

ELECTROMAGNETISMO Y ÓPTICA

Curso 2010/2011

(Código:21153085)

1.PRESENTACIÓN

En la asignatura de Electromagnetismo y Óptica se pretende sentar las bases de los fundamentos físicos de la radiación electromagnética, su interacción con la materia, haciendo especial énfasis en la parte visible del espectro electromagnético, y sus aplicaciones más elementales, tanto en circuitos electrónicos como en sistemas ópticos, puesto que son la base de muchos de los instrumentos y técnicas que un físico médico utilizará en el desarrollo de su actividad profesional, sin llegar al grado de profundidad que necesitaría un profesional de la Física.

La asignatura se divide en dos partes, una dedicada al Electromagnetismo y otra a la Óptica. En ambas partes se hace una presentación teórica, que va acompañada de actividades prácticas, virtuales y/o presenciales. Ambas partes tienen el mismo peso en el conjunto de la asignatura.

Su estudio se recomienda especialmente a todos aquellos que accedan al postgrado desde perfiles que no sean científico-tecnológicos.

2.CONTEXTUALIZACIÓN

Esta asignatura forma parte del grupo de asignaturas de nivelación para médicos y para otros profesionales con perfiles de entrada al postgrado diferentes del de Ciencias o del de Ingeniería.

Se pretende que el alumno cuyos conocimientos de partida no sean científico-tecnológicos adquiera conocimientos suficientes de Electromagnetismo, de Teoría de Circuitos y de Óptica, para enfrentarse a otras asignaturas sobre Electrónica e Instrumentación del postgrado.

Asimismo, se proporcionará información básica de la interacción de campos y ondas con la materia viva y de los mecanismos físicos de la visión y del color.

3.REQUISITOS PREVIOS RECOMENDABLES

Para abordar la asignatura con garantías de éxito son precisos conocimientos básicos de Matemáticas y de Física adquiridos en el bachillerato científico-técnico.

En la relación siguiente concretamos estas exigencias mínimas:

De Matemáticas:

- Álgebra vectorial: suma de vectores, producto escalar y vectorial...
- Funciones trigonométricas.
- Concepto de derivada y manejo de derivadas sencillas como, por ejemplo, de funciones polinómicas y trigonométricas
- Concepto de integral e integración de funciones inmediatas, integral definida...
- Cálculo vectorial integral y diferencial: integral de línea y gradiente.
- Álgebra de números complejos.

De Física:



- Unidades del SI. Cambio de unidades y empleo de notación científica.
- Conceptos de Cinemática: velocidad, aceleración, fuerza centrípeta...
- Conceptos de Dinámica: fuerza, leyes de Newton, momento lineal y momento angular, energía cinética y energía potencial...
- Conceptos de Termodinámica: calor, temperatura, calor específico...

Otros conocimientos previos de apoyo, muy útiles, aunque no estrictamente necesarios, son:

- En Matemáticas: resolución de ecuaciones diferenciales lineales de primer grado.
- En Física: conocimientos previos de los temas concretos de la asignatura.

4.RESULTADOS DE APRENDIZAJE

1. Familiarizarse con la nomenclatura de las unidades y magnitudes físicas involucradas en el Electromagnetismo y en la Óptica.
2. Entender los principios básicos de la interacción de campos electromagnéticos con la materia.
3. Tener la capacidad de evaluar la tasa de decaimiento de los campos con la distancia en función de la extensión de la fuente y de su carácter monopolar, dipolar, etc.
4. Diferenciar el concepto de "radiación electromagnética" del de "campos electromagnéticos oscilantes".
5. Resolver circuitos sencillos de corriente continua (CC) y de corriente alterna (AC) con resistencias, condensadores e impedancias.
6. Adquirir nociones fundamentales de las ondas electromagnéticas (OEM): características, propagación, generación e interacción con la materia.
7. Familiarizarse con el espectro electromagnético y sus distintas regiones según la longitud de onda y la frecuencia.
8. Conocer los principios básicos de la Óptica y su utilización en la formación de imágenes.
9. Conocer el funcionamiento del ojo humano como instrumento óptico. Reconocer sus defectos y aberraciones.
10. Entender el funcionamiento de los instrumentos ópticos, especialmente los utilizados en medicina.
11. Familiarizarse con los aspectos ondulatorios (interferencias, difracción y polarización) de la luz.
12. Discernir los comportamientos de la luz como onda y como corpúsculo.
13. Familiarizarse con la nomenclatura de las unidades y magnitudes físicas involucradas en los dispositivos fotométricos y radiométricos.
14. Conocer el uso de la radiación no-ionizante en las aplicaciones médicas.
15. Entender los aspectos fundamentales del color desde el punto de vista fisiológico.

