
Modalidad	**Curso (x) Taller () Lab ( ) Sem ( )**			**Tipo**	**T (X) P ( ) T/P ( )**
Carácter	**Obligatorio () Optativo (x)** **Obligatorio E ( ) Optativo E ( )**			**Horas**	
Duración del programa	**Semestral**			**Semana**	**Semestre**
				Teóricas 3	**48**
				Prácticas 0	**0**
				Total 3	**48**

Objetivo general:
El alumno identificará los métodos cuantitativos en el análisis de series de tiempo para que resuelva problemas relacionados con el análisis de la actividad cerebral y otros sistemas complejos.

Objetivos específicos:

- Discernir sobre las series de tiempo fisiológicas, en particular series de tiempo cerebrales
- Aplicar los métodos de análisis de series de tiempo (Fourier, wavelets, métodos tiempo-frecuencia, etc.)

Índice temático

	Tema	**Horas semestre**	
		Teóricas	**Prácticas**
1	**Señales cerebrales**	6	0
2	**Señales fisiológicas en general**	12	0
3	**Métodos espectrales (Fourier)**	12	0
4	**Wavelets**	10	0
5	**Métodos tiempo-frecuencia**	8	0
	Total	**48**	**0**
	Suma total de horas	**48**	

Contenido Temático	
	Tema y subtemas
Unidad 1	**Señales cerebrales**
1.1	Tipos de sistemas complejos y su nivel de organización
Unidad 2	**Señales fisiológicas en general**

2.1	Seleción y diseño de filtros digitales para distintos tipos de señales
2.2	Diseño y utilización de datos artificiales para representación de la hipotesis nulas
2.3	Diseño y utilización de datos sustitutos
2.4	Seleción de pruebas de significancia
Unidad 3	**Métodos espectrales (Fourier)**
3.1	Métodos cuantitativos en el análisis de sistemas complejos
3.2	Métodos Uni, Bi, Mul-tivariante de series de tiempo con enfoque lineal y no-lineal
3.3	Discuciones del desempeño de diferentes métodos mul-tivariantes
3.4	Métodos direccionales
3.5	Fuentes de error
3.6	Visualización de resultados
Unidad 4	**Wavelets**
Unidad 5	**Métodos tiempo-frecuencia**

Estrategias didácticas		**Evaluación del aprendizaje**	
Exposición	X	Exámenes parciales	
Trabajo en equipo		Examen final	
Lecturas	X	Trabajos y tareas	
Trabajo de investigación	X	Presentación de tema	X
Prácticas (taller o laboratorio)	X	Participación en clase	X
Prácticas de campo		Asistencia	X
Aprendizaje por proyectos		Rúbricas	
Aprendizaje basado en problemas		Portafolios	
Casos de enseñanza		Listas de cotejo	
Otras (especificar)		Otras (especificar)	

Bibliografía básica:

- Kantz, Holger and Schreiber, Thomas. Nonlinear time series analysis, Cambridge university press; 7, 2004.
- Brigham, E Oran and Brigham, Elbert Oran. The fast Fourier transform, Prentice-Hall Englewood Cliffs, NJ;7, 1974.
- Ansari-Asl, Karim and Senhadji, Lotfi and Bellanger, Jean-Jacquesand Wendling, Fabrice. Quantitative evaluation of linear and nonlinearmethods characterizing interdependencies between brain signals, Physical Review,74(3),2006.
- Kreuz, Thomas and Mormann, Florian and Andrzejak, Ralph G and Kraskov, Alexander and Lehnertz, Klaus and Grassberger, Peter. Measuring synchronization in coupled model systems: A comparison of different approaches. Physica D: Nonlinear Phenomena, 225(1),2007.
- Rummel, Christian and Baier, Gerold and Müller, Markus.The influence of static correlations on multivariate correlation analysis of the EEG; Journal of neuroscience methods,166(1),2007.

