



**VISTO**

La Ordenanza del Honorable Consejo Directivo N° 3/05 que establece la creación de la carrera de posgrado Maestría en Física Médica; y

**CONSIDERANDO**

Que es necesario atender las observaciones efectuadas por el Consejo Asesor de la Secretaría de Posgrado de la Universidad en la reunión del día 6 de Octubre próximo pasado;

Que es necesario garantizar la calidad y la seguridad de los tratamientos y diagnósticos médicos mediante el empleo de radiaciones, para lo cual es imprescindible la presencia de una persona especializada en Física Médica;

Que el rápido desarrollo tecnológico de las aplicaciones de las radiaciones en la medicina no ha estado acompañado por la correspondiente formación de recursos humanos de excelencia en Física Médica en la región;

Que el ámbito de nuestra Universidad –y en particular nuestra Facultad– es el adecuado para la formación de dichos profesionales;

**EL H. CONSEJO DIRECTIVO DE LA FACULTAD  
DE MATEMÁTICA, ASTRONOMÍA Y FÍSICA,**

**ORDENA:**

**ARTÍCULO 1º:** Crear la Carrera de Posgrado “Maestría en Física Médica” en el ámbito de la Facultad de Matemática, Astronomía y Física de la Universidad Nacional de Córdoba.

**ARTÍCULO 2º:** La Facultad de Matemática, Astronomía y Física otorgará el título de “MAGÍSTER EN FÍSICA MÉDICA” a quienes completen el Plan de Estudios de dicha Carrera.

**ARTÍCULO 3º:** El proyecto de la Carrera en formato CONEAU, los requisitos para el ingreso, el plan de estudios y las pautas académicas específicas de esta Carrera de Posgrado se adjuntan en los Anexos 1, A, B, C y D que forman parte de la presente Ordenanza.

**ARTÍCULO 4º:** Derogar las Ordenanzas HCD N° 1/02 y 3/05 .



Universidad Nacional de Córdoba  
FACULTAD DE MATEMÁTICA ASTRONOMÍA Y FÍSICA

---

**ARTÍCULO 5º:** Solicitar al Honorable Consejo Superior su aprobación y que tramite la correspondiente validación nacional del título.

**ARTÍCULO 6º:** Comuníquese, désele amplia difusión y archívese.

**DADA EN LA SALA DE SESIONES DEL H. CONSEJO DIRECTIVO DE LA FACULTAD DE MATEMÁTICA, ASTRONOMÍA Y FÍSICA, A VEINTICUATRO DÍAS DEL MES DE OCTUBRE DE DOS MIL CINCO.**

Dr. WALTER A. DAL LAGO  
Secretario General Fa. M. A. F.

Dr. DANIEL E. BARRACO DÍAZ  
DECANO  
Fa. M. A. F.

## SOLICITUD DE ACREDITACIÓN

---

**INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA QUE HACE LA PRESENTACIÓN:**

Universidad Nacional de Córdoba

**UNIDAD ACADÉMICA:**

Facultad de Matemática, Astronomía y Física

**TIPO DE POSGRADO:** Maestría

**ESTADO DEL POSGRADO:** Proyecto

**DENOMINACIÓN DE LA CARRERA:**

Maestría en Física Médica

**DISCIPLINA:**

Física

**SUBDISCIPLINA:**

Acústica

**MODALIDAD DE DICTADO:** Presencial

**ESTRUCTURA DEL PLAN DE ESTUDIOS:** Estructurado

**NÚMERO DE CUERPOS QUE INTEGRAN LA PRESENTE SOLICITUD (INCLUYENDO LOS ANEXOS):**

5
---

**ÍNDICE DEL CUERPO PRINCIPAL**

	Páginas
0. Datos generales de la carrera o proyecto.	2
1. Fundamentación y evaluaciones previas.	3
2. Dirección, Comité Académico y funcionamiento de la carrera.	4
3. Plan de estudios.	7
4. Cuerpo académico.	17
5. Actividades científico - tecnológicas.	21
6. Actividades de transferencia, consultorías, asistencia técnica u otras.	22
7. Alumnos y graduados.	23
8. Infraestructura y equipamiento (de uso propio y no informado en la presentación institucional).	24
9. Autodiagnóstico y planes de mejoramiento.	25
10. Financiamiento y fichas.	26

## 0. DATOS GENERALES DE LA CARRERA

### 0.1 Título que otorga la carrera

Magister en Física Médica

### 0.2 Disciplina y subdisciplina

0.2.1. Disciplina.

Física

0.2.2. Subdisciplina.

Acústica

0.2.3. Especialidad, si corresponde.

### 0.3 Año de inicio

2006

En el caso de haberse producido alguna discontinuidad en su dictado, explicar las causas que la motivaron y consignar los periodos durante los cuales la carrera se dictó efectivamente.

La carrera no ha iniciado todavía.

### 0.4 Carácter de la carrera

0.4.1. Indicar el carácter de la carrera.

Continuo

A término

### 0.6 Normativa de la carrera

0.6.1. Adjuntar en el Anexo I copia de la siguiente documentación:

a) Resolución de creación de la carrera.

b) Resolución/es de aprobación y/o modificación del plan de estudios.

c) Resolución del Ministerio de Educación, Ciencia y Tecnología que otorga el reconocimiento oficial y la validez nacional del título (Art. 41, Ley 24.521/95).

Si

No

d) Reglamentos y resoluciones específicos que atañen al funcionamiento de la carrera, si existieran (incluir, si corresponde, la normativa prevista para carreras semipresenciales y/o a distancia).

Si

No

### 0.7 Catálogos y folletos de la carrera

Incluir en el Anexo I catálogos y folletos de la carrera, si los hubiera.

Si

No

### 0.8 Otra información



## 1. FUNDAMENTACIÓN Y EVALUACIONES PREVIAS DE LA CARRERA

### 1.1. Fundamentación, trayectoria y desarrollo de la actividad

1.1.1. Describir la fundamentación del posgrado y su trayectoria en la institución (origen y desarrollo).

El rápido desarrollo tecnológico de las aplicaciones de las radiaciones en la medicina no ha estado acompañado por la correspondiente formación de expertos en física médica en la región, lo que ha causado que hoy en día exista un significativo déficit de los mismos. Esto, unido al repentino aumento del número y la sofisticación de los nuevos equipos, tanto en radioterapia como en diagnóstico por imágenes, determina la urgente necesidad de tener profesionales especializados en el área.

La física médica representa en la actualidad un campo de muchas expectativas donde están inmersas varias especialidades, siendo las más aplicadas la radioterapia, el radiodiagnóstico, la medicina nuclear, la imagenología, la protección radiológica, etc. En la mayoría de los países de América Latina estas áreas, aunque existen, tienen un desarrollo incipiente y presentan una marcada ausencia de personal científico-técnico debidamente formado.

Con este proyecto se tiende a la formación de expertos en física médica a nivel de Maestría en Ciencias ("Master in Sciences"), para incrementar el número y mejorar la formación de los profesionales dedicados a esta disciplina en la República Argentina. Se toma como base para esta maestría el Proyecto del Organismo Internacional de Energía Atómica: ARCAL L (Acuerdo Regional de Cooperación para la Promoción de la Ciencia y la Tecnología Nucleares en América Latina y el Caribe) debido a que éste a sido cuidadosamente estudiado en su organización y contenidos por un grupo de expertos de la región y de países desarrollados, especialmente reunidos para este fin.

### 1.2. Evaluaciones anteriores

1.2.1. Indicar si la carrera ha participado previamente en procesos de acreditación.

Sí

No

1.2.6. Indicar si la carrera o proyecto ha sido evaluado por otra institución o dependencia o en el marco de una autoevaluación o autoevaluación institucional.

Sí

No

En el caso de respuesta afirmativa, presentar como Anexo 2 una descripción de las metodologías utilizadas, los criterios de evaluación, las personas e instituciones intervinientes, los instrumentos de recolección de datos y las conclusiones.

### 1.3 Otra información

El problema existente es la carencia de un número adecuado de físicos expertos en aplicaciones a la medicina en la región. Esto se puede verificar dramáticamente en el caso de radioterapia, donde, de acuerdo a las estadísticas disponibles para Latinoamérica, se requerirían alrededor de 1300 expertos en el área, para cumplir con las recomendaciones internacionales: sin embargo, en estos momentos sólo se dispone en la región de alrededor de 380 físicos (un 60% de los cuales se concentra en Brasil). Además, se debe tener en cuenta que un gran porcentaje de los físicos disponibles no poseen una formación académica completa en esta especialidad, sino que son generalmente graduados en especialidades afines a la física general, física nuclear, ingeniería nuclear u otras semejantes: sin embargo, su formación ha sido siempre muy heterogénea, dependiendo del interés y posibilidades de cada centro, ya que no ha existido una escuela de física médica que los prepare de manera integral y con un perfil amplio en los aspectos teórico-prácticos de la especialidad, que genere profesionales aptos para su inmediata participación en el área de salud.



## 2. DIRECCIÓN, COMITÉ ACADÉMICO Y FUNCIONAMIENTO DE LA CARRERA

### 2.1. Director o Coordinador de la carrera

2.1.1. Datos personales del Director o Coordinador de la carrera.

Apellido:

Nombre:

Calle:

Número:  Piso:  Departamento:

Localidad:  Código Postal:

Provincia:

Teléfonos:  Fax:

Correo electrónico:

2.1.2. Fecha de la designación del director.

Mes:  Año:

En el caso de que exista, adjuntar en el Anexo 3 una copia de la resolución de designación del director.

2.1.3. Describir las modalidades adoptadas por la institución para la selección y designación del director o coordinador de la carrera.

El gobierno de la maestría estará a cargo de un Consejo Académico Profesional (CAP). El CAP se integrará con cinco miembros titulares y dos suplentes, designados por el Consejo de Postgrado de la FaMAF (CODEPO). Los miembros del CAP deberán tener una considerable trayectoria en el área de la física médica en general, o en los temas de alguna de las materias de la maestría en particular. Al menos tres de ellos deberán cumplir, al momento de la designación, funciones en un centro de salud que estén relacionadas con las áreas cubiertas en esta maestría. Los miembros de la Facultad que integren el CAP deberán tener dedicación exclusiva o semiexclusiva en su actividad académica. El CAP designará, al comenzar su mandato, a uno de sus miembros para constituirse en su Director Ejecutivo. Todas las decisiones del CAP se adoptarán por la mayoría absoluta de sus miembros salvo mención explícita en el reglamento interno. Tanto el CAP como su Director Ejecutivo, durarán tres años en sus funciones.

### 2.2. Comité Académico u órgano equivalente

2.2.1. Indicar si la carrera cuenta con órgano/s que asesora/n y/o supervisa/n el desarrollo de la carrera.

Si  No

2.2.2. En caso afirmativo, completar la siguiente información para cada uno de ellos.

a) Denominación del órgano.



b) Requisitos exigidos para su integración.

Los miembros del CAP deberán tener una considerable trayectoria en el área de la física médica en general, o en los temas de alguna de las materias de la maestría en particular. Al menos tres de ellos deberán cumplir, al momento de la designación, funciones en un centro de salud que estén relacionadas con las áreas cubiertas en esta maestría. Los miembros de la Facultad que integren el CAP deberán tener dedicación exclusiva o semiexclusiva en su actividad académica. El CAP designará, al comenzar su mandato, a uno de sus miembros para constituirse en su Director Ejecutivo.

c) Nómima completa de las personas que lo conforman.

Riveros de la Vega	José Alberto
Brunetto	Mónica
Marangoni	Alberto
Aranega	César
Vélez	Graciela
Schurrer	Cleomar Aldino
Castellano	Gustavo

d) Funciones.