5.CONTENIDOS DE LA ASIGNATURA

Tema 1. Interacción eléctrica: Campo eléctrico y potencial

En este tema se estudia qué es la carga eléctrica y los diferentes tipos de carga; las interacciones entre cargas y su descripción a través del *campo eléctrico*; la dependencia de éste con las fuentes y sus propiedades como campo conservativo, del que se deduce la existencia del *potencial*, un campo escalar auxiliar que permite simplificar en muchas



ocasiones los problemas electrostáticos. Se estudia la interacción del campo eléctrico con la materia, en particular con conductores y aislantes. Se describe además el dispositivo *condensador*, que será de utilidad en los temas siguientes.

Tema 2. Corriente eléctrica y circuitos de corriente continua

El movimiento de cargas produce corriente eléctrica; se analizan sus tipos, en función del tipo de movimiento de las cargas. Se introducen los conceptos de *densidad de corriente* y *flujo (o intensidad) de corriente* y la ecuación de continuidad. Ya en régimen estacionario, se estudia el modelo óhmico de conducción y el de *fuera electromotriz*, que da lugar a la existencia de baterías. Termina el tema con las leyes básicas de circuitos y los métodos para resolverlos.

Tema 3. Campo magnético e inducción electromagnética

Veremos la interacción entre corrientes y su descripción por medio del *campo magnético*. Se analizan las propiedades del mismo y la dependencia con las fuentes. Se introducen los materiales magnéticos como otras fuentes de campo magnético. En este punto se estudian las interacciones del campo magnético con la materia. Otro gran apartado del tema es la *inducción magnética*, donde por primera vez vemos que los campos variables con el tiempo producen otros efectos. En este contexto se introducen los conceptos de *inducción mutua* y *autoinducción*.

Tema 4. Campos variables y circuitos de corriente alterna

En este tema se analizan en detalle los campos variables en el tiempo, en particular cuando oscilan armónicamente y cuando aplicamos este conocimiento a circuitos eléctricos. Se analizan circuitos LCR, principalmente en comportamiento oscilatorio usando la impedancia compleja. Se define el límite de radiación de un circuito a frecuencias elevadas.

Tema 5. Ondas electromagnéticas, espectro electromagnético y radiación

Se describe la radiación electromagnética a partir del modelo más sencillo de onda plana y se estudian sus principales características: velocidad, frecuencia, longitud de onda, amplitud y polarización. Esta última característica se estudiará con más detalle en el tema 8 en el contexto de la luz. Las ondas electromagnéticas (OEM) se clasifican en función de su frecuencia en lo que se llama *espectro electromagnético*. Enlazando con el tema anterior, se estudian las fuentes de radiación, o antenas, sin entrar en demasiado detalle. También nos acercamos a la interacción de las OEM de la parte baja del espectro con la materia. Este tema es un puente hacia la segunda parte de la asignatura, la Óptica.

Tema 6. Naturaleza y propagación de la luz

La luz es el primer mensaje que llega al hombre de los átomos. Las ideas sobre su naturaleza han intervenido en los grandes acontecimientos científicos que han marcado hitos en la Historia de la Ciencia. Se inicia el tema planteando las dos concepciones que se han confrontado a lo largo de la historia: las teorías corpuscular y ondulatoria. Se introduce también la concepción actual de la dualidad onda-corpúsculo, teoría enmarcada en la física cuántica. Todos estos conceptos y fenómenos se verán más detalladamente en el Tema 10.

Se analizan las leyes de la reflexión y de la refracción de la luz. El conocimiento y aplicación de estas leyes son imprescindibles para abordar el estudio del Tema 7.

El concepto de índice de refracción de un medio y su variación con la longitud de onda de la luz nos permite comprender el fenómeno de la dispersión. Se aplican las leyes antes estudiadas a los prismas, elementos dispersivos que nos permiten acceder a los componentes intrínsecos de la luz: su espectro.

Y por último, se utiliza el principio de mínimo de Fermat para determinar la trayectoria de la luz entre dos puntos de un mismo medio o de diferentes medios.