Bibliografía complementaria:

- Müller, Markus and Baier, Gerold and Galka, Andreas and Stephani, Ulrich and Muhle, Hiltrud. Detection and characterization of changesof the correlation structure in multivariate time series; Physical ReviewE, 71(4),2005.
- García Arlex, Oscar Marín and Müller, Markus Franziskus and Schindler, Kaspar and Rummel, Christian. Genuine cross-correlations: Whichsurrogate based measure reproduces analytical results best?; Neural Networks, 46,2013.

- Chavez, M and Besserve, M and Adam, C and Martinerie, J. Towards a proper estimation of phase synchronization from time series; Journal of neuroscience methods,154(1), 2006.
- Wady A Ríos Herrera, Joaquín Escalona, Daniel Rivera López, and Markus F Muller. On the estimation of phase synchronization, spurious synchronization and filtering. Chaos: An Interdisciplinary Journal of Nonlinear Science, 26(12): 123106, 2016.
- Schreiber, Thomas and Schmitz, Andreas. Surrogate time series; Physica D: Nonlinear Phenomena,14234),2000.

Perfil Profesiográfico:

Quienes impartan esta actividad deberán contar con el grado de Maestro(a) o Doctor(a) o con la dispensa de grado otorgada por el Comité Académico, en alguna disciplina afín a los contenidos de esta actividad académica; experiencia académica o profesional relacionadas con la docencia en los campos del conocimiento del Programa. Tener producción académica o profesional reciente, demostrada con obra académica o profesional reconocida. Manejo y conocimiento de técnicas de enseñanza y aprendizaje.

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

PROGRAMA DE POSGRADO EN CIENCIAS FÍSICAS
MAESTRÍA EN CIENCIAS (FÍSICA MÉDICA)

Temas Selectos de Física Biológica

Clave	Semestre	Créditos:	Campo de conocimiento	Física Médica y Biológica
	3º o 4º	Variable entre 6 y 12		

Modalidad	**Curso (x) Taller () Lab ( ) Sem ( )**	**Tipo**	**T ( ) P ( ) T/P ( )**
Carácter	**Obligatorio () Optativo (x)** **Obligatorio E ( ) Optativo E ( )**	**Horas**	
Duración del programa	**semestral**	**Semana**	**Semestre**
		Teóricas	**Variable**
		Prácticas	**Variable**
		Total	**Variable**

Objetivo general:

El alumno conocerá los temas de actualidad y frontera en el Campo de Física Biológica.

Objetivos específicos:
Profundizar sobre aspectos particulares de Física Biológica de vanguardia para fomentar la inclusión de temas en desarrollo o de reciente aparición.

Índice temático

	Tema	Horas semestre	
		Teóricas	**Prácticas**
	Estas actividades tratarán aspectos particulares de Física Biológica de un determinado tema de actualidad. Con la finalidad de fomentar la inclusión de temas en desarrollo o de reciente aparición. Estos cursos no contarán con temarios preestablecidos. Previo al inicio de cada semestre, los profesores interesados propondrán el temario del curso solicitado, el cual será revisado y en su caso aprobado o modificado por el Comité Académico.		
	Suma total de horas	**Variable**	

Contenido Temático	
	Tema y subtemas
	Estas actividades tratarán aspectos particulares de Física Biológica de un determinado tema de actualidad. Con la finalidad de fomentar la inclusión de temas en desarrollo o de reciente aparición. Estos cursos no contarán con temarios preestablecidos. Previo al inicio de cada semestre, los profesores interesados propondrán el temario del curso solicitado, el cual será revisado y en su caso aprobado o modificado por el Comité Académico

Estrategias didácticas*		Evaluación del aprendizaje*	
Exposición		Exámenes parciales	
Trabajo en equipo		Examen final	
Lecturas		Trabajos y tareas	
Trabajo de investigación		Presentación de tema	
Prácticas (taller o laboratorio)		Participación en clase	
Prácticas de campo		Asistencia	
Aprendizaje por proyectos		Rúbricas	
Aprendizaje basado en problemas		Portafolios	
Casos de enseñanza		Listas de cotejo	
Otras (especificar)		Otras (especificar)	

*** Las estrategias didácticas y la Evaluación del aprendizaje del tema dependerán del programa de la actividad, aprobado por el Comité Académico.**