- \* Proponer al HCD de la FaMAF el reglamento interno y sus modificaciones.
- \* Proponer al HCD de la FaMAF los planes y programas de los ciclos lectivos y sus posibles modificaciones.
- \* Aceptar el plan propuesto para pasantías en Centros de Salud (de acuerdo al reglamento interno).
- \* Presentar para su aprobación ante CODEPO los temas y directores de tesis.
- \* Proponer el personal docente afectado al dictado de los cursos y elevar al HCD de la FaMAF propuestas de contratación de personal docente cuando fuere necesario, con fondos provenientes de la maestría.
- \* Aprobar el presupuesto y la rendición de cuentas anuales.
- \* Fijar los aranceles de la maestría y decidir sobre las becas y exenciones que oportunamente se solicitaren. Elevar al CODEPO (y si fuera necesario por su intermedio al HCD) estas decisiones para su autorización.
- \* Proponer al HCD de la FaMAF acuerdos y convenios con entidades privadas y organismos nacionales e internacionales.
- \* Gestionar recursos adicionales ante instituciones nacionales e internacionales.
- \* Elegir al Director Ejecutivo.

e) Actividades que lleva a cabo. Indicar la periodicidad de las reuniones, las acciones realizadas y los resultados obtenidos.

Como la carrera esta planeada para realizarse dos dias de cada quince, se considera que las reuniones del CAP serán llevadas a cabo una vez al mes, y en alguna otra oportunidad si fuese necesario, para tratar temas especiales.

### 2.3. Funcionamiento de la carrera

2.3.1. Describir el funcionamiento real de la carrera en sus aspectos organizacionales y de gobierno. Detallar las responsabilidades de la dirección, la coordinación académica, la secretaría técnica u otros.

La Facultad de Matemática, Astronomía y Física será responsable de la organización y funcionamiento del postgrado. El gobierno de la maestría estará a cargo de un Consejo Académico Profesional (CAP). El CAP se integrará con cinco miembros titulares y dos suplentes, designados por el Honorable Consejo Directivo de la FaMAF. El CAP designará, al comenzar su mandato, a uno de sus miembros para constituirse en su Director Ejecutivo. Todas las decisiones del CAP se adoptarán por la mayoría absoluta de sus miembros salvo mención explícita en el reglamento interno. Tanto el CAP como su Director Ejecutivo, durarán tres años en sus funciones renovados parcialmente.

Funciones del Director Ejecutivo

\* Convocar y presidir las reuniones del CAP.

\* Ser nexo de comunicación entre el CAP y aquellas instituciones con las cuales se mantenga o se desee mantener un convenio o acuerdo y con aquellas ante las cuales se haya gestionado o se desee gestionar algún tipo de recursos.

\* Ser nexo de comunicación entre el CAP y el CODEPO de la FaMAF.

\* Ser nexo de comunicación entre el CAP y el personal de la FaMAF afectado a tareas administrativas relacionadas con el funcionamiento de la maestría.

\* Ser nexo de comunicación entre el CAP y el personal docente afectado al dictado de materias de la maestría.

2.3.2. Si se trata de una carrera o proyecto cuyo funcionamiento depende de la implementación de un convenio (por ejemplo, de tipo interinstitucional, entre dos o más instituciones universitarias, entre una institución universitaria y centros de investigación o instituciones de formación profesional superior) explicitar las responsabilidades académicas de cada parte: diseño del plan de estudios y sus contenidos, organización de la carrera, designación del director y su vinculación con las instituciones, selección y designación de los docentes, designación de los integrantes del comité académico de la carrera y definición de sus funciones, seguimiento de alumnos y docentes, dirección y evaluación de tesis, trabajos finales, etc.

La carrera no depende de la implementación de un convenio de este tipo. Sin embargo se han realizado contactos con clínicas y centros de salud, con el objeto de garantizar a los alumnos de esta Maestría la realización de prácticas con equipamiento de alta complejidad. Esto permitirá al egresado de la maestría, tener el entrenamiento necesario antes de incorporarse a una institución de salud.

### 2.4 Otra información

Se establecerán convenios con clínicas o instituciones de salud, en particular aquellas donde se realizan estudios de diagnósticos y terapias con radiación para lograr una mejor interrelación entre estas instituciones y la FaMAF como centro de formación de recursos humanos.



### 3. PLAN DE ESTUDIOS

#### 3.1. Objetivos de la carrera y perfil del egresado

##### 3.1.1. Enumerar y describir las principales metas académicas y/o profesionales del posgrado.

###### Objetivos

1. Elevar el número y la calidad de los expertos en física médica de la región.
2. Presentar una alternativa laboral concreta a los licenciados en física de FaMAF y a otros graduados universitarios.
3. Mejorar la interacción multidisciplinaria entre nuestra facultad y los centros de salud, mediante prácticas y pasantías.
4. Formar expertos con un elevado nivel académico en un área de vacancia en la región, como lo es la Física Médica.
5. Interaccionar con universidades extranjeras, para mejorar la captación de nuestros graduados a través de pasantías, becas de perfeccionamiento y tesis de postgrado.

###### Beneficios esperados

Satisfacer la necesidad de expertos en física médica en servicios de radioterapia, radioprotección, y diagnóstico para mejorar la calidad de estas aplicaciones en la medicina y contribuir a la seguridad radiológica en la región.

Proporcionar una salida laboral alternativa.

A mediano plazo se espera sentar las bases de un cuerpo docente estable que garantice el funcionamiento sostenido de esta carrera y además mejorar la organización y los contenidos de la maestría basados en la experiencia que se alcance y en la demanda del medio.

##### 3.1.2. Enumerar y describir las calificaciones y competencias del egresado.

###### Calificaciones y Competencias:

El egresado deberá ser capaz de:

1. Garantizar la seguridad radiológica del público, del paciente y del personal ocupacionalmente expuesto.
2. Realizar la dosimetría clínica de radiaciones ionizantes para uso en radioterapia (fotones y electrones de todas las energías): Rayos X hasta 100 kV (terapia superficial); Rayos X hasta 400 kV (terapia semi-profunda); Rayos gamma (por ejemplo, Co-60); Aceleradores lineales de diferentes energías en fotones y electrones; Equipos de braquiterapia de carga diferida manual y a control remoto; Aplicadores de terapia superficial. Uso de fuentes abiertas.
3. Organizar y llevar a cabo programas de control de calidad.
4. Asesorar en la adquisición de equipos de terapia, diagnóstico, computadoras y programas relacionados con estos equipos, construcción y remodelación de ambientes donde los mismos van a ser instalados.
5. Formar y entrenar con continuidad al personal (médico, técnico, dosimetrista, etc.).
6. Realizar investigaciones en el área de la física médica.
7. Elaborar, junto con el médico y/o el dosimetrista, planificaciones de tratamientos o estudios para optimizar la aplicación de la dosis al paciente.
8. Organizar y poner a punto métodos de diagnóstico en medicina nuclear y radiodiagnóstico.
9. Controlar el mantenimiento preventivo y reparaciones de unidades de diagnóstico y/o tratamiento.



### 3.2. Organización del plan de estudios

3.2.1. Describir la forma de organización de las actividades curriculares del plan de estudios de la carrera (por ejemplo, en ciclos, ejes, módulos, áreas u otros) y su distribución en el tiempo (señalando secuencia y correlatividad).

#### CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

Primer Año

Primer Cuatrimestre

1- Física de radiaciones

2- Anatomía y Fisiología

3- Optativa (Electrónica, Estadística, Simulación Monte Carlo, Ética Médica, Humanismo de la Ciencia)

Segundo Cuatrimestre

4- Detectores y métodos de medición (1)

5- Dosimetría de Radiaciones Ionizantes (1)

6- Radioterapia (Parte I) (1)

Segundo Año

Tercer Cuatrimestre

7- Radioterapia (Parte II) (6)

8- Resonancia Magnética Nuclear

9- Radiobiología (1)

Cuarto Cuatrimestre

10- Diagnóstico por Imágenes de Rayos X (1)

11- Medicina Nuclear (1)

12- Protección Radiológica (1)

Tercer Año

13- Pasantía (un cuatrimestre).

14- Tesis (Anual)

Las materias correlativas exigidas se indican entre paréntesis.

Para las materias del tercer año las correlativas serán determinadas por el CAP.

Cursos especiales Optativos (con certificado):

Simulación Monte Carlo: Aplicaciones específicas

Control de Calidad en Física Médica.

Ultrasonido.

Elementos de estadística aplicados a la medicina

Calibración de equipos.

Estarán disponibles durante los tres años que dure la maestría.

3.2.2. Explicitar los criterios en los que se basó la elección de esta forma de organización.

Las materias fueron organizadas de manera de cumplir con los requerimientos académicos para esta carrera. La estructura cuatrimestral permite ir avanzando en los conocimientos correlativamente. Para facilitar la asistencia de egresados que residan en otras provincias, se ha ideado un sistema de dictado de las asignaturas que consiste en clases presenciales todos los viernes y sábados cada quince días, con excepción de aquellas materias que por su contenido requieren de docentes extranjeros, en cuyo caso serán dictadas intensivamente durante una semana. Éste es en particular el caso del cuarto cuatrimestre: al no contar con físicos especialistas (siguiendo las recomendaciones de la OIEA) para esos temas en Córdoba, el dictado de las materias se concentra en cuatro semanas (no consecutivas) de cursado intensivo.

### 3.3 Condiciones de permanencia y graduación

#### 3.3.1. Describir la condición de alumno regular.

Un alumno se considera regular en una materia si reúne el 80% de la asistencia y aprueba todos los exámenes de evaluación parcial que el profesor considere necesario durante el curso. La condición de alumno regular en una materia dura dos (2) años desde el momento en que finaliza el cursado de la misma.  
Al perder la condición de alumno regular en una materia, el alumno debe cursarla nuevamente, abonando el arancel correspondiente.  
Un alumno pierde su condición de tal en la carrera cuando no aprueba una misma materia luego de 5 evaluaciones finales.

#### 3.3.2. Describir las modalidades de evaluación.

En el caso de carreras semipresenciales o a distancia especificar si las instancias de evaluación son presenciales. En el caso de no serlo, describirlas especificando cómo se evalúa en forma precisa el rendimiento individual u otras garantías.

Todas las materias tendrán un examen escrito presencial final. Para la nota correspondiente a la materia se tendrán en cuenta posibles trabajos prácticos individuales o grupales solicitados en cada caso.

#### 3.3.3. Describir las actividades prácticas que deben realizar los alumnos para graduarse (asistencia, trabajos de campo, pasantías, horas de práctica vinculadas con las profesiones u otras). Para carreras de ciencias de la salud, indicar el número y tipo de prácticas médicas especializadas a cargo de los alumnos, si corresponde.

Realizar los trabajos prácticos de resolución de problemas y laboratorios requeridos en cada materia.  
Desarrollar una pasantía en un centro de salud bajo la supervisión de un experto en Física Médica. El alumno elegirá un área dentro de las principales en la Física Médica: radioterapia, protección radiológica, medicina nuclear o radiodiagnóstico. La pasantía se desarrolla a media dedicación durante un cuatrimestre.  
Desarrollar y defender un trabajo de tesis consistente en el desarrollo o planificación de métodos o técnicas originales en Física Médica, o en la aplicación de métodos conocidos a situaciones novedosas dentro de la orientación elegida por el candidato.  
Parte del trabajo de tesis deberá ser realizado durante la pasantía, con el consiguiente análisis de datos.

### 3.5. Actividades curriculares y docentes a cargo

3.5.1. Completar el siguiente cuadro con la información del plan de estudios. Incluir en el Anexo 4 las fotocopias de dicho plan tal como fue aprobado por la máxima autoridad de la institución y los programas de las actividades curriculares. Los programas anexados deben especificar objetivos, contenidos, modalidades de dictado y evaluación, requisitos de aprobación y promoción y bibliografía.