Tema 7. Óptica Geométrica. Espejos y lentes. Instrumentos ópticos

En este tema se estudian los principales elementos ópticos para la formación de imágenes: los espejos, planos y esféricos, las lentes y los sistemas de lentes. Las leyes que rigen la trayectoria de un rayo de luz al incidir en ellos nos permite obtener las características de las imágenes que forman dichos elementos. La combinación adecuada de los mismos nos proporciona instrumentos más sofisticados que nos permiten ver los objetos muy pequeños (microscopios) o los muy distantes (telescopios). Se describen a grandes rasgos sus características principales y sus defectos, las aberraciones. Es importante también determinar el poder de resolución de un instrumento óptico para saber dentro de qué límites pueden ser utilizados.



El ojo es un instrumento óptico que nos permite obtener imágenes nítidas de lo que tenemos alrededor. También presenta defectos que se pueden corregir aplicando las leyes de la Óptica Geométrica. Esta parte de la Óptica ha dado lugar a ramas de la Medicina que se ocupan de todo lo relacionado con la visión, la Oftalmología y la Optometría.

Tema 8. Polarización de la luz

La polarización es la manifestación más palpable del carácter transversal de las ondas electromagnéticas. La dirección de polarización de una onda individual es la dirección en la que vibra el campo eléctrico. Si el campo de la onda vibra siempre en una misma dirección, se dice entonces que está linealmente polarizada.

Existen diversas formas de conseguir que la luz natural, que inicialmente es no polarizada, se polarice. En este tema se estudian algunos de dichos mecanismos: polarización por absorción selectiva (polaroides), por reflexión, por doble refracción o por actividad óptica. En el primer caso, se estudian los polarizadores lineales y la ley de Malus. En el segundo, hay que entender y manejar las fórmulas de Fresnel. Es conveniente estudiar las condiciones bajo las cuales se producen singularidades como, por ejemplo, el ángulo de polarización o de Brewster.

Y en los dos últimos apartados se estudian los medios anisótropos. Estos medios presentan dos índices de refracción, por lo que se les llama *birrefringentes*.

Tema 9. Interferencias y difracción

En cuanto a los fenómenos interferenciales, lo esencial es determinar en cada caso la diferencia de caminos ópticos entre los dos rayos luminosos que interfieren en un punto genérico de una pantalla. Esto permite calcular la diferencia de fase entre las ondas, que es el origen de las interferencias.

Desde el punto de vista práctico, es muy importante entender cómo se obtienen las dos ondas que interfieren en cada dispositivo interferométrico. Esto facilita el cálculo de la diferencia de caminos ópticos. Los dispositivos interferométricos más importantes son los interferómetros de Michelson y de Fabry-Perot.

En cuanto a los fenómenos difraccionales, es fundamental entender cómo se utiliza el Principio de Huygens-Fresnel para la determinación del campo de difracción producido por un obstáculo. En el estudio vamos a utilizar siempre la aproximación de Fraunhofer, conocida como de campo lejano. En particular, es importante el estudio de la difracción de una rendija y de una red (conjunto de rendijas paralelas).

Al final del tema se incluye una descripción somera de algunas de las más importantes aplicaciones de la difracción, como son la espectroscopía con red, la difracción de rayos X y de electrones, y la holografía.

Tema 10. Radiaciones, Fotometría y Color

Todo lo estudiado hasta ahora tiene que ver con la propagación de la luz. Sin embargo los procesos de emisión y absorción de la luz, es decir, cómo se produce y cómo la detecta el ojo, pertenecen al campo de lo que se denomina la física moderna. La interpretación de Einstein del efecto fotoeléctrico, por la que le otorgaron el Premio Nobel en 1921, introduce el concepto de *fotón* como corpúsculo luminoso. Por otra parte, su interpretación del cuerpo negro condujo a la introducción de un mecanismo nuevo de interacción de la radiación con la materia: la *emisión estimulada*, base de los dispositivos *láser*.

Como los detectores de radiación son una herramienta fundamental para conocer la energía involucrada en los procesos experimentales de la interacción radiación-materia en prácticamente todos los campos de la Ciencia y de la Tecnología, se hace una introducción a los principales conceptos, magnitudes y unidades de la Radiometría y de la Fotometría. De manera análoga, se estudian los atributos físicos del color y su relación con la sensibilidad del ojo (y de los detectores fotométricos) al mismo.

