

## Curso de Licenciatura (6 créditos)

# ¿Qué es la Teoría de Cuerdas?

Alberto Güijosa, [alberto@nucleares.unam.mx](mailto:alberto@nucleares.unam.mx)

56-22-47-39 ext. 3361 (directo), 56-22-46-90 (secretaria)

(Temas Selectos de Física Matemática y Teórica III. Clave: 2039. Grupo: 8221)

**Martes y Jueves 12