Bibliografía básica:

- La bibliografía dependerá del tema que se aborde en el tema selecto

Bibliografía complementaria:

- La bibliografía dependerá del tema que se aborde en el tema selecto

Perfil Profesiográfico:

Quienes impartan esta actividad deberán contar con el grado de Maestro(a) o Doctor(a) o con la dispensa de grado otorgada por el Comité Académico, en alguna disciplina afín a los contenidos de esta actividad académica; experiencia académica o profesional relacionadas con la docencia en los campos del conocimiento del Programa. Tener producción académica o profesional reciente, demostrada con obra académica o profesional reconocida. Manejo y conocimiento de técnicas de enseñanza y aprendizaje.

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

PROGRAMA DE POSGRADO EN CIENCIAS FÍSICAS
MAESTRÍA EN CIENCIAS (FÍSICA MÉDICA)

Temas Selectos de Física Médica

Clave	**Semestre**	**Créditos:**	**Campo de conocimiento**	**Física Médica y Biológica**
	3º o 4º	**Variable entre 6 y 12**		

Modalidad	**Curso (x) Taller () Lab ( ) Sem ( )**	**Tipo**	**T ( ) P ( ) T/P ( )**
Carácter	**Obligatorio () Optativo (x)** **Obligatorio E ( ) Optativo E ( )**	**Horas**	

Duración del programa	**semestral**	**Semana**	**Semestre**
		Teóricas	**Variable**
		Prácticas	**Variable**
		Total	**Variable**

Objetivo general:

El alumno conocerá los temas de actualidad y frontera en el Campo de Física Médica

Objetivos específicos:
Profundizar sobre aspectos particulares de Física Médica de vanguardia para fomentar la inclusión de temas en desarrollo o de reciente aparición.

Índice temático

	Tema	**Horas semestre**	
		Teóricas	**Prácticas**
	Estas actividades tratarán aspectos particulares de Física Médica de un determinado tema de actualidad. Con la finalidad de fomentar la inclusión de temas en desarrollo o de reciente aparición. Estos cursos no contarán con temarios preestablecidos. Previo al inicio de cada semestre, los profesores interesados propondrán el temario del curso solicitado, el cual será revisado y en su caso aprobado o modificado por el Comité Académico.		
	Suma total de horas	**Variable**	

Contenido Temático	
	Tema y subtemas
	Estas actividades tratarán aspectos particulares de Física Médica de un determinado tema de actualidad. Con la finalidad de fomentar la inclusión de temas en desarrollo o de reciente aparición. Estos cursos no contarán con temarios preestablecidos. Previo al inicio de cada semestre, los profesores interesados propondrán el temario del curso solicitado, el cual será revisado y en su caso aprobado o modificado por el Comité Académico

Estrategias didácticas*		Evaluación del aprendizaje*	
Exposición		Exámenes parciales	
Trabajo en equipo		Examen final	
Lecturas		Trabajos y tareas	
Trabajo de investigación		Presentación de tema	
Prácticas (taller o laboratorio)		Participación en clase	
Prácticas de campo		Asistencia	
Aprendizaje por proyectos		Rúbricas	
Aprendizaje basado en problemas		Portafolios	
Casos de enseñanza		Listas de cotejo	
Otras (especificar)		Otras (especificar)	

*** Las estrategias didácticas y la Evaluación del aprendizaje del tema dependerán del programa de la actividad, aprobado por el Comité Académico.**

Bibliografía básica:

- La bibliografía dependerá del tema que se aborde en el tema selecto

Bibliografía complementaria:

- La bibliografía dependerá del tema que se aborde en el tema selecto

Perfil Profesiográfico:

Quienes impartan esta actividad deberán contar con el grado de Maestro(a) o Doctor(a) o con la dispensa de grado otorgada por el Comité Académico, en alguna disciplina afín a los contenidos de esta actividad académica; experiencia académica o profesional relacionadas con la docencia en los campos del conocimiento del Programa. Tener producción académica o profesional reciente, demostrada con obra académica o profesional reconocida. Manejo y conocimiento de técnicas de enseñanza y aprendizaje.