6.EQUIPO DOCENTE

DATOS NO DISPONIBLES POR OBSOLESCENCIA

7.METODOLOGÍA



La metodología de la asignatura está basada en la enseñanza a distancia, con el apoyo de los profesores a través del correo, correo electrónico, comunidad virtual, teléfono y visita personal.

Para el trabajo autónomo y la preparación de esta asignatura los estudiantes disponen de libros de texto básicos adaptados al programa de la materia y de los materiales de apoyo y la tutoría telemática proporcionada por los profesores del curso.

Los estudiantes matriculados en esta asignatura disponen de:

- Una Guía de estudio para cada uno de los temas del programa con una introducción, un esquema guión del tema, los objetivos de aprendizaje, la bibliografía básica de estudio con referencias específicas al libro de texto básico, bibliografía complementaria y ejercicios para cada tema.
- Materiales complementarios, con esquemas y presentaciones de contenidos en algunos de los temas del programa.
- Ejercicios prácticos y actividades.

Todos estos materiales de apoyo se encuentran accesibles en la web en el espacio virtual de esta asignatura en la plataforma ALF de la UNED.

8.BIBLIOGRAFÍA BÁSICA

ISBN(13): 9788480044110
Título: FÍSICA PARA INFORMÁTICA (1ª)
Autor/es: Montoya Lirola, Mª Del Mar ; López Rodríguez, Victoriano ;
Editorial: CERA

Buscarlo en librería virtual UNED

Buscarlo en bibliotecas UNED

Buscarlo en la Biblioteca de Educación

Buscarlo en Catálogo del Patrimonio Bibliográfico

ISBN(13): 9789701035825
Título: FÍSICA PARA CIENCIAS E INGENIERÍA (TOMO II) (5ª)
Autor/es: Serway, Raymond A. ; Beichner, Robert J. ;
Editorial: MC GRAW HILL

Buscarlo en librería virtual UNED

Buscarlo en bibliotecas UNED

Buscarlo en la Biblioteca de Educación

Buscarlo en Catálogo del Patrimonio Bibliográfico

Comentarios y anexos:

Física para Informática, de López Rodríguez, Victoriano, y Montoya Lirola, M.ª del Mar, es un texto pensado para alumnos del primer curso de la Escuela de Informática, pero cuyo contenido abarca muy bien los cuatro primeros temas del curso (véanse las orientaciones de cada tema). Especialmente, la parte de circuitos se explica con mucha sencillez.

Del libro *Física para Ciencias e Ingeniería*, de Serway, Raymond A., y Beichner, Robert J., Tomo II (5ª edición): La Parte 4, (Capítulos 23-34) se recomienda para los 5 primeros temas (Electricidad y Magnetismo); la Parte 5, Capítulos 35-38 (Luz y



Óptica) y la Parte 6, Capítulo 40 (Introducción a la Física Cuántica), se ajustan al contenido de los temas 6 a 10 de la segunda parte de la asignatura (Óptica).

9.BIBLIOGRAFÍA COMPLEMENTARIA

ISBN(13): 9788420608235
Título: FÍSICA BÁSICA (TOMO II) (1ª ed.)
Autor/es: Fernández Rañada, Antonio ; Carreras Béjar, Carmen ;
Editorial: ALIANZA EDITORIAL, S.A.

Buscarlo en librería virtual UNED

Buscarlo en bibliotecas UNED

Buscarlo en la Biblioteca de Educación

Buscarlo en Catálogo del Patrimonio Bibliográfico

ISBN(13): 9788420658315
Título: FÍSICA BÁSICA (TOMO I) (2ª ed.)
Autor/es: Carreras Béjar, Carmen ;
Editorial: ALIANZA EDITORIAL, S.A.

Buscarlo en librería virtual UNED

Buscarlo en bibliotecas UNED

Buscarlo en la Biblioteca de Educación

Buscarlo en Catálogo del Patrimonio Bibliográfico

ISBN(13): 9788434480643
Título: ÓPTICA GEOMÉTRICA
Autor/es: Millán, M.ª S., Escofet, J. Y Pérez, E. ;
Editorial: Ariel Ciencia

Buscarlo en librería virtual UNED

Buscarlo en bibliotecas UNED

Buscarlo en la Biblioteca de Educación

Buscarlo en Catálogo del Patrimonio Bibliográfico

Comentarios y anexos:

Es aconsejable la lectura de los siguientes capítulos del libro *Física Básica*, de Fernández-Rañada, Antonio (Editor): del Tomo 1, el capítulo 7 como introducción al Tema 5 sobre ondas; del Tomo 2, el capítulo 14 para el Tema 1, el 15 para los Temas 2 y 4, el 16 para el Tema 3, y los capítulos 17, 18, 19 y 22 para los Temas de Óptica relativos a la luz, la física moderna y el láser.

