

Programa del curso FI2104

## **Física General IV**

Escuela de Física

## I parte: Aspectos relativos al plan de estudios

### 1. Datos generales

<b>Nombre del curso:</b>	Física General IV
<b>Código:</b>	FI2104
<b>Tipo de curso:</b>	Teórico
<b>Tipo de grupo:</b>	Regular
<b>Electivo o no:</b>	No
<b>Nº de créditos:</b>	3
<b>Nº horas de clase por semana:</b>	4
<b>Nº horas extraclase por semana:</b>	5
<b>% de las áreas curriculares:</b>	No aplica
<b>Ubicación en el plan de estudios:</b>	Quinto semestre (Licenciatura en Ingeniería Física y Licenciatura en Ingeniería en Computadores)
<b>Requisitos:</b>	Física General II (FI1102) y Cálculo Superior (MA2104)
<b>Correquisitos:</b>	Ninguno
<b>El curso es requisito de:</b>	IF5902 Física Contemporánea (Licenciatura en Ingeniería Física) CE5600 Trabajo final de graduación (Licenciatura en Ingeniería en Computadores)
<b>Asistencia:</b>	Obligatoria
<b>Suficiencia:</b>	Si
<b>Posibilidad de reconocimiento:</b>	Sí
<b>Vigencia del programa:</b>	II semestre 2022

## 2. Descripción general

Este curso es el último en la línea de Físicas Generales, en el que se le presentan al estudiantado teorías más avanzadas de la física -como la mecánica cuántica, la relatividad especial y la física del estado sólido- y se expone sobre sus aplicaciones en tecnologías modernas.

## 3. Objetivos

### Objetivo general:

Al finalizar el curso, el estudiantado tendrá capacidad para reconocer conceptos fundamentales de la relatividad especial, la mecánica cuántica y la física estadística para la comprensión de fenómenos físicos en esas áreas y de tecnologías modernas.

### Objetivos específicos:

Al finalizar el curso, específicamente el estudiantado será capaz de:

- Describir conceptos básicos de la teoría especial de la relatividad para la comprensión de fenómenos de altas energías.
- Utilizar conocimientos básicos de la mecánica cuántica para la comprensión de fenómenos y tecnologías actuales.
- Comprender conceptos de la mecánica cuántica para la descripción de fenómenos de la física estadística y la computación cuántica.

Objetivo específico	Atributos correspondientes	Nivel de desarrollo de cada atributo que se planea alcanzar
a	CI	Inicial
b	CI, HC	Inicial
c	CI, IS, HC	Inicial

CI: Conocimiento en ingeniería. IS: Ingeniería y sociedad. HC: Habilidades de comunicación. Más detalles en: <https://www.tec.ac.cr/atributos-tec>.

## 4. Contenidos

### Teoría especial de la relatividad (12 horas)

Experimento de Michelson-Morley. Transformaciones de Lorentz y transformación de velocidades. Movimiento de partículas a altas energías: relatividad especial. Causalidad. Cantidad de movimiento relativista y forma de las leyes de Newton. Energía relativista. Relación masa-energía. Relatividad General

**Teoría cuántica de la luz (4 horas)**

Experimento de Hertz. Radiación de cuerpo negro. Efecto fotoeléctrico. Efecto Compton. Complementariedad onda-partícula.

**Naturaleza corpuscular de la luz (4 horas)**

Naturaleza atómica de la materia. Experimentos de Thomson, de Millikan y de Rutherford. Modelo atómico de Bohr. Principio de correspondencia de Bohr. Experimento de Franck-Hertz.

**Ondas de materia (4 horas)**

Ondas de De Broglie. Experimento de Davisson-Germer. Microscopio electrónico. Grupos de ondas y dispersión. Principio de incertidumbre. Dualidad onda-partícula. Experimento de la doble rendija.

**Mecánica cuántica en una dimensión (12 horas)**

Interpretación de Born. Función de onda para una partícula libre. Funciones de onda en presencia de fuerzas. Partícula confinada en una dimensión. Oscilador armónico cuántico. Valores esperados, observables y operadores. Fenómeno de tunelaje y aplicaciones.

**Mecánica cuántica en tres dimensiones (6 horas)**

Partícula confinada en tres dimensiones. Fuerzas centrales. Cuantización del momento angular y la energía. Átomo de hidrógeno y átomos hidrogenoides.

**Estructura atómica (6 horas)**

Magnetismo orbital y efecto Zeeman normal. Espín del electrón. Experimento de Stern-Gerlach e interacción espín-órbita.

**Estadística cuántica (8 horas)**

Estadísticas cuánticas de Bose-Einstein y Fermi-Dirac. Aplicaciones de las estadísticas cuánticas: modelo de electrones libres para metales y teoría de bandas en sólidos.

**Computación cuántica (4 horas)**

Origen. Expectativas y limitaciones. Elementos básicos: qubit, algoritmos e implementación física. Notación de Dirac. Transformaciones de estados cuánticos. Fundamentos de algoritmos cuánticos.

**Exposiciones (4 horas)**

Exposición de los trabajos de investigación desarrollados de manera grupal.

