



Universidad de Sonora  
División de Ciencia Exactas y Naturales  
Departamento de Física  
Licenciatura en Física

## Formalismo y filosofía de la teoría de la relatividad

|                |                  |        |             |
|----------------|------------------|--------|-------------|
| Eje formativo: | Especializante   |        |             |
| Requisitos:    | Mecánica teórica |        |             |
| Carácter:      | Optativo         |        |             |
| Horas:         | Teoría           | Taller | Laboratorio |
|                | 4                | 0      | 0           |
| Créditos:      | 08               |        |             |
| Servicio del:  | Departamento de  |        |             |
|                | Física           |        |             |

### 1. Introducción

La teoría Especial de la Relatividad es, junto con la Mecánica Cuántica, uno de los pilares de la física moderna. Su contenido conceptual profundo muestra al estudiante un ejemplo consistente de lo que es una teoría física. El propósito fundamental es que las leyes de la física tengan la misma forma matemática independientemente del sistema de referencia inercial que se escoja para describir a la naturaleza. Analizando adecuadamente los conceptos de espacio y de tiempo, se modifican las transformaciones de Galileo por otras más generales: las de Lorentz. Se generaliza la Mecánica de Newton y se establece una comprensión más amplia del campo electromagnético. Se presenta una formulación matemática de las transformaciones de Lorentz y la dinámica relativista. Además de la formulación tradicional, el profesor puede acordar con el alumno un tratamiento a base de otras formulaciones modernas, como son: el cálculo de formas, el álgebra y el cálculo geométrico *a la* Hestenes, álgebras de Clifford formuladas mediante pseudovectores *a la* Baylis, entre otras.

La teoría de la Relatividad general es considerada el ejemplo más acabado de una teoría física precisa y elegante. En ella el propósito fundamental es que las leyes de la física tengan la misma forma matemática independientemente del sistema de referencia que se escoja para describir a la naturaleza. Desarrollada en 1916 por Albert Einstein, su validez sigue siendo corroborada por las mediciones realizadas en la astrofísica y es un elemento fundamental para comprender la estructura del universo. En esta asignatura optativa se busca formular geoméricamente el problema de los espacios curvos. Exigiendo un principio de covarianza general para las leyes de la física, y partiendo del principio de equivalencia, se espera llegar a la necesidad de tratar al campo gravitacional como un resultado de la curvatura del espacio. Se formularán las ecuaciones de campo de Einstein y se aplicarán al estudio de varios efectos físicos importantes que son mencionados con mucha frecuencia en la literatura de difusión científica.

Las teorías especial y general de la relatividad tienen implicaciones filosóficas extremadamente ricas y su estudio muestra la forma en que la construcción de las teorías físicas interacciona con la filosofía de los científicos que las desarrollan. Indica también cómo la Física tiene repercusiones en el pensamiento de los seres humanos y de la visión que tenemos del mundo, lo cual nos remite a revisar el pensamiento de los filósofos más importantes del enfoque occidental de la cultura. Se hará énfasis especial en Emmanuel Kant.

El estudio de esta materia optativa proporciona al estudiante un conocimiento básico que le permite: a) Tomar decisiones mejor fundadas sobre su futura formación como físico, y b) abordar la difusión científica y la docencia en niveles básicos con mayor conocimiento de causa.

## 2. Objetivo general

Formular las teorías Especial y general de la Relatividad aplicándolas a algunos problemas elementales y estudiando algunas concepciones filosóficas relacionadas.

## 3. Objetivos específicos

Al finalizar el curso el estudiante será capaz de:

1. Enunciar los principios de la Teoría Especial de la Relatividad..
2. Comprender la concepción positivista de la ciencia.
3. Entender la formulación de la cinemática relativista y de algunos fenómenos de la óptica en la Teoría Especial de la Relatividad.
4. Formular la dinámica y la electrodinámica en la Teoría Especial de la Relatividad.
5. Enunciar el principio de covarianza general y el principio de equivalencia.
6. Formular matemáticamente las propiedades del espacio tiempo.

7. Entender el espacio y el tiempo como formas de percepción siguiendo varias argumentaciones filosóficas.
8. Comprender las ecuaciones de Einstein.
9. Discutir algunos efectos físicos importantes en la Teoría General de la Relatividad..
10. Discutir las ideas centrales de los conceptos de Gödel sobre el tiempo circular.

#### 4. Temario

1. Principios fundamentales y el principio de relatividad restringido.
2. La concepción positivista (existe lo que mido)
3. Cinemática relativista y óptica relativista. Formulación matemática.
4. Dinámica y electrodinámica en la Teoría Especial.
5. Principio general de relatividad y principio de equivalencia.
6. Propiedades del espacio tiempo. Espacio y tiempo como formas de percepción. Formulación matemática.
7. Ecuaciones de Einstein.
8. Algunos efectos físicos importantes: efectos del campo gravitacional sobre los relojes. Corrimiento de la luz hacia el rojo. Movimiento en un campo central. El doblez de la trayectoria de la luz cerca de objetos masivos. La caída libre. Los agujeros negros.
9. Gödel y el tiempo circular.

#### 5. Estrategias didácticas

Las sugerencias didácticas para este curso incluyen:

1. Exposición del maestro.
2. Solución de problemas de tarea.
3. Elaboración de trabajos con coherencia temática interna, con redacción precisa y clara.
4. Es recomendable que el estudiante: lea con detalle los libros de texto, analice la estructura conceptual que desarrollan en ellos los autores y que compruebe los cálculos presentados en las obras señaladas como referencias.

#### 6. Estrategias para la evaluación

El profesor de la asignatura puede utilizar: tareas consistentes en la solución de problemas didácticos, reportes de lectura, exámenes parciales escritos y orales.

## 7. Bibliografía

La bibliografía sugerida dependerá de la orientación que seleccione el profesor, los siguientes son únicamente ejemplos:

1. Hacyan Sh., "*Relatividad Especial para Estudiantes de Física*", UNAM y FCE, (México 1995).
2. Foster, J. and Nightingale, J. D., "*A Short Course in General Relativity*", Springer Verlag, New York (1994).
3. Martin, J. L., "*General Relativity (a first course for physicist)*", Prentice Hall, London (1995).
4. Hacyan Sh., "*Física y Metafísica del Espacio y del Tiempo*", FCE, (México 2004).
5. Hestenes, D. *New Foundatios for Classical Mechanics*, Segunda edición, Kluwer (1999).
6. Doran Ch., Lasenby A., *Geometric Algebra for Physicists*, Cambridge University Press, (2003).
7. Baylis, W. E., *Electrodynamics: a Modern Geometrical Approach*, Birkhauser Boston, (1999).
8. Baylis, W. E. "*Clifford (Geometric) Algebra with Applications to Physics*", Mathematics and Engineering, Birkhauser Boston, 1996.

## 8. Perfil docente

El profesor de esta asignatura debe poseer formación sólida en la Física Teórica, experiencia en la enseñanza en la Licenciatura de Física, conocimiento claro de la aportación de la asignatura al plan de estudios y de la relación de ésta con el resto de componentes del currículum.