El libro *Óptica Geométrica*, de Millán, M.ª Sagrario, Escofet, Jaume, y Pérez, Elisabet, es muy apropiado para profundizar en



el estudio de los Temas 6 y 7 y parte del 10.

En el libro *Óptica*, de Hecht, Eugene, se pueden estudiar todos los Temas de Óptica (6-10) pero, aunque es fenomenológico, su nivel es superior al requerido para esta asignatura.

Se proporcionarán como fichero PDF en la plataforma Alf los cuatro primeros capítulos de los apuntes *Física de las Radiaciones* dedicados a estudiantes de Ciencias Ambientales. En ellos se aborda con especial énfasis el efecto de los campos y las ondas electromagnéticas (OEM) sobre la materia viva. Los dos primeros capítulos sirven como introducción a los primeros cuatro temas del curso (ver las orientaciones). El capítulo 3 corresponde enteramente a los contenidos del Tema 5. El capítulo 4, "Campos electromagnéticos y salud", se ofrece como lectura adicional voluntaria, de interés para los alumnos de este postgrado que quieran realizar trabajos voluntarios (ver "Evaluación de los aprendizajes").

10. RECURSOS DE APOYO AL ESTUDIO

Vídeo/DVD (45 min.) *La luz a través de la Historia: de los efluvios de los griegos a los fotones de Einstein*, de Carreras Béjar, Carmen y Yuste Llandres, Manuel (autores), Viejo Montesinos, raquel (realizadora). Incluye una Guía Didáctica (68 págs.). CEMAV-UNED, 2001 (2ª edición). ISBN: 84-362-4389-7.

Este vídeo muestra cómo desde la antigüedad hasta nuestros días se han confrontado dos concepciones sobre la naturaleza de la luz: las teorías corpuscular y ondulatoria. Ambas concluyen en la actualidad en la concepción cuántica de la dualidad onda-corpúsculo. La utilización de imágenes y experimentos puede facilitar a los alumnos la interpretación de los distintos fenómenos ópticos y conceptos que se estudian en los Temas 6 a 10 dedicados a la Óptica. Estos vídeos pueden visualizarse a través de canaluned en las siguientes direcciones:

La luz a través de la historia I: de los griegos a Newton:

http://www.canaluned.com/#frontaleID=F_RC§ionID=S_TELUNE&videoID=130

La luz a través de la historia II: el siglo de las ondas:

http://www.canaluned.com/#frontaleID=F_RC§ionID=S_TELUNE&videoID=131

La luz a través de la historia III: la dualidad onda-corpúsculo:

http://www.canaluned.com/#frontaleID=F_RC§ionID=S_TELUNE&videoID=108

Se aconseja también la lectura de la guía que acompaña al vídeo, que está disponible en el curso virtual en formato pdf.

11. TUTORIZACIÓN Y SEGUIMIENTO

Los alumnos podrán ponerse en contacto con el profesor por medio del correo electrónico, el foro virtual, el teléfono y la entrevista personal.

1ª Parte: Electromagnetismo (Temas 1-5)

e-mail: mpancorbo@ccia.uned.es

Teléfono: 91 398 71 87

Horario: Martes, de 15:30 a 19:30 h.

Despacho: 216 (Facultad de Ciencias)

2ª Parte: Óptica (Temas 6-10):

e-mail: ccarreras@ccia.uned.es

Teléfono: 91 398 71 74

Horario: Martes, de 15:30 a 19:30 h.

Despacho: 222 (Facultad de Ciencias)

12. EVALUACIÓN DE LOS APRENDIZAJES



En esta asignatura no habrá una prueba presencial tradicional. En su lugar, la evaluación consistirá en dos exámenes obligatorios *on-line* en la plataforma Alf, uno para cada parte de la asignatura, y una serie de trabajos voluntarios.