## II parte: Aspectos operativos

### 5. Metodología de enseñanza y aprendizaje

La metodología que se utilizará busca lograr que el estudiantado construya su propio conocimiento bajo un ambiente que favorezca la creatividad, la crítica constructiva, la colaboración, el respeto y el aprendizaje a partir de los errores, en donde el docente desempeña un papel de orientador, que promueve el cumplimiento de los objetivos y contenidos del curso y el óptimo aprovechamiento del tiempo.

Se emplearán actividades creativas, técnicas didácticas activas como el uso de experimentos (mentales, reales o virtuales) y herramientas educativas que refuercen los conceptos, permitan el abordaje de preconcepciones erróneas y promuevan el pensamiento racional sobre el pensamiento intuitivo.

Mediante asignaciones integradas a los objetivos del curso que motiven al estudiantado a la investigación y búsqueda de información en diferentes fuentes, el docente promoverá que se mantengan en contacto con la realidad circundante, que apliquen valores y actitudes como la solidaridad y la socialización del conocimiento adquirido dentro y fuera del aula, que potencien su pensamiento crítico y reflexivo a partir de una base sólida y confiable de conocimientos teóricos y empíricos y que asuman un papel protagónico con relación a su proceso de aprendizaje.

### 6. Evaluación

Durante el desarrollo del curso se hará uso de distintos métodos de evaluación, tanto formativos como sumativos. Las evaluaciones de carácter formativo estarán dirigidas a que los estudiantes puedan corregir y fortalecer su conocimiento al respecto de los temas tratados. Las de carácter sumativo, con las que se obtendrá la calificación del curso, contemplan un proyecto de investigación, tareas y actividades de aprendizaje (cuestionarios) aplicadas por medio del tecDigital.

Las tareas y las actividades de aprendizaje pueden contener preguntas sobre conceptos específicos, problemas y ejercicios de aplicación de conocimientos.

La investigación se realizará en equipos de hasta cinco personas, sobre un tema particular que será asignado a cada equipo y se desarrollará siguiendo las instrucciones que será presentada por el docente en las primeras semanas

lectivas. La investigación se evalúa mediante un avance, un documento final y una exposición.

La evaluación sumativa se divide de la siguiente manera:

<b>Tipo de evaluación sumativa</b>	<b>Valor</b>	<b>Semana</b>
<u><b>Bloque 1</b></u>		
T1: Tarea sobre “teoría especial de la relatividad”	6 %	3
C1: Actividad de aprendizaje sobre “teoría especial de la relatividad”	8 %	4
<u><b>Bloque 2</b></u>		
T2: Tarea sobre “teoría cuántica de la luz”, “naturaleza corpuscular de la luz” y “ondas de materia”	6 %	6
C2: Actividad de aprendizaje sobre “teoría cuántica de la luz”, “naturaleza corpuscular de la luz” y “ondas de materia”	8 %	7
Avance sobre trabajo de investigación	5 %	7
<u><b>Bloque 3</b></u>		
T3: Tarea sobre “mecánica cuántica en una dimensión”	6 %	9
C3: Actividad de aprendizaje sobre “mecánica cuántica en una dimensión”	8 %	10
<u><b>Bloque 4</b></u>		
T4: Tarea sobre “mecánica cuántica en tres dimensiones” y “estructura atómica”	6 %	11
C4: Actividad de aprendizaje sobre “mecánica cuántica en tres dimensiones” y “estructura atómica”	8 %	12
<u><b>Bloque 5</b></u>		
T5: Tarea sobre “estadísticas cuánticas y cosmología”	6 %	13
C5: Actividad de aprendizaje sobre “estadísticas cuánticas”	8 %	14
Productos de la investigación: documento final y exposición.	25 %	15 y 16
<b>TOTAL</b>	<b>100 %</b>	

## 7. Bibliografía

### Libros principales de consulta\*:

Serway, R. A., Moses, C. J., & Moyer, C. A. (2006). *Física moderna* (3era ed.). México: Cengage Learning.

Pérez, D. M. (2012). *Introducción a la Computación Cuántica para Ingenieros*. México: Alfaomega.

Sears, F. W., Zemansky, M. W., Young, H. D. & Freedman, R. A. (2018). *Física Universitaria con Física Moderna I. Volumen 2*. Décimo cuarta edición. México: Pearson Educación.

### Libros complementarios de consulta\*:

Ashcroft, N. W., & Mermin, D. (2011). *Solid State Physics*. London: Cengage Learning.

Eisberg, R. M. (1973). *Fundamentos de física moderna*. México: Limusa-Wiley.

Ibach, H., & Lüth, H. (2009). *Solid-State Physics: An Introduction to Principles of Materials Science* (4th ed.). New York: Springer.

Serway, R. A., & Jewett, J. W. (2018). *Física para Ciencias e Ingeniería* (10ma ed.). México: Cengage Learning.

Young, H. D., & Freedman, R. A. (2018). *Física Universitaria con Física Moderna*. México: Pearson Educación.