Nombre de la actividad curricular	Física de radiaciones		
Modalidad de la actividad	Curso teórico-p		
Carácter	Obligatoria	Carga horaria total	65
Docente responsable	Riveros de la Vega, José Alberto	Duración en semanas	16
Días y horarios de clases	Viernes y Sábados de 9 a 13 hs. Cada 15 días		
Docentes a cargo			
Apellido	Nombre		
Trincavelli	Jorge Carlos		
Brusa	Daniel		

Nombre de la actividad curricular

Modalidad de la actividad

Carácter  Carga horaria total

Docente responsable  Duración en semanas

Días y horarios de clases

Docentes a cargo

Apellido	Nombre
Fiol	Marta
Marangoni	Alberto

Nombre de la actividad curricular

Modalidad de la actividad

Carácter  Carga horaria total

Docente responsable  Duración en semanas

Días y horarios de clases

Docentes a cargo

Apellido	Nombre
Castellano	Gustavo

Nombre de la actividad curricular

Modalidad de la actividad

Carácter  Carga horaria total

Docente responsable  Duración en semanas

Días y horarios de clases

Docentes a cargo

Apellido	Nombre
Brunetto	Mónica

Nombre de la actividad curricular

Modalidad de la actividad

Carácter  Carga horaria total

Docente responsable  Duración en semanas

Días y horarios de clases

Docentes a cargo

Apellido	Nombre
Vélez	Graciela

Nombre de la actividad curricular

Modalidad de la actividad

Carácter  Carga horaria total

Docente responsable  Duración en semanas

Días y horarios de clases

Docentes a cargo

Apellido	Nombre
Vélez	Graciela

Nombre de la actividad curricular

Modalidad de la actividad

Carácter  Carga horaria total

Docente responsable  Duración en semanas

Días y horarios de clases

Docentes a cargo

Apellido	Nombre
----------	--------

Nombre de la actividad curricular

Modalidad de la actividad

Carácter  Carga horaria total

Docente responsable  Duración en semanas

Días y horarios de clases

Docentes a cargo

Apellido	Nombre
Brusa	Daniel

Nombre de la actividad curricular

Modalidad de la actividad

Carácter  Carga horaria total



Docente responsable  Duración en semanas

Días y horarios de clases

Docentes a cargo

Apellido	Nombre
----------	--------

Bustos	Héctor
--------	--------

Marangoni	Alberto
-----------	---------

Nombre de la actividad curricular

Modalidad de la actividad

Carácter  Carga horaria total

Docente responsable  Duración en semanas

Días y horarios de clases

Docentes a cargo

Apellido	Nombre
----------	--------

Brusa	Daniel
-------	--------

Kushnir	Emilio
---------	--------

Nombre de la actividad curricular

Modalidad de la actividad

Carácter  Carga horaria total

Docente responsable  Duración en semanas

Días y horarios de clases

Docentes a cargo

Apellido	Nombre
----------	--------

Brunetto	Mónica
----------	--------

Nombre de la actividad curricular

Modalidad de la actividad

Carácter  Carga horaria total

Docente responsable  Duración en semanas

Días y horarios de clases

Docentes a cargo

Apellido	Nombre
----------	--------

Bustos	Héctor
--------	--------



Nombre de la actividad curricular

Modalidad de la actividad

Carácter

Carga horaria total

Docente responsable

Duración en semanas

Días y horarios de clases

Docentes a cargo

Apellido	Nombre
Brunetto	Mónica
Brusa	Daniel
Castellano	Gustavo

Nombre de la actividad curricular

Modalidad de la actividad

Carácter

Carga horaria total

Docente responsable

Duración en semanas

Días y horarios de clases

Docentes a cargo

Apellido	Nombre
Vélez	Graciela
Marangoni	Alberto

Nombre de la actividad curricular

Modalidad de la actividad

Carácter

Carga horaria total

Docente responsable

Duración en semanas

Días y horarios de clases

Docentes a cargo

Apellido	Nombre
Brusa	Daniel
Trincavelli	Jorge Carlos

Nombre de la actividad curricular

Modalidad de la actividad

Carácter  Carga horaria total

Docente responsable  Duración en semanas

Días y horarios de clases

Docentes a cargo

Apellido	Nombre
Stutz	Guillermo
Castellano	Gustavo
Trincavelli	Jorge Carlos
Marqués	Carlos Alberto

Nombre de la actividad curricular

Modalidad de la actividad

Carácter  Carga horaria total

Docente responsable  Duración en semanas

Días y horarios de clases

Docentes a cargo

Apellido	Nombre
Brunetto	Mónica
Riveros de la Vega	José Alberto
Stutz	Guillermo
Vélez	Graciela
Brusa	Daniel
Aranega	César

Nombre de la actividad curricular

Modalidad de la actividad

Carácter  Carga horaria total

Docente responsable  Duración en semanas

Días y horarios de clases

Docentes a cargo

Apellido	Nombre
Aranega	César
Vélez	Graciela
Marangoni	Alberto

**3.6. Duración total de las actividades (en el caso de las carreras personalizadas, el llenado de los cuadros de este punto es de carácter opcional)**

Duración total de la carrera en meses reales de dictado	32
Plazo máximo fijado para la realización del trabajo final, obra, proyecto o tesis en meses, a partir de la finalización de las actividades curriculares	24
Total de horas reloj presenciales obligatorias	570
Cantidad de horas reloj teóricas	330
Cantidad de horas reloj de actividades prácticas	240
Cantidad de horas reloj de tutorías y actividades de investigación	540
Cantidad de horas reloj de otras actividades	0
Cantidad de horas reloj teóricas semanales	6
Cantidad de horas reloj de actividad práctica semanal	4

**3.7. Metodología de orientación y supervisión de los alumnos**

3.7.1. Describir los mecanismos de orientación y supervisión de los alumnos con especial énfasis en lo que respecta a la preparación del trabajo final, proyecto, obra o tesis. Si la orientación y el seguimiento están a cargo de comisiones específicas, señalar quiénes son sus integrantes. En el caso de que estas tareas estén a cargo de tutores, describir cómo se los selecciona y qué condiciones deben reunir (pertenencia a la institución, requisitos académicos, experiencia en dirección de tesis u otros).

El trabajo de tesis y la pasantía serán desarrollados dentro de una de las áreas principales de la Física Médica (Radioterapia, Radioprotección, Medicina Nuclear y Diagnóstico por Imágenes).  
El plan y el director de tesis deberán ser aceptados por el CAP y aprobado por el CODEPO de la FaMAF.  
El plan y el tutor de la pasantía deberán ser aceptados por el CAP y aprobado por el CODEPO de la FaMAF.

3.7.2. Describir los mecanismos de orientación y supervisión de la elaboración del trabajo final o tesis.

El alumno deberá presentar un resumen de avance, avalado por su director, cada tres meses ante el CAP. El CAP deberá considerar el resumen y hacer las sugerencias correspondientes en un plazo de 3 semanas.

**3.8. Evaluación final integradora, trabajo final, tesis, proyecto u obra**

3.8.1 Indicar la modalidad existente para culminar la formación de posgrado:

Evaluación final integradora       Tesis       Trabajo final   
Proyecto       Obra

3.8.2 Explicar dicha modalidad detalladamente. Señalar si esta información se halla contenida en los reglamentos respectivos, indicando la referencia.

Para carreras semipresenciales o a distancia.

Explicitar si la defensa es presencial o no. Indicar si la información contenida en los reglamentos incluidos en el Anexo 1 atañe específicamente a la presentación de las tesis en la modalidad no presencial.

En el plan de trabajo se desarrollará el tema propuesto por el director de tesis y aprobado por el CAP, deberá contener aspectos básicos y desarrollos con originalidad. Una parte importante de la tesis debe estar basada en datos experimentales donde se apliquen los contenidos teóricos propuestos durante el trabajo de tesis.

### 3.9 Otra información

Respecto de la cantidad de horas empleadas en la materia pasantía, fue pensada para que esté de acuerdo al punto c del artículo 2 de las "Normas para proceder a la autorización de responsables como asesores físicos en servicios de radioterapia".



#### 4. CUERPO ACADÉMICO

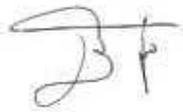
##### 4.1. Nómina y cantidad de docentes estables e invitados de la carrera

4.1.1. Nómina de docentes de la carrera.

Apellido y nombre del docente	Vínculo	Dedicación en la carrera	Institución donde tiene la mayor dedicación	Dedicación en esa institución	Cargo
Brunetto, Mónica	Estable	60		0	
Aranaga, César	Estable	0	Universidad Nacional de Córdoba	1980	Profesor titular
Castellano, Gustavo	Estable	18	Universidad Nacional de Córdoba	1980	Profesor Adjunto
Brusa, Daniel	Estable	0	Universidad Nacional de Córdoba	1980	Jefe de trabajos prácticos
Stutz, Guillermo	Estable	0	Universidad Nacional de Córdoba	1980	Profesor Adjunto
Vélez, Graciela	Estable	0	Universidad Nacional de Córdoba	660	Jefe de trabajos prácticos
Riveros de la Vega, José Alberto	Estable	60	Universidad Nacional de Córdoba	1980	Profesor Titular
Alfonso Laguarda, Rodolfo	Invitado	0	Universidad de la Habana	1440	Profesor Titular
Cabrejas, Mariana	Estable	0		0	
Marangoni, Alberto	Estable	0		0	
Rupérez, Casilda	Estable	0	Universidad Nacional de Córdoba	1980	Profesor Asociado
Garrigó, Edgardo Raúl	Estable	0		0	
Trincavelli, Jorge Carlos	Estable	12	Universidad Nacional de Córdoba	1980	Profesor Adjunto
Bencomo, José Antonio	Invitado	0	University of Texas	20	Coordinator and principal instructor
Schurrer, Cleomar Aldino	Estable	0	Universidad Nacional de Córdoba	1980	Profesor Adjunto
Marqués, Carlos Alberto	Estable	0	Universidad Nacional de Córdoba	1980	Profesor Titular
Castro Vita, Hernán	Estable	0	Universidad Católica de Córdoba	660	Profesor Titular
Fiol, María	Estable	0	Universidad Nacional de Córdoba	1980	Profesor Titular
Bustos, Héctor	Estable	0	Universidad Nacional de Córdoba	1980	Profesor Titular



Kushnir, Emilio	Estable	0 Universidad Nacional de Córdoba	1980	Profesor titular
-----------------	---------	-----------------------------------	------	------------------




4.1.2. Cantidad de docentes de la carrera según grado académico.

Grado Académico Máximo	Estables	Invitados	Total
Título de grado	6	0	6
Especialista	0	0	0
Magister	1	0	1
Doctor	11	2	13
<b>Total</b>	<b>18</b>	<b>2</b>	<b>20</b>

4.1.3. Describir los requisitos que deben cumplir los directores de tesis, obra, proyecto o trabajo final y los mecanismos para su selección y designación:

El plan y el director de tesis deberá ser avalado, en base a sus antecedentes, por el CAP y aprobado por el CODEPO de la FaMAF.

4.1.4. Completar el siguiente cuadro con la nómina actual de directores de tesis, obra, proyecto o trabajo final. Incluir sólo aquellos pertenecientes a la carrera o unidad académica e indicar los proyectos de investigación a su cargo que se desarrollan en el ámbito de la carrera.

4.4. Criterios de selección y modalidades de contratación de los docentes y tutores

Los docentes se seleccionan en base a los antecedentes relacionados a la materia que dictará. Es importante destacar que si bien algunos de ellos no poseen grado académico máximo, su capacitación y experiencia los hace idóneos para las tareas docentes y de formación de recursos humanos planificados. Por otro lado, la participación de algunos de ellos garantizará la concreción de convenios de cooperación para realizar las prácticas en centros involucrados con la física médica en Córdoba (Servicio de Diagnóstico por Imágenes del Sanatorio Allende, Instituto Médico Deán Funes, Instituto Privado de Radioterapia).

No se genera relación de dependencia. Se solicitarán sus servicios sólo para el dictado particular de la materia o parte de ella y los profesores deberán presentar comprobantes de recibo de honorarios de acuerdo a la regulación de AFIP.

Los tutores deberán acreditar ante el CAP, mediante sus antecedentes, su idoneidad para dirigir la práctica especializada exigida. Deberán trabajar en un Centro de Salud.