Examen en la plataforma Alf

Se propondrán dos pruebas, una sobre Electromagnetismo y otra sobre Óptica, a través de la herramienta "Actividades". Cada prueba consistirá en unas 10 ó 15 cuestiones y/o ejercicios sencillos. Las pruebas se harán públicas a última hora del día anterior al que se va a pedir su entrega; ésta se podrá realizar hasta las 24:00 h. de ese día. Hasta ese momento, el alumno entregará las respuestas que puedan ser fácilmente confeccionadas en un programa normal de tratamiento de texto; para las cuestiones más complejas, que requieran fórmulas o dibujos, el alumno dispondrá de una semana de plazo para hacer llegar sus soluciones a los profesores por correo ordinario.

Cada prueba se evaluará sobre un máximo de 3 puntos, por lo tanto, en total puede obtenerse una puntuación máxima de 6 puntos. Será necesario obtener una puntuación mínima de 4 puntos para poder acceder al beneficio de la evaluación voluntaria (ver más adelante). Si no se superase estas pruebas, el alumno podrá repetirla en la convocatoria extraordinaria de septiembre.

Aquellos estudiantes que obtengan entre las dos pruebas una calificación de 5 puntos, ya habrán aprobado la asignatura, aunque pueden acogerse a los trabajos voluntarios para subir su nota.

Las fechas concretas de cada prueba se harán públicas en el curso virtual de la plataforma Alf con tiempo suficiente.

Evaluación voluntaria

Se puede realizar un trabajo voluntario en cualquiera de las partes de la asignatura, para obtener hasta un máximo de 4 puntos, a sumar a la nota obtenida en los exámenes (máximo 6 puntos). La entrega de este trabajo tendrá como fecha límite el 28 de febrero de 2011. Opcionalmente, se pueden realizar varios trabajos si el alumno dispone de tiempo y motivación para ello. Para el cómputo de la nota final se utilizará la calificación más alta de todos los trabajos realizados por el alumno.

Los trabajos consisten en lo siguiente:

Prácticas virtuales

Se propondrán 3 prácticas virtuales de Óptica, en la sección "Actividades" de la plataforma Alf. El trabajo exigido para optar al máximo de 4 puntos consistirá en la elaboración de 2 de ellas y en el envío de las respectivas memorias.

Prácticas presenciales

Se realizarán en la Facultad de Ciencias de la UNED, en Madrid, en dos sesiones de 3 horas cada una. Una sesión estará dedicada a Electromagnetismo y otra a Óptica. De cada práctica hay que elaborar la correspondiente memoria. La calificación conjunta de ambas memorias abarcará los 4 puntos ya mencionados.

Para facilitar en lo posible la realización de prácticas, organizaremos 1 ó 2 grupos de alumnos que puedan venir en día laborable por las tardes a la Facultad de Ciencias. Con estos grupos pretendemos recoger aquellos alumnos que vivan en Madrid y alrededores y a los que su ocupación laboral les permita disponer de alguna tarde libre.

Complementariamente, organizaremos 1 ó 2 grupos para hacer jornada intensiva durante todo un sábado, para facilitar la realización de prácticas a aquellos alumnos que vivan lejos de la Sede Central o su trabajo no les permita venir más que en fin de semana.

Las prácticas tendrán lugar durante el primer semestre del curso (de octubre a finales de febrero) y sus fechas concretas se publicarán en el curso virtual. Eventualmente, si por motivos de coordinación con otras asignaturas que propongan prácticas, fuera necesario organizar algún otro grupo en el segundo semestre, se comunicará a través del curso virtual con tiempo suficiente.

Trabajos monográficos

Se puede profundizar en algunos aspectos de los temas que conforman la asignatura. Proponemos a continuación algunos posibles temas de trabajo, pero estamos abiertos a sugerencias por parte de los interesados:



- La interacción microondas-agua
- La conducción eléctrica en las neuronas
- Fundamentos de funcionamiento del electroencefalograma / electrocardiograma
- Efecto de las corrientes eléctricas en el organismo
- Resultados provisionales del estudio INTERPHONE
- Resumen de los trabajos de Ahlbom et al (British J. Cancer, 2000[11]) y Greenly et al (Epidemiology, 2000[10]) sobre leucemia infantil por campos magnéticos débiles
- Fibras ópticas y aplicación en medicina
- El láser y su aplicación en medicina
- El ojo como instrumento óptico

13.COLABORADORES DOCENTES

Véase equipo docente.