(\*) Algunos de estos libros están disponibles de manera electrónica en la plataforma “Libros-e” del TEC (<https://www.tec.ac.cr/libros>), en particular aquellos recientes de las editoriales Cengage Learning y Pearson Educación.

## 8. Profesor

M. Sc. Juan Carlos Lobo Zamora

Escuela de Física

[jlobo@itcr.ac.cr](mailto:jlobo@itcr.ac.cr)

Horario de consulta: Miércoles de 13:00 a 15:00 horas.

## Anexos

### Cronogramas de actividades

Semana	Fechas	Contenidos
1	26 julio -1 agosto	<b>Teoría especial de la relatividad</b> Experimento de Michelson-Morley. Postulados de la relatividad especial. Transformaciones de Lorentz y transformación de velocidades. Consecuencias de la relatividad especial. Movimiento de partículas a altas energías: relatividad especial. Causalidad.
2	2 - 8 agosto	Cantidad de movimiento relativista y forma de las leyes de Newton
3	9 -15 agosto	Energía relativista. Relación masa-energía. Relatividad General
4	16-22 agosto	<b>Teoría cuántica de la luz</b> Experimento de Hertz. Radiación de cuerpo negro. Efecto fotoeléctrico. Efecto Compton. Complementariedad onda-partícula.
5	23-29 agosto	<b>Naturaleza corpuscular de la luz</b> Naturaleza atómica de la materia. Experimentos de Thomson, de Millikan y de Rutherford. Modelo atómico de Bohr. Principio de correspondencia de Bohr. Experimento de Franck-Hertz.
6	30 agosto - 5 setiembre	<b>Ondas de materia</b> Ondas de De Broglie. Experimento de Davisson-Germer. Microscopio electrónico. Grupos de ondas y dispersión. Paquetes de onda. Principio de incertidumbre. Dualidad onda-partícula. Experimento de la doble rendija.
7	6-12 setiembre	<b>Mecánica cuántica en una dimensión</b> Interpretación de Born. Función de onda para una partícula libre. Funciones de onda en presencia de fuerzas. Partícula confinada en una dimensión: potencial infinito.
8	13-19 setiembre	Partícula confinada en una dimensión: potencial finito. Oscilador armónico cuántico.
9	20-26 setiembre	Valores esperados. Observables y operadores. Fenómeno de tunelaje y aplicaciones.
10	27 setiembre-3 octubre	<b>Mecánica cuántica en tres dimensiones</b> Partícula confinada en tres dimensiones. Fuerzas centrales. Cuantización del momento angular y la energía.
11	4-10 octubre	Átomo de hidrógeno y átomos hidrogenoides. <b>Estructura atómica</b> Magnetismo orbital y efecto Zeeman normal.
12	11-17 octubre	Espín del electrón. Experimento de Stern-Gerlach e interacción espín-órbita. Principio de exclusión.
13	18-24 octubre	<b>Estadística cuántica</b> Estadísticas cuánticas de Bose-Einstein y Fermi-Dirac. Aplicación de las estadísticas cuánticas: modelo de electrones libres para metales.
14	25 -31 octubre	Aplicación de las estadísticas cuánticas: teoría de bandas en sólidos. Física de partículas y cosmología.



Semana	Fechas	Contenidos
15	1–7 noviembre	<b>Computación cuántica</b> Origen. Expectativas y limitaciones. Elementos básicos: <i>qubit</i> , algoritmos e implementación física. Notación de Dirac. Transformaciones de estados cuánticos. Fundamentos de algoritmos cuánticos.
16	8 -14 noviembre	<b>Exposiciones de investigaciones</b>

#### Asuetos:

Celebración	Fecha oficial	Fecha de celebración
Anexión del Partido de Nicoya	Lunes 25 de julio	Lunes 25 de julio
Día de Nuestra Señora de los Ángeles	Martes 2 de agosto	Martes 2 de agosto
Día de la Madre	Lunes 15 de agosto	Lunes 15 de agosto
Independencia Nacional	Jueves 15 de setiembre	Lunes 19 de setiembre

Esta información se encuentra indicada y puede ser actualizada en el Calendario Institucional, disponible en: <https://www.tec.ac.cr/calendario-institucional>.

#### Disposiciones generales

- La nota mínima de aprobación del curso es setenta (70 %).
- El examen de reposición (ampliación) se aplicaría según lo establecido en el artículo 78 del [Reglamento del Régimen Enseñanza-Aprendizaje y sus reformas](#). Sus contenidos serán anunciados oportunamente.
- Las pruebas extraordinarias se aplicarían bajo lo dispuesto en el artículo 66 del [Reglamento del Régimen Enseñanza-Aprendizaje y sus reformas](#). La fecha de cada prueba extraordinaria se dará a conocer oportunamente a quienes hayan recibido autorización para presentarlas.
- Para el comportamiento fraudulento se aplicará lo dispuesto en el artículo 75 del [Reglamento del Régimen Enseñanza-Aprendizaje y sus reformas](#).
- Cada estudiante que requiera alguna adecuación curricular debe realizar el trámite correspondiente ante el Departamento de Orientación y Psicología (DOP), dentro de las tres primeras semanas del curso.