4.5. Metodología de seguimiento de la actividad de docentes y tutores

4.5.1. Indicar cómo se efectúa el seguimiento de la actividad de los docentes y tutores (si los hubiera) detallando mecanismos y acciones específicas implementadas como resultado de la evaluación de su desempeño.

Los docentes elegidos para el dictado de las materias correspondientes a esta maestría tienen sobrados antecedentes en la actividad docente y en la formación de recursos humanos para garantizar el éxito académico de la maestría propuesta.

Sin embargo, se implementarán métodos de seguimiento, que involucrarán:

1- control del desarrollo de los contenidos mínimos utilizando un libro de temas;

2- presentación por parte del docente del programa de la materia y bibliografía utilizada, el que deberá poseer los contenidos mínimos y adecuarse a la bibliografía sugerida en el borrador interno escrito para la elaboración de esta maestría;

3- las evaluaciones parciales y finales deben ser realizadas sobre los contenidos mínimos.

4- al finalizar cada materia se entregará a los alumnos un cuestionario elaborado por el CAP para evaluación del docente y la materia en general;

4.5.2. Indicar si existen mecanismos de opinión sobre el desempeño docente y otros aspectos de la carrera por parte de los alumnos.

Si

No



4.5.3. En caso afirmativo, describir el mecanismo utilizado, cómo son analizados los resultados y qué impacto tienen en el mejoramiento de la carrera. Ejemplificar.

El mecanismo de opinión de los alumnos es mediante encuestas, basadas en la forma de dictar la materia, el contenido del curso, etc. Estas serán analizadas a lo largo de varios cursos por el CAP. Las encuestas serán tenidas en cuenta a la hora de confirmar o elegir futuros docentes.

**4.6 Otra información.**



**5. ACTIVIDADES CIENTÍFICO - TECNOLÓGICAS QUE SE REALIZAN EN EL MISMO ÁMBITO INSTITUCIONAL QUE EL DE LA CARRERA**

**5.1. Ficha por actividad**

Completar una ficha por cada una de las actividades científicas y tecnológicas según el modelo de ficha que se acompaña. La ficha debe estar firmada por el director o responsable del proyecto.

Consignar solamente las desarrolladas actualmente en el ámbito institucional de la carrera o a través de convenios con otras instituciones.

Cantidad de fichas de investigación que se adjuntan

**5.2. Otra información**



**6. ACTIVIDADES DE TRANSFERENCIA, CONSULTORÍA, ASISTENCIA TÉCNICA U OTRAS AFINES QUE SE REALIZAN EN EL MISMO ÁMBITO INSTITUCIONAL QUE EL DE LA CARRERA**

**6.1. Ficha por actividad**

Completar una ficha por cada una de las actividades de transferencia, consultoría, asistencia técnica, etc., según el modelo que se acompaña. La ficha debe estar firmada por el director o responsable del proyecto. Consignar solamente las actividades desarrolladas actualmente en el ámbito de la carrera o a través de convenios con otras instituciones.

Cantidad de fichas de transferencia que se adjuntan

**6.2. Otra información**

Two handwritten signatures in black ink are visible below the empty box. The first signature is on the left and the second is on the right.

## 7. ALUMNOS Y GRADUADOS

### 7.1. Requisitos de admisión

#### 7.1.1. Título previo exigido.

Los destinatarios del presente proyecto serán los graduados en física en la Argentina que deseen especializarse en Física Médica. Se contempla también la participación de graduados universitarios en otras disciplinas, especialmente las relacionadas con la física y la salud, para quienes se impondrá como requisito, previo a la inscripción, la aprobación de un examen de admisión. Este requisito deberá ser cumplido también por los graduados en universidades extranjeras, cualquiera sea su título.

#### 7.1.2. Otros requisitos.

No existe ningún otro requisito de ingreso.

#### 7.1.3. Procedimiento de selección.

Existe un programa que se adjunta como anexo y cuyos temas principales son: Matemáticas generales, Mecánica a nivel elemental e intermedio, Electromagnetismo, Ondas y Óptica, Física Estadística, Física cuántica, Física atómica y nuclear básica. También se adjunta como anexo un modelo de examen.

### 7.6 Becas

7.6.1. Indicar la existencia de becas otorgadas por la carrera (en el caso de proyectos de carrera, indicar si se prevé la asignación de este tipo de becas).

Sí  No

En caso de haber respondido afirmativamente, describir el mecanismo de selección y adjudicación.

Se respetarán los mecanismos de selección de la Secretaría de Ciencia y Técnica de la Universidad Nacional de Córdoba

### 7.7 Otra información

Relativo a examen de ingreso:

Los graduados en física en universidades nacionales no rendirán examen de ingreso, pero si lo harán los graduados en física de universidades extranjeras

Relativo a becas:

durante los primeros años no se prevé el otorgamiento de becas por parte de la maestría. En la medida de contar con fondos suficientes, que se lograrán por medio de convenios y/o incrementos en la cantidad de alumnos matriculados, la maestría otorgará un número limitado de becas.



**8. INFRAESTRUCTURA Y EQUIPAMIENTO DE USO EXCLUSIVO (no informado en el formulario de la Presentación Institucional por Unidad Académica)**

**8.1. Espacios físicos**

8.1.1. Describir los espacios físicos disponibles para las actividades académicas de la carrera a los que tienen acceso docentes y alumnos (discriminar si se trata de oficinas, aulas, ámbitos de reunión, entre otros). Para carreras semipresenciales y a distancia: describir los espacios físicos en los que se desarrollan las actividades presenciales incluyendo, si corresponde, las subsedes o centros regionales.

Tipo de espacio físico:

Cantidad:  Capacidad\*:  Superficie:  m<sup>2</sup>

\* Número de personas sentadas.

**8.2. Laboratorios y equipamiento**

8.2.1. Completar la siguiente información por cada uno de los laboratorios de uso exclusivo de la carrera, incluyendo el gabinete informático. Para carreras semipresenciales y a distancia: describir los laboratorios y el equipamiento disponible en las subsedes o centros regionales, si corresponde.

**8.3. Biblioteca y centros de documentación**

8.3.1. Bibliografía y publicaciones del área de la carrera disponibles en la biblioteca o centros de documentación centrales (es decir, los informados en el formulario de la Presentación Institucional por Unidad Académica).

- a) Cantidad de libros relacionados con la temática del posgrado  volúmenes.
- b) Cantidad de suscripciones a publicaciones especializadas en el tema de la carrera
- Indicar las diez principales (título y años disponibles).

Título:

Año disponible:

Título:

Año disponible:

8.3.2. Indicar si la carrera dispone de una biblioteca o centro de documentación de uso exclusivo.

Si  No

**8.4 Otra información**

Se cuenta con el uso de las bibliotecas de los Centros de Salud, Facultad de Medicina (UNC), Servicio de Radioterapia del Hospital Nacional de Clínicas (UNC), Instituto Médico Privado Deán Funes, Instituto Privado de Radioterapia, Sanatorio Allende, Conci-Carpinella.

La biblioteca de la FaMAF tiene convenios con diferentes centros de información digitalizados mediante el uso de internet desde dentro de la facultad a las siguientes páginas: <http://www.iop.org/ej> y <http://biblioteca.secyt.gov.ar>, con lo cual cuenta con bibliografía específica en el área de la carrera. Además de disponer de cualquier material que posea la biblioteca de la Comisión Nacional de Energía Atómica (CNEA) sólo teniendo que solicitarlo previamente.

## 9. AUTODIAGNÓSTICO Y PLANES DE MEJORAMIENTO

### 9.1. Situación actual de la carrera

a) Señalar los aspectos positivos y negativos de la carrera como programa educativo.

La carrera no ha iniciado todavía

b) Indicar limitaciones y logros.

no posee por el momento

c) Identificar a los responsables de supervisar la realización del análisis de la situación actual de la carrera.

No existe la carrera.

d) Describir las metodologías utilizadas y los instrumentos de recolección de datos y opiniones empleados.

No hubo recolección de datos.

### 9.2. Planes de mejoramiento

Considerando las fortalezas y debilidades surgidas del análisis, describir los planes de mejoramiento elaborados teniendo en cuenta la información requerida por el siguiente cuadro (completar un cuadro por cada uno de los objetivos generales definidos).

Two handwritten signatures in black ink. The first signature is on the left and the second is on the right.

10. FINANCIAMIENTO Y FICHAS

10.1. Financiamiento

Orígenes de Fondos	2006	%	2007	%	2008	%	2009	%
Aportes de la institución	\$ 68.389,20	80,6	\$ 12.783,18	43,7	\$ 0,00	0	\$ 0,00	0
Matriculas y aranceles	\$ 16.500,00	19,4	\$ 16.500,00	56,3	\$ 0,00	0	\$ 0,00	0
Contratos de transferencia tecnológica, patentes, servicios	\$ 0,00	0	\$ 0,00	0	\$ 0,00	0	\$ 0,00	0
Becas de otras instituciones	\$ 0,00	0	\$ 0,00	0	\$ 0,00	0	\$ 0,00	0
Subsidios, donaciones y regalos	\$ 0,00	0	\$ 0,00	0	\$ 0,00	0	\$ 0,00	0
Endeudamiento	\$ 0,00	0	\$ 0,00	0	\$ 0,00	0	\$ 0,00	0
Otros	\$ 0,00	0	\$ 0,00	0	\$ 0,00	0	\$ 0,00	0
<b>Total</b>	<b>\$ 84.889,20</b>	<b>100</b>	<b>\$ 29.283,18</b>	<b>100</b>	<b>\$ 0,00</b>	<b>100</b>	<b>\$ 0,00</b>	<b>100</b>



Aplicaciones de Fondos

	2006	%	2007	%	2008	%	2009	%
<b>a) Gastos en personal</b>								
Planta docente	\$ 69.389,20	85	\$ 15.783,18	48,8	\$ 0,00	0	\$ 0,00	0
No docente	\$ 0,00	0	\$ 0,00	0	\$ 0,00	0	\$ 0,00	0
Autoridades	\$ 0,00	0	\$ 0,00	0	\$ 0,00	0	\$ 0,00	0
Contratación de docentes	\$ 0,00	0	\$ 0,00	0	\$ 0,00	0	\$ 0,00	0
Viaticos y pasajes	\$ 5.020,00	6,1	\$ 9.292,00	28,7	\$ 0,00	0	\$ 0,00	0
<b>b) Programas de investigación</b>	\$ 0,00	0	\$ 0,00	0	\$ 0,00	0	\$ 0,00	0
<b>c) Programas de extensión</b>	\$ 0,00	0	\$ 0,00	0	\$ 0,00	0	\$ 0,00	0
<b>d) Programas para el bienestar estudiantil</b>								
Becas de posgrado	\$ 0,00	0	\$ 0,00	0	\$ 0,00	0	\$ 0,00	0
Otros	\$ 760,00	0,9	\$ 760,00	2,3	\$ 0,00	0	\$ 0,00	0
<b>e) Compra de bienes y servicios</b>								
Consumos básicos	\$ 1.210,00	1,5	\$ 1.210,00	3,7	\$ 0,00	0	\$ 0,00	0
Material de enseñanza	\$ 300,00	0,4	\$ 300,00	0,9	\$ 0,00	0	\$ 0,00	0
Publicaciones, publicidad y difusión	\$ 0,00	0	\$ 0,00	0	\$ 0,00	0	\$ 0,00	0
Alquiler (de inmuebles u otros)	\$ 0,00	0	\$ 0,00	0	\$ 0,00	0	\$ 0,00	0
Gastos en computación y laboratorios	\$ 2.500,00	3,1	\$ 2.500,00	7,7	\$ 0,00	0	\$ 0,00	0
Otros bienes y servicios	\$ 2.500,00	3,1	\$ 2.500,00	7,7	\$ 0,00	0	\$ 0,00	0



f) Incremento neto de inversiones, bienes de uso y activos	2006	%	2007	%	2008	%	2009	%
<i>Equipamiento</i>								
Laboratorio	\$ 0,00	0	\$ 0,00	0	\$ 0,00	0	\$ 0,00	0
Biblioteca	\$ 0,00	0	\$ 0,00	0	\$ 0,00	0	\$ 0,00	0
Informática	\$ 0,00	0	\$ 0,00	0	\$ 0,00	0	\$ 0,00	0
Otros	\$ 0,00	0	\$ 0,00	0	\$ 0,00	0	\$ 0,00	0
<i>Muebles e infraestructura</i>								
Laboratorios y talleres	\$ 0,00	0	\$ 0,00	0	\$ 0,00	0	\$ 0,00	0
Infraestructura especial	\$ 0,00	0	\$ 0,00	0	\$ 0,00	0	\$ 0,00	0
Salas de clases	\$ 0,00	0	\$ 0,00	0	\$ 0,00	0	\$ 0,00	0
Otros	\$ 0,00	0	\$ 0,00	0	\$ 0,00	0	\$ 0,00	0
<i>Activos financieros</i>								
Disminución de deudas de largo plazo	\$ 0,00	0	\$ 0,00	0	\$ 0,00	0	\$ 0,00	0
Otros	\$ 0,00	0	\$ 0,00	0	\$ 0,00	0	\$ 0,00	0
<b>g) Gastos de estructura</b>	\$ 0,00	0	\$ 0,00	0	\$ 0,00	0	\$ 0,00	0
<b>Total</b>	\$ 81.679,20	100	\$ 32.345,18	100	\$ 0,00	100	\$ 0,00	100



Resultado Financiero	2006	2007	2008	2009
Ingresos	\$ 84.889,20	\$ 29.283,18	\$ 0,00	\$ 0,00
Egresos	\$ 81.679,20	\$ 32.345,18	\$ 0,00	\$ 0,00

**10.2. Fichas**

Adjuntar las fichas de acuerdo al orden establecido en el índice.

