

UNIVERSIDAD DE COSTA RICA  
FACULTAD DE CIENCIAS  
ESCUELA DE FISICA

FS-0525 Relatividad General I

Primer Semestre del 2014

**Créditos: 3**

**Total de horas: 3 horas semanales**

**Requisitos: FS-0410 Física General III, MA-1005 Ecuaciones Diferenciales**

**Nivel: V**

**Duración: Semestral**

**Justificación:**

Este es el primero de dos cursos opcionales de Relatividad General. Su utilidad, en la formación de un profesional en Física, consiste en dar las herramientas Matemáticas (fundamentos de análisis tensorial y geometría diferencial) y Físicas para introducir al y la estudiante en los temas básicos de la relatividad Especial y General, tales como dilatación del tiempo, contracción de la longitud, Agujeros Negros. Los aspectos básicos de la Cosmología también serán introducidos.

**Objetivos Generales:**

1. Enseñar al estudiante el análisis y la interpretación que se debe hacer en trabajos de Relatividad General con soluciones exactas externas y algunas internas utilizadas en la teoría de Agujeros Negros y en la Cosmología.
2. Motivar el interés y la lectura de trabajos científicos relacionados con Relatividad General.
3. Crear las bases Físicas y Matemáticas para posibles trabajos científicos, al nivel propuesto por el curso.

**Objetivos Específicos:**

1. Enseñar al estudiante que la Relatividad Especial es un instrumento necesario para la correcta interpretación de resultados obtenidos en Relatividad General.
2. Dar al estudiante una base de las herramientas matemáticas utilizadas en la Relatividad General.
3. Demostrar los efectos gravitacionales que influyen en el movimiento de los planetas, las trayectorias de rayos de luz, el retraso temporal de las señales electromagnética y el corrimiento al rojo gravitacional.
4. Introducir al estudiante en la Cosmología y la interpretación de datos astronómicos confrontados con la teoría de la cosmología estándar.

## **Contenidos:**

### Tema 1: Introducción

- 1.1 Porqué la relatividad surge como necesidad en la Física?
- 1.2 Transformaciones de Galileo
- 1.3 El éter electromagnético
- 1.4 Algunos intentos en explicar el experimento de Michelson

### Tema 2: Transformaciones de Lorentz

### Tema 3: La contracción del tiempo y el espacio y la paradoja de los relojes

- 3.1 La simultaneidad
- 3.2 La contracción del tiempo y el espacio
- 3.3 La paradoja de los gemelos

### Tema 4: El intervalo

### Tema 5: Vectores y tensores tetradimensionales

- 5.1 Vectores y tensores
- 5.2 La matriz de Lorentz
- 5.3 Elementos preparativos para la integración en la geometría diferencial

### Tema 6: Geometría diferencial I

- 6.1 La derivada covariante y el símbolo de Christoffel
- 6.2 Relación del símbolo de Christoffel con el tensor métrico
- 6.3 Algunas relaciones importantes en la geometría de Riemann

### Tema 7: Geometría diferencial II

- 7.1 El espacio-tiempo local-geodésico
- 7.2 Las líneas geodésicas y su ecuación
- 7.3 El tensor de Riemann o de curvatura

### Tema 8: La distancia, el intervalo de tiempo y la sincronización en un espacio-tiempo de Riemann

- 8.1 La distancia y el intervalo de tiempo
- 8.2 Sincronización.

### Tema 9: El tensor de energía-impulso

- 9.1 El tensor de energía-impulso en la Teoría Especial de la Relatividad
- 9.2 El tensor de energía-impulso en la Teoría General de la Relatividad

## Tema 10: La electrodinámica en la relatividad

- 10.1 La ley de conservación de la carga eléctrica en su forma covariante
- 10.2 La forma covariante de escribir las ecuaciones de la electrodinámica
- 10.3 El vector tetradimensional del potencial electromagnético
- 10.4 El tensor electromagnético de energía impulso

## Tema 11: Las ecuaciones de Einstein

- 11.1 Acerca de algunos de los componentes del tensor métrico y del símbolo de Christoffel
- 11.2 Las ecuaciones del campo gravitacional

## Tema 12: Los agujeros negros

- 12.1 Simetría esférica del campo gravitacional
- 12.2 El colapso gravitacional de un cuerpo esférico; agujero negro
- 12.3 Análisis acerca de los tipos de singularidades presentes en la métrica de Schwarzschild

## Tema 13: El movimiento del perihelio de un planeta

## Tema 14: El desvío de la luz, provocado por el campo gravitacional

## Tema 15: El corrimiento gravitacional al rojo

## Tema 16: El surgimiento del Universo. Solución de Friedmann e inflación

- 16.1 Los modelos de Friedmann
- 16.2 El modelo cerrado isótropo
- 16.3 El modelo abierto isótropo
- 16.4 El modelo plano isótropo
- 16.5 El modelo de inflación (Modelo Estándar).

### **Metodología:**

Las clases magistrales son esenciales en este curso. El y la estudiante deberán resolver algunas prácticas, asignadas por el profesor, fuera del aula y contará con dos horas de consulta semanales.

### **Evaluación:**

La evaluación consta de dos investigaciones de trabajos científicos actuales en Relatividad General, relacionados con los temas del curso, tareas y quices. Las dos investigaciones de trabajos científicos tienen un valor de 70% de la nota, las tareas y los quices un 30%. Cada estudiante individualmente analiza la investigación escogida por éste, de manera que un mismo trabajo no sea analizado por dos estudiantes conjuntamente.

Quices y Tareas	30%
Trabajos	70%

### **Cronograma:**

Semana	Tema	Actividad
01	1	
02	2	
03	3	
04	4 y 5	
05	5	
06	6	
07	7	
08	8 y 9	I Trabajo
09	9	
10	10	
11	11	
12	12	
13	12	
14	13	
15	14 y 15	
16	16	II Trabajo

### **Bibliografía:**

1. L.F. Abbott, So-Young, **Inflationary cosmology**, World Scientific, 1986.
2. Rodrigo Alvarado Marín, **Notas de Relatividad General I**, UCR, 2000.
3. H. A. Atwater, **Introduction to general relativity**, Pergamon, 1974.
4. Y. Choquet-Bruhat, **General relativity and the Einstein equations**, Oxford University Press, 2009.
5. Ø. Grøn, S. Hervik, **Einstein's general theory of relativity: with modern applications in cosmology**, Springer, 2006.
6. C. W. Misner, K.S. Thorne, J. A. Wheeler, **Gravitation**, Freeman, 1973.
7. A. K. Raychaudhuri, S. Banerji, A. Banerje, **General relativity, astrophysics, and cosmology**, Springer, 1992.
8. J. Rich, **Fundamentals of cosmology**, Springer, 2001.
9. M. Roos, **Introduction to cosmology**, J. Wiley, 1997.
10. S. Weinberg, **Cosmology**, Oxford University Press, 2008.