Lugar y fecha ..... Córdoba, 19 de octubre de 2005




Gustavo E. Castellano

Firma y aclaración del Director o Coordinador de la carrera,  
dando fe de los datos que contiene esta solicitud

# MAESTRÍA EN FÍSICA MÉDICA - ANEXO A

## MATERIAS, CONTENIDOS MÍNIMOS, BIBLIOGRAFÍA Y PROFESORES

### 1. Física de Radiaciones

Interacción de Radiación con la materia. Introducción y conceptos generales. Radiaciones ionizantes y no ionizantes. Cantidades empleadas para describir la interacción de la radiación ionizante con la materia. Transformaciones nucleares: Radioactividad, constante de decaimiento, vida media, modos de decaimiento. Radioisótopos más comúnmente empleados en medicina. Atenuación exponencial. Calidad y producción de Rayos x. Interacción de fotones con la materia. Interacción de partículas con la materia.  
Trabajos prácticos (Problemas)

#### **Bibliografía:**

Introduction to Radiological Physics and Radiation Dosimetry, F. Attix (1986).

The Physics of Radiation Therapy, 2nd. Ed. F. Khan (1994).

The Atomic Nucleus, Evans R.D. Mc Graw Hill Book Company (1955).

**Profesores sugeridos:** Dr. A. Riveros, Dr. J. Trincavelli, Dr. D. Brusa. (Universidad Nacional de Córdoba).

### 2. Anatomía y Fisiología

Nomenclatura. Posiciones anatómicas. Estructuras, Órganos y Sistemas. Cortes Anatómicas. Anatomía radiológica. Clasificación y Estadios tumorales.

**Bibliografía:** a sugerir por el profesor

**Profesores sugeridos:** Dr. C. Aranega, Dra. M. Fiol (Universidad Nacional de Córdoba), Dr. Marangoni (Servicio de Diagnóstico por Imágenes del Sanatorio Allende, Córdoba).

### 3. Detectores y Métodos de Medición

Detectores Gaseosos. Detectores de Centelleo. Cámaras de Ionización. Dosímetros integrados Detectores Semiconductores. Dosimetría por termoluminiscencia, otros. Métodos de medición y análisis de resultados. Trabajos prácticos (Laboratorios y Problemas).

#### **Bibliografía :**

Radiation Detection and Measurement, G. Knoll (1989).

**Profesores sugeridos:** Dr. G. Stutz, Dr. G. Castellano (Universidad Nacional de Córdoba)

### 4. Dosimetría de radiaciones ionizantes (Curso intensivo)

Equipos usados en terapia con radiaciones. Magnitudes y unidades. Fundamentos de dosimetría. Teoría de la cavidad. Equilibrio de partículas cargadas (CPE). Características de los dosímetro empleados en radioterapia. Cámara cilíndrica y cámaras planas. Protocolos de calibración. Trabajos prácticos (Laboratorios y Problemas)

#### **Bibliografía:**

Introduction to Radiological Physics and Radiation Dosimetry, F. Attix (1986).

The Physics of Radiation Therapy, 2<sup>nd</sup>. Ed. F. Khan (1994).

SEFM (Protocolo de la Sociedad Española de Física Médica) 1984.

OIEA TRS 277 2<sup>da</sup>. Ed. (1997).

OIEA TRS 398 (2000).

**Profesor sugerido:** Contratación de un profesional especializado del exterior (R. Alfonso Laguarda, Univ. de La Habana, Cuba) con la colaboración de la Lic. M. Brunetto (Instituto Médico Deán Funes, Córdoba).

## 5. Radioterapia - Parte I:

Equipos de Teleterapia: rayos x de baja y media energía, Co-60, aceleradores. Características de haces de fotones y electrones (distribuciones sobre el eje y fuera del eje del haz). Calibración de haces de fotones y electrones. Pruebas de aceptación y puesta en servicio del equipamiento. Planificación de tratamientos con haces externos. Braquiterapia: Fuentes, características, calibración, uso clínico. Planificación. Sistemas computarizados de planificación. Trabajos prácticos (Laboratorios y Problemas)

### **Bibliografía:**

The Physics of Radiation Therapy, 2<sup>nd</sup>. Ed. F. Khan (1994)

Radiotherapy Physics, Williams and Thwaites. Eds

**Profesor sugerido:** Dr. D. Brusa, Lic. G. Vélez (Universidad Nacional de Córdoba).

## 6. Radioterapia - Parte II:

Técnicas especiales en radioterapia. Colimadores asimétricos, cuñas dinámicas. Terapia conformacional, Irradiación total de piel, Irradiación corporal total, radiocirugía y radioterapia estereotáxica. Intensidad modulada, planificación inversa. Garantía de Calidad. Métodos de verificación del tratamiento: Dosimetría in vivo. Trabajos prácticos (Laboratorios y Problemas).

### **Bibliografía:**

IAEA TECDOC 1151

**Profesor sugerido:** Dr. D. Brusa, Lic. G. Vélez (Universidad Nacional de Córdoba).

## 7. Resonancia Magnética Nuclear

Principios físicos. Propiedades magnéticas de la materia. Adquisición de imágenes y reconstrucción. Espectroscopia. Instrumentación. Protección. Efectos biológicos. Aplicaciones clínicas. Garantía de Calidad. Trabajos prácticos (Laboratorios y Problemas).

**Bibliografía:** a sugerir por el profesor

**Profesor sugerido:** Dr. Clemar Schurrer (Universidad Nacional de Córdoba).

## 8. Radiobiología (Curso intensivo)

Principios básicos. Radiobiología celular. Respuesta de tejidos y órganos a las diferentes radiaciones. Síndrome de radiación aguda. Carcinogénesis. Efectos genéticos. Bases radiobiológicas de la radioterapia. Relaciones Dosis-Tiempo. Fraccionamiento. Modelo Lineal Cuadrático. Trabajos prácticos (Problemas)

**Bibliografía:** a sugerir por el profesor

**Profesor sugerido:** Dr. H. Castro Vita (Universidad Católica de Córdoba, Instituto Médico Deán Funes), G. Vélez (Universidad Nacional de Córdoba).

## 9. Diagnóstico por imágenes de rayos x (Curso intensivo)

Unidades de Rayos X convencionales y afines: principios básicos de la imagen radiológica obtenida en rayos x (analógica y digital). El cuarto de revelado en el departamento de radiodiagnóstico: El proceso fotográfico y la sensibilidad de las placas. Características del contraste en la película. Unidades de Rayos X con fluoroscopia y cinesfluorografía. Principio físico de la imagen por fluoroscopia. Test de aceptación. Control de calidad. Dosimetría clínica. Unidades de Rayos X para mamografía. Descripción de Unidades. Receptores de imagen. Principios físicos de la xerorradiografía. Riesgos y beneficios de la mamografía. Maniqués y parámetros que intervienen en el control de calidad de mamografías. La dosis en mamografías. Test de aceptación. Control de calidad. Tomografía Computada: Principios físicos de la Tomografía Computada - Conceptos fundamentales - Propiedades. Descripción de unidades y funcionamiento - Distinción de las diferentes generaciones de Tomografía Computada. Componentes de los sistemas de Tomografía Computada. La formación de la imagen en la Tomografía Computada. La fase de obtención de la imagen de Tomografía Computada. Control de calidad. Prácticas de laboratorio.

**Bibliografía:** a sugerir por el profesor

**Profesor sugerido:** Contratación de un profesor especialista en física del diagnóstico por imágenes (Dr. J. Bencomo, Univ. de Texas), Dr. H. Bustos (Universidad Nacional de Córdoba), Dr. A. Marangoni (Servicio de Diagnóstico por Imágenes del Sanatorio Allende, Córdoba).

## 10. Medicina Nuclear

Principios físicos. Producción de radionucleidos. Marcaje de fármacos. Adquisición de imágenes y reconstrucción. Instrumentación. Sistemas estáticos y dinámicos SPECT, PET. Aplicaciones clínicas. Terapia metabólica. Dosimetría interna. Garantía de Calidad. Trabajos prácticos (Laboratorios y Problemas).

**Bibliografía:** a sugerir por el profesor

**Profesor sugerido:** Lic. Mariana Cabrejas (CNEA, Bs As), Dr. E. Kushnir (Universidad Nacional de Córdoba).

## 11. Protección Radiológica (Curso intensivo)

Introducción, historia, magnitudes y unidades. La protección radiológica y el sistema de limitación de dosis. Sistemas de medida y cuantificación de la radiación. Detectores portátiles usados en protección radiológica. Normativa nacional e internacional en materia de protección radiológica. Métodos de detección y monitoreo. Blindajes. Estadística. Métodos de protección contra la radiación externa. Protección radiológica y control en el trabajo con fuentes abiertas. Desechos radiactivos. Protección radiológica en la práctica médica. Situaciones normales y/o de emergencia. Trabajos prácticos (Problemas).

**Bibliografía:** a sugerir por el profesor

**Profesor:** Contratación de un profesional especializado de la ARN (Bs. As.), Dr. D. Brusa (Universidad Nacional de Córdoba), Lic. M. Brunetto (Instituto Médico Deán Funes, Córdoba).

## 13. Pasantía

## 14. Tesis

### Cursos optativos

- a) Simulación Monte Carlo (aplicado a diagnóstico, radioterapia, protección radiológica)  
**Prof. sugerido:** Dr. G. Castellano, Dr. Brusa, Dr. Trincavelli (Universidad Nacional de Córdoba).
- b) Elementos de estadística aplicados a la medicina.  
**Prof. sugeridas:** Dra. L. Orellana Universidad Nacional de Bs As), M.S. Casilda Rupérez Universidad Nacional de Córdoba.
- c) Electrónica aplicada a instrumental médico, funcionamiento y calibración.  
**Prof. sugerido:** Ing Carlos Marqués (Universidad Nacional de Córdoba).
- d) Ética médica.
- e) Ultrasonido.  
**Prof. sugerido:** Dr. H. Bustos (Universidad Nacional de Córdoba).
- f) Calibración de equipos de radioterapia.  
**Prof. sugerido:** Dr. D. Brusa, G. Vélez (Universidad Nacional de Córdoba), Dr. Marangoni (Servicio de Diagnóstico por Imágenes del Sanatorio Allende, Córdoba).
- g) Humanismo de la ciencia.

## MAESTRÍA EN FÍSICA MÉDICA - ANEXO B

### CARGA HORARIA DE MATERIAS

Materia	Duración (semanas)	Modalidad	Total de horas
<i>Primer cuatrimestre</i>			
Física de Radiaciones	16	8 hs cada 15 días	65
Anatomía y Fisiología	16	5 hs cada 15 días	40
Cursos optativos (Electrónica, Estadística, Monte Carlo, Ética Médica o Humanismo de la Ciencia)	16	4 hs cada 15 días	35
<i>Segundo cuatrimestre</i>			
Detectores y Métodos de Medición	16	4 hs cada 15 días	35
Dosimetría de Radiaciones Ionizantes	2	6 hs diarias (intensivo)	60
Radioterapia (Parte I)	16	8 hs cada 15 días	65
<i>Tercer cuatrimestre</i>			
Radioterapia (Parte II)	16	8 hs cada 15 días	65
Resonancia Magnética Nuclear	16	4 hs cada 15 días	35
Radiobiología	1	7 hs diarias (intensivo)	35
<i>Cuarto cuatrimestre</i>			
Diagnóstico por Imágenes de Rayos X	2	7 hs diarias (intensivo)	65
Medicina Nuclear	1	7 hs diarias (intensivo)	35
Protección Radiológica	1	7 hs diarias (intensivo)	35
<i>Tercer año</i>			
Pasantía	15	20 hs semanales	200
Tesis	30	8 hs semanales	240

Total de horas de clase: **570**

Pasantía: **200**

Tesis: **240**

**Total de horas de la carrera: 1.010**

# MAESTRÍA EN FÍSICA MÉDICA - ANEXO C

## CUERPO DOCENTE TENTATIVO

Docente	Título	Lugar de trabajo	Cargo
Mónica Brunetto <sup>1</sup>	Especialista en Física de la Radioterapia (ARN)	Clinica Privada Deán Funes (Córdoba)	Asesora Física - Servicio de Radioterapia
Aranega, César	Doctor en Medicina (UNC)	Fac. de Medicina - Univ. Nacional de Córdoba	Profesor Titular DE
Gustavo Castellano	Doctor en Física (UNC)	FaMAF - Universidad Nacional de Córdoba	Profesor Adjunto DE
Daniel Brusa	Doctor en Física (UNC)	FaMAF - Universidad Nacional de Córdoba	Jefe de Trabajos Prácticos DE
Guillermo Stutz	Doctor en Física (UNC)	FaMAF - Universidad Nacional de Córdoba	Profesor Adjunto DE
Graciela Vélez <sup>1</sup>	Especialista en Física de la Radioterapia (ARN)	Hosp. San Roque (Córdoba)	Jefa del Servicio de Radioterapia
Alberto Riveros	Doctor en Física (UNC)	FaMAF - Universidad Nacional de Córdoba	Profesor Titular DE
Rodolfo Alfonso Laguarda	Doctor en Ciencias Técnicas (Universidad de la Habana)	Universidad de la Habana	Profesor Titular DE
Mariana Cabrejas <sup>2</sup>	Especialista en Física de la Radioterapia (ARN)	Comisión Nacional de Energía Atómica	
Alberto Marangoni <sup>5</sup>	Médico Cirujano	Sanatorio Allende	Coordinador del Servicio de Diagnóstico por Imágenes
Casilda Rupérez	Magister en Ciencias	FaMAF - Universidad Nacional de Córdoba	Profesor Asociado DE
Edgardo Raúl Garrigo <sup>3</sup>	Bioingeniero (UNER) Especialista en Física de la Radioterapia (ARN)	Instituto Privado de Radioterapia (Córdoba)	Jefe del Departamento de Física Médica
Jorge Trincavelli	Doctor en Física (UNC)	FaMAF - Universidad Nacional de Córdoba	Profesor Adjunto DE
José Antonio Bencomo	Ph. D. in Biophysics (University of Texas)	Faculty of Medical Physics University of Texas	Coordinator and principal instructor
Cleomar Schurrer	Doctor en Física (UNC)	FaMAF - Universidad Nacional de Córdoba	Profesor Adjunto DE
Carlos Marqués <sup>4</sup>	Ingeniero Eléctrico/Electrónico (Universidad Católica de Córdoba)	FaMAF - Universidad Nacional de Córdoba	Profesor Titular DE

Docente	Título	Lugar de trabajo	Cargo
Hernán Castro Vita	Doctor en Medicina (UNC)	Universidad Católica de Córdoba	Profesor Titular DS
Marta Fiol	Doctor en Medicina (UNC)	Fac. Medicina - Universidad Nacional de Córdoba	Profesor Titular DE
Héctor Bustos	Doctor en Medicina (UNC)	Fac. Medicina - Universidad Nacional de Córdoba	Profesor Titular DE
Emilio Kushnir	Doctor en Medicina (UNC)	Fac. Medicina - Universidad Nacional de Córdoba	Profesor Titular DE

<sup>1</sup> Las Lic. Brunetto y Vélez son las principales responsables del desarrollo de la Física Médica en el marco de la radioterapia en Córdoba. Su calificación se ve avalada por su larga trayectoria y capacitación participando asiduamente en la formación de recursos humanos en Latinoamérica a través de proyectos respaldados por el Organismo Internacional de Energía Atómica (International Atomic Energy Agency), entidad que las considera expertas para realizar tareas de formación y control en Latinoamérica. La participación de ambas es imprescindible para garantizar un nivel adecuado en esta Maestría.

<sup>2</sup> La Lic. Cabrejas es física y estará a cargo del dictado de la materia Medicina Nuclear. Siguiendo las recomendaciones de la IAEA, participa un físico como encargado de esta materia. Actualmente es docente en la Maestría en Física Médica que se dicta en la UBA.

<sup>3</sup> Estos profesionales poseen una amplia trayectoria en el marco de la física médica. Su participación garantizará la concreción de convenios de cooperación para llevar a cabo las prácticas en centros involucrados con la física médica en Córdoba (Servicio de Diagnóstico por Imágenes del Sanatorio Allende, Instituto Privado de Radioterapia).

<sup>4</sup> Profesor Titular Plenario, posee una vasta experiencia en formación de recursos humanos, lo que le ha merecido el reconocimiento de su trayectoria por parte de la Universidad Nacional de Córdoba. En particular dirigió una tesis de doctorado y actualmente dirige dos.

# MAESTRÍA EN FÍSICA MÉDICA - ANEXO D

## EJEMPLO DE EXAMEN DE ADMISIÓN

NOMBRE: \_\_\_\_\_

1. Dos partículas de masas  $m$  y  $M$  están inicialmente en reposo e infinitamente separadas una de la otra. En cualquier instante de tiempo posterior se aproximan con una velocidad relativa en función de su separación  $d$  dada por:

- (A)  $\sqrt{2Gd/(M+m)}$   (B)  $\sqrt{2G(M+m)/d}$   (C)  $2G(M+m)/d$   (D)  $2Gd/(M+m)$   (E)  $2G\sqrt{M+m}$

2. Una partícula subatómica que se mueve a una velocidad constante de  $6 \times 10^8$  m/s entra en una región donde hay un campo eléctrico constante y se desacelera a la tasa de  $1.2 \times 10^{14}$  m/s<sup>2</sup>. La distancia que la partícula recorre antes de llegar al reposo viene dada en cm por

- (A)  $5 \times 10^{-6}$   (B)  $30 \times 10^{-2}$   (C) 2  (D) 15  (E)  $15 \times 10^{-2}$

3. ¿Cuál es el flujo  $\phi$  del campo eléctrico  $\vec{E}$  a través de un hemisferio de radio  $R$ , si este campo es uniforme y paralelo al eje del hemisferio?

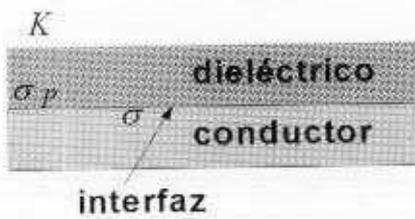
- (A)  $\pi R^2 E$   (B)  $2\pi R E$   (C)  $\frac{1}{2} \pi R^2 E$   (D)  $\sqrt{2} \pi R^2 E$   (E)  $\pi R^2 (E/\sqrt{2})$

4. ¿Cuál de las siguientes ecuaciones es consecuencia de la ecuación  $\vec{\nabla} \times \vec{H} = \dot{\vec{D}} + \vec{J}$ ?

- (A)  $\vec{\nabla} \cdot (\dot{\vec{D}} + \vec{J}) = 0$   (B)  $\vec{\nabla} \times (\dot{\vec{D}} + \vec{J}) = 0$   (C)  $\vec{\nabla} \cdot (\dot{\vec{D}} \cdot \vec{J}) = 0$
- (D)  $\dot{\vec{D}} + \vec{J} = 0$   (E)  $\dot{\vec{D}} \cdot \vec{J} = 0$

*Def*

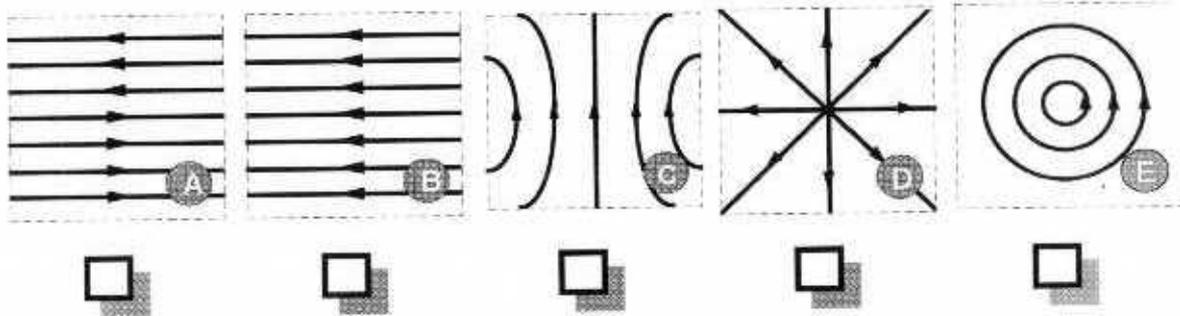
*2*



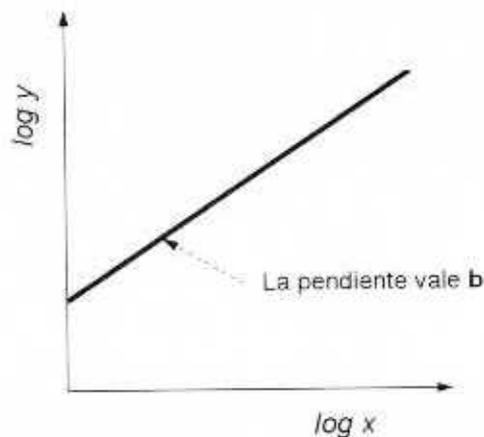
5. Una lámina muy extensa (es decir, se pueden despreciar efectos de borde) de material dieléctrico de constante dieléctrica  $K$  es colocada en contacto con otra lámina conductora (también muy extensa) que tiene una densidad de carga superficial  $\sigma$ , como se muestra en la figura adjunta. ¿Cuánto vale la densidad de carga (carga ligada) de polarización  $\sigma_p$  en la superficie del dieléctrico que es parte de la interfaz ("interface") que separa los dos materiales?

- (A)  $\frac{K}{1-K}\sigma$       (B)  $\frac{K}{1+K}\sigma$       (C)  $K\sigma$       (D)  $\frac{1+K}{K}\sigma$       (E)  $\frac{1-K}{K}\sigma$
- 

6. La ecuación  $\vec{\nabla} \cdot \vec{B} = 0$ , es una de las ecuaciones de Maxwell y nos dice que la divergencia del campo magnético es nula. ¿Cuál de las cinco (5) figuras siguientes muestra líneas de campo magnético que violan la ecuación anterior?



7. ¿Cuál de las siguientes ecuaciones es la que representa la curva en la gráfica?



- (A)  $x + y = a^b$   
 (B)  $x - y = e^2$   
 (C)  $ax^2 + by^2 = 0$   
 (D)  $x + y = ab$   
 (E)  $y = ax^b$

*Handwritten signatures and marks.*



11. La velocidad de una onda que viaja a lo largo de una cuerda en tensión es directamente proporcional a

- (A) La densidad por unidad de longitud de la cuerda.
- (B) El cuadrado de la tensión.
- (C) La raíz cuadrada de la tensión.
- (D) El cuadrado de la densidad por unidad de longitud.
- (E) La raíz cuadrada de la densidad por unidad de longitud.

12. Un rayo de luz incide en la interfaz entre un líquido denso de índice de refracción 1,4 y aire con un ángulo de incidencia  $\alpha$  tal que  $\cos \alpha = 0,8$ . De las siguientes afirmaciones, la que aplica mejor al caso es que...

- (A) ...es imposible predecir el comportamiento de un rayo de luz en base a la información suministrada.
- (B) ...el seno del ángulo de refracción del rayo emergente es menor que 0,8.
- (C) ...el rayo se reflejará internamente.
- (D) ...el seno del ángulo de refracción del rayo emergente es mayor que 0,8.
- (E) ...el rayo será totalmente absorbido.

13. La ecuación  $\varphi(x, t) = A \sin \left[ 2\pi \left( \frac{t}{T} - \frac{x}{\lambda} \right) \right]$ , donde  $A$ ,  $T$  y  $\lambda$  son constantes positivas, corresponde a una onda ...

- (A) ...cuya amplitud es  $2A$ .
- (B) ...cuya velocidad está orientada en el sentido negativo del eje-x.
- (C) ...cuyo período es  $T/\lambda$ .
- (D) ...cuya velocidad es  $x/T$ .
- (E) ...cuya velocidad es  $\lambda/T$ .

14. La propiedad molecular de un gas que es la misma para todos los gases a una temperatura particular es:

- (A) Cantidad de movimiento.
- (B) Velocidad.
- (C) Energía cinética.
- (D) Energía potencial.
- (E) Cantidad de movimiento angular.

15. Un conjunto de  $N$  átomos de gas helio está confinado en un recipiente con una capacidad de un metro cúbico. La probabilidad de que ninguno de los átomos de helio esté confinado en un subvolumen del recipiente correspondiente a  $1.0 \times 10^{-6}$  metros cúbicos, viene dada por

- (A) 0  (B)  $(10^{-6})^N$   (C)  $(1 - 10^{-6})^N$   (D)  $1 - (10^{-6})^N$   (E) 1

16. Para un sistema en el cual el número de partículas está fijo, el recíproco de la temperatura  $T$  está dado por (en lo que sigue  $P$  es la presión,  $V$  es el volumen,  $S$  es la entropía y  $U$  es la energía interna)

- (A)  $\left(\frac{\partial P}{\partial V}\right)_S$   (B)  $\left(\frac{\partial P}{\partial S}\right)_V$   (C)  $\left(\frac{\partial S}{\partial P}\right)_U$   (D)  $\left(\frac{\partial V}{\partial P}\right)_U$   (E)  $\left(\frac{\partial S}{\partial U}\right)_V$

17. El principio de exclusión de Pauli establece que

- (A) Partículas con espín entero y semientero no pueden existir en el mismo estado.  
 (B) Partículas con espín entero no pueden existir en el mismo estado.  
 (C) Partículas con espín entero pueden existir en el mismo estado.  
 (D) Partículas con espín semientero pueden existir en el mismo estado.  
 (E) Partículas con espín semientero no pueden existir en el mismo estado.

18. De acuerdo a la hipótesis de De Broglie

- (A) La radiación no puede cuantizarse, pero las partículas tienen características propias de ondas.  
 (B) Las partículas tienen características propias de ondas.  
 (C) La radiación de longitud de onda muy corta se comporta como partículas, pero la radiación de longitud de onda muy larga no lo hace.  
 (D) La radiación de longitud de onda muy larga nunca es cuantizada.  
 (E) El movimiento de una onda puede ser cuantizado, pero las partículas nunca tendrán características que son propias de ondas.

19. El efecto fotoeléctrico demuestra la naturaleza corpuscular de la luz. Se observa que la corriente fotoeléctrica depende de

- (A) El color de la luz incidente.
- (B) La frecuencia de la luz incidente.
- (C) La fase y frecuencia de la luz incidente.
- (D) La intensidad y frecuencia de la luz incidente.
- (E) Solamente la intensidad de la luz incidente.

20. La longitud de onda ("wavelength") Compton de un electrón en *nm* es del orden de

- (A)  $10^{-3}$
- (B)  $10^{-1}$
- (C) 10
- (D) 100000
- (E) 1000

21. La función de onda  $\psi(x) = Ae^{-\frac{b^2 x^2}{2}}$ , donde  $A$  y  $b$  son constantes reales, es una autofunción de la ecuación de Schrödinger para una partícula de masa  $M$  y energía  $E$  en presencia de un potencial unidimensional  $V(x)$  y este potencial verifica  $V(x)=0$  en  $x=0$ . ¿Cuál de las siguientes expresiones es correcta?

- (A)  $V = \frac{\hbar^2 b^4}{2M}$
- (B)  $V = \frac{\hbar^2 b^4 x^2}{2M}$
- (C)  $V = \frac{\hbar^2 b^4 x^4}{2M}$
- (D)  $E = \hbar^2 b^2 (1 - b^2 x^2)$
- (E)  $E = \frac{\hbar^2 b^4}{2M}$

22. Un sistema formado por dos partículas idénticas en una dimensión está en el estado asociado a una función de onda de la forma

$$\psi(x_1, x_2) = \frac{1}{\sqrt{2}} [\varphi_\alpha(x_1)\varphi_\beta(x_2) + \varphi_\beta(x_1)\varphi_\alpha(x_2)]$$

donde  $x_1$  y  $x_2$  representan las coordenadas espaciales de las partículas, así como los índices  $\alpha$  y  $\beta$  representan el resto de los números cuánticos que se requieren para especificar el estado que las partículas ocupan incluyendo su espín. ¿A qué tipo de partículas de la lista siguiente se le puede hacer corresponder lo anterior?

- (A) Electrones
- (B) Positrones
- (C) Protones
- (D) Neutrones
- (E) Deuterones

*Handwritten signatures and marks at the bottom of the page.*

23. ¿Cuál es la energía mínima en eV que debe tener un electrón para remover por colisión el electrón más interno de un átomo de sodio ( $Z=11$ ), cuando los otros diez ya han sido removidos?

(A) 13,6 eV

(B) 136 eV

(C)  $1,4 \times 10^3$  eV

(D) 164 keV

(E) 2,73 keV

24. La longitud de onda más corta producida en un tubo de rayos-X operado a 2 millones de Volts debe ser en nm

(A) 10

(B) 1,5

(C)  $10^{-1}$

(D)  $10^{-2}$

(E)  $10^{-3}$

25. La energía mínima requerida para ionizar un átomo de hidrógeno en su estado fundamental viene dada en eV por

(A) 1,36

(B) 0,136

(C) 13,6

(D) 136

(E) 1360

26. Si empleamos la fórmula de Bohr para calcular la energía de la primera ionización del átomo de helio, el resultado es mayor que el verdadero valor experimental. Esto se debe fundamentalmente a

(A) La interacción entre el electrón y el núcleo.

(B) La interacción electrostática electrón-electrón.

(C) La interacción espín-espín entre electrones.

(D) La interacción espín-órbita del electrón.

(E) La influencia de otros átomos de helio.

27. Un blanco ("target") de níquel ( $Z=28$ ) es bombardeado con electrones rápidos. La energía cinética mínima que los electrones requieren para producir rayos-X de la serie K será del orden de ...

(A) 10 eV

(B) 100 eV

(C) 1 keV

(D) 10 keV

(E) 100 keV

28. De los siguientes casos, existe uno donde no se necesita del espín del electrón para su explicación...

- (A) La estructura de la tabla periódica.
  - (B) El calor específico de los metales.
  - (C) El efecto Zeeman anómalo.
  - (D) La deflexión en la trayectoria de un electrón que se mueve en presencia de un campo magnético uniforme.
  - (E) La estructura fina de los espectros atómicos.
- 

29. El efecto Hall es usado en física de estado sólido para medir

- (A) El cociente carga/masa.
  - (B) La susceptibilidad magnética.
  - (C) El signo de los portadores de carga.
  - (D) El ancho de la brecha ("gap") entre las bandas de conducción y de valencia.
  - (E) La energía de Fermi.
- 

30. Por cuál de los siguientes métodos es posible termalizar en forma óptima los neutrones rápidos

- (A) Haciéndolos pasar a través de una sustancia rica en hidrógeno.
  - (B) permitiendo que ellos colisionen en forma elástica con núcleos pesados.
  - (C) Empleando un blindaje con metales pesados.
  - (D) Difractándolos a través de una rendija ó ranura ("slit").
  - (E) Haciéndolos pasar a través de un gradiente de potencial.
- 

31. El radio clásico del electrón en cm es del orden de

- (A)  $10^{-8}$       (B)  $10^{-14}$       (C)  $10^{-15}$       (D)  $10^{-10}$       (E)  $10^{-13}$
- 
-

32. El Torio C emite partículas alfa a dos energías diferentes. Cuando atraviesan una región donde hay un campo magnético de intensidad  $B=2 \times 10^4$  gauss, las partículas describen trayectorias circulares de radios  $r_1$  y  $r_2$  tales que  $Br_1=354,34$  kgauss cm y  $Br_2=355,51$  kgauss cm. Suponiendo que estas partículas alfa parten de una fuente puntual y viajan en trayectorias semicirculares, la separación de dos líneas de partículas alfa en el espectro correspondiente es en mm:

- (A) 1,17  (B) 0,58  (C) 0,0117  (D) 11,7  (E) 5,8

33. Suponga que  ${}^A_Z X$  se desintegra de manera espontánea en dos etapas para llegar finalmente a  ${}^{A-4}_{Z-1} Y$ . ¿Cuál de las siguientes opciones puede ser con mayor probabilidad el conjunto de las dos etapas en cuestión?

<input type="checkbox"/>	Opciones	Primera Etapa	Segunda Etapa
<input type="checkbox"/>	(A)	Emisión $\beta^-$ con un antineutrino	Emisión $\alpha$
<input type="checkbox"/>	(B)	Emisión $\beta^-$	Emisión $\alpha$ con un neutrino
<input type="checkbox"/>	(C)	Emisión $\beta^-$	Emisión $\gamma$
<input type="checkbox"/>	(D)	Emisión de un deuterón	Emisión de dos neutrones
<input type="checkbox"/>	(E)	Emisión $\alpha$	Emisión $\gamma$

34. Un investigador en un experimento con una muestra radiactiva registra 9934 eventos ó cuentas durante una hora. A partir de este número la tasa de conteo ("count rate") asociada a la muestra puede estimarse con una desviación estándar cercana a (en cuentas por hora, cph)...

- (A) 100  (B) 200  (C) 300  (D) 400  (E) 500

35. Un haz ("beam") de protones incide sobre un blanco ("target") dispersante de 0,1 cm de espesor. El blanco dispersante contiene  $10^{20}$  núcleos por  $\text{cm}^3$  y al pasar a través del mismo, un protón por cada millón que incide es dispersado. La sección eficaz ("cross-section") de dispersión viene dada por

- (A)  $10^{-29} \text{ cm}^2$   (B)  $10^{-27} \text{ cm}^2$   (C)  $10^{-25} \text{ cm}^2$   (D)  $10^{-23} \text{ cm}^2$   (E)  $10^{-21} \text{ cm}^2$

36. Una corriente de 5A circula a través de una resistencia de 10 Ohm durante 4 min. ¿Cuántos Coulombs han pasado a través de la resistencia durante este tiempo?

- (A) 12  (B) 12  (C) 120  (D) 1200  (E) 12000

dep

3

---

37. Si se requiere del trabajo de 2 Joules para trasladar 20 Coulombs de un punto  $A$  a un punto  $B$ , separados una distancia de 20 cm, la diferencia de potencial entre  $A$  y  $B$  en Volts viene dada por

- (A)  $2 \times 10^{-2}$       (B)  $4 \times 10^{-2}$       (C)  $4 \times 10^{-1}$       (D) 8      (E)  $1 \times 10^{-1}$
- 
- 

38. Un condensador ("capacitor") de placas plano-paralelas separadas 0.3 cm en presencia de aire tiene una capacidad de 15 pF. Cuando el aire entre las placas se reemplaza por mica (constante dieléctrica vale 6) la capacidad en pF llega a ser de

- (A) 5      (B) 15      (C) 90      (D) 300      (E) 2.5
- 
- 

39. Un parámetro  $C$ , expresado en unidades  $U$ , se obtiene experimentalmente a partir de la medida de otros dos parámetros  $A$  y  $B$ . El resultado obtenido para  $C$  fue de 1000 unidades (1000  $U$ ). Si el valor verdadero convencional de  $C$  es  $C_0 = 1200 U$ , el error relativo ( $\Delta_C$ ) de  $C$  respecto de  $C_0$  será:

- (A)  $\Delta_C = -20\%$   
 (B)  $\Delta_C = -16.6\%$   
 (C)  $\Delta_C = 0.2\%$   
 (D)  $\Delta_C = 200\%$   
 (E)  $\Delta_C = 1.6\%$
- 

40. Un parámetro  $C$ , expresado en unidades  $U$ , se obtiene experimentalmente a partir de la medida de otros dos parámetros  $A$  y  $B$ , cada uno de los cuales se ha determinado con una incertidumbre (incerteza) estándar porcentual de 2% y 3%, respectivamente. Si la dependencia de  $C$  respecto de  $A$  y  $B$  viene dada por:

$$C = A^2 B$$

la incertidumbre (incerteza) combinada estándar de  $C$  ( $\sigma_C$ ) será:

- (A)  $\sigma_C = 3.6 U$   
 (B)  $\sigma_C = 41.2 U$   
 (C)  $\sigma_C = 36 U$   
 (D)  $\sigma_C = 13 U$   
 (E)  $\sigma_C = 7 U$
- 

*Handwritten marks:* A large scribble on the left and a checkmark on the right.

41. La serie de Fourier de la función  $|\sin(x)|$ , cuyo dominio corresponde al intervalo  $0 \leq x \leq \pi$  (período  $\pi$ ), viene dada por

(A)  $\frac{2}{\pi} + \frac{4}{\pi} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{\cos(2nx)}{(2n)^2 - 1}$

(B)  $\frac{2}{\pi} - \frac{4}{\pi} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{\sin(2nx)}{(2n)^2 - 1}$

(C)  $\frac{2}{\pi} - \frac{4}{\pi} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{\cos(2nx)}{(2n)^2 - 1}$

(D)  $\frac{4}{\pi} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{\cos(2nx)}{(2n)^2 - 1}$

(E)  $\frac{20}{\pi} - \frac{4}{\pi} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{\cos(2nx)}{(2n)^2 - 1}$

42. La radiación generada por un aparato de rayos-X puede ser producida mediante dos procesos: Radiación característica y de frenado (bremsstrahlung). Los aspectos básicos de cada uno de estos procesos son...

(A) Rayos-X característicos: Espectro continuo, proveniente de la interacción de partículas cargadas con electrones débilmente ligados al núcleo. Rayos-X bremsstrahlung: Espectro discontinuo, proveniente de partículas cargadas que interactúan con el núcleo atómico a través de fuerzas de Coulomb.

(B) Rayos-X característicos: Espectro discontinuo, proveniente de la interacción de partículas cargadas con electrones fuertemente ligados al núcleo. Rayos-X bremsstrahlung: Espectro continuo, proveniente de partículas cargadas que interactúan con el núcleo atómico a través de fuerzas de Coulomb.

(C) Rayos-X característicos: Espectro continuo, proveniente de la interacción de Coulomb de partículas cargadas con los núcleos atómicos del blanco. Rayos-X bremsstrahlung: Espectro discontinuo, proveniente de la interacción de partículas cargadas con electrones fuertemente ligados al núcleo atómico.

(D) Rayos-X característicos: Espectro continuo, proveniente de la interacción de partículas cargadas con electrones débilmente ligados al núcleo, emisión no específica para la configuración electrónica de los elementos constituyentes del blanco. Rayos-X bremsstrahlung: Espectro discontinuo, proveniente de la interacción de Coulomb de partículas cargadas con el núcleo atómico del blanco, la emisión de la radiación es inversamente proporcional al ángulo de desviación de la partícula cargada.

(E) Rayos-X característicos: Espectro continuo, proveniente de la interacción de Coulomb de partículas cargadas con los núcleos atómicos del blanco, la emisión de radiación está relacionada con la variación del vector velocidad de las partículas cargadas. Rayos-X bremsstrahlung: Espectro discontinuo, proveniente de la interacción de rayos-X característicos con electrones fuertemente ligados al núcleo atómico, emisión específica para la configuración electrónica de los elementos constituyentes del blanco.

43. Después que ocurren el efecto fotoeléctrico, Compton y formación de pares son observados los siguientes fenómenos:

(A) Efecto fotoeléctrico: Emisión de un fotoelectrón y un electrón Auger. Efecto Compton: Emisión de un fotón con longitud de onda mayor que la longitud de onda del fotón incidente y de un electrón Compton. Formación de pares: Emisión de un positrón y un electrón.

(B) Efecto fotoeléctrico: Emisión de un fotoelectrón y rayos-X característicos. Efecto Compton: Emisión de un fotón con longitud de onda menor que la longitud de onda del

fotón incidente y de un electrón Compton. Formación de pares: Emisión de un positrón y un electrón.

- (C) Efecto fotoeléctrico: Emisión de un fotoelectrón y emisión de rayos-X de Bremsstrahlung. Efecto Compton: Emisión de un fotón con longitud de onda mayor que la longitud de onda del fotón incidente y de un electrón Compton. Formación de pares: Emisión de un positrón y fotones de aniquilación del electrón con un positrón libre.
- (D) Efecto fotoeléctrico: Emisión de un fotoelectrón y rayos-X característicos. Efecto Compton: Emisión de un fotón con longitud de onda mayor que la longitud de onda del fotón incidente y de un electrón Compton. Formación de pares: Emisión de un electrón y fotones de aniquilación del positrón con un electrón libre.
- (E) Efecto fotoeléctrico: Emisión de un fotoelectrón y un protón. Efecto Compton: Emisión de un fotón con longitud de onda mayor que la longitud de onda del fotón incidente y de un electrón Compton. Formación de pares: Emisión de un positrón y un electrón.

44. La transformada de Fourier  $F(\omega)$  de la función  $f(t) = e^{-p|t|}$ , si  $|t|$  es el valor absoluto de  $t$ , viene dada en principio por

$$F(\omega) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{+\infty} f(t) e^{-i\omega t} dt$$

y en consecuencia se debe obtener:

(A)  $\sqrt{\frac{2}{\pi}} \frac{p^2 + \omega^2}{p}$

(B)  $\sqrt{\frac{2}{\pi}} \sqrt{\frac{p}{p^2 + \omega^2}}$

(C)  $\sqrt{\frac{2}{\pi}} \frac{p}{p^2 + \omega^2}$

(D)  $\sqrt{\frac{2}{\pi}} \frac{p}{\omega^2}$

(E)  $\sqrt{\frac{2}{\pi}} \frac{p^2}{\omega}$

45. Un filtro lineal analógico es un dispositivo que transforma una señal de entrada  $x(t)$  en una señal de salida  $y(t)$  de tal manera que

$$y(t) = \int_{-\infty}^{+\infty} h(t-t')x(t')dt'$$

La condición para que la salida del filtro no preceda a la entrada es que la función de respuesta impulsiva  $h(t)$ :

(A) Sea siempre positiva.

(B) Sea nula para  $t < 0$ .

(C) Su transformada de Fourier sea real.

(D) Posea integral nula entre 0 y  $+\infty$ .

(A)  $\frac{\langle \psi_0 | \hat{V} | \psi_0 \rangle}{\langle \psi_0 | \psi_0 \rangle}$



(B)  $2 \frac{\langle \psi_0 | \hat{V} | \psi_0 \rangle}{\langle \psi_0 | \psi_0 \rangle}$



(C)  $\frac{\langle \psi_0 | \hat{H}_0 | \psi_0 \rangle}{\langle \psi_0 | \psi_0 \rangle}$



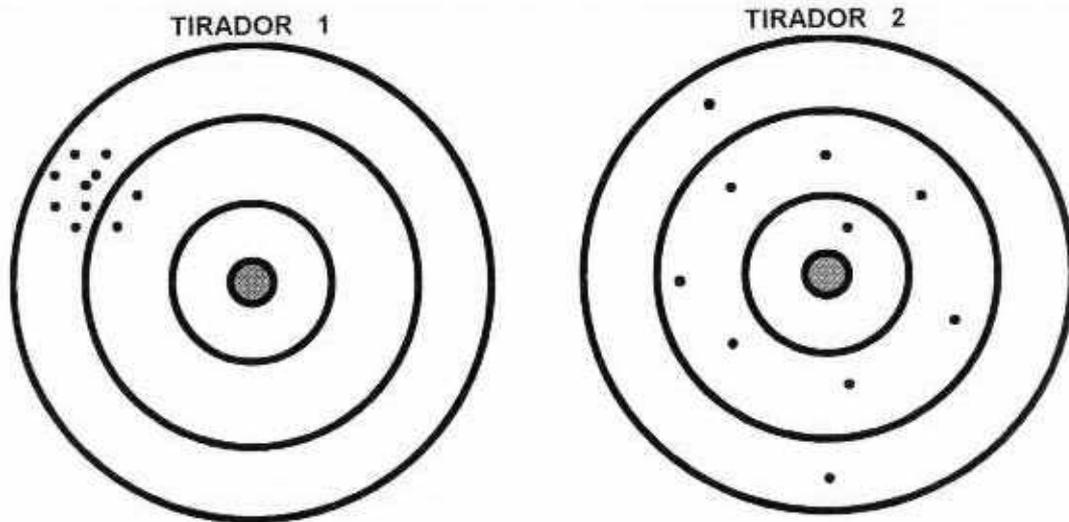
(D)  $\frac{\langle \psi_0 | \hat{V}^2 | \psi_0 \rangle}{\langle \psi_0 | \psi_0 \rangle}$



(E)  $\frac{\langle \psi | \hat{H} | \psi \rangle}{\langle \psi | \psi \rangle}$



50. Dos tiradores realizan diez (10) disparos a la diana, obteniendo los resultados que se muestran en las figuras:



De lo anterior se puede afirmar que:

- (A) El Tirador 1 tiene: Mayor error (peor exactitud)  
Menor incertidumbre (mejor precisión)  
El Tirador 2 tiene: Menor error (mejor exactitud)  
Mayor incertidumbre (menor precisión)
- (B) El Tirador 1 tiene: Menor error (peor exactitud)  
Mayor incertidumbre (mejor precisión)  
El Tirador 2 tiene: Mayor error (mejor exactitud)  
Menor incertidumbre (menor precisión)
- (C) El Tirador 1 tiene: Menor error (mejor exactitud)  
Mayor incertidumbre (menor precisión)  
El Tirador 2 tiene: Menor error (mejor exactitud)  
Mayor incertidumbre (menor precisión)
- (D) El Tirador 1 tiene: Mayor error (peor exactitud)  
Igual incertidumbre (igual precisión)  
El Tirador 2 tiene: Menor error (mejor exactitud)  
Igual incertidumbre (igual precisión)
- (E) El Tirador 1 tiene: Mayor error (peor precisión)  
Menor incertidumbre (mejor exactitud)  
El Tirador 2 tiene: Menor error (mejor precisión)  
Mayor incertidumbre (menor exactitud)

*Handwritten signatures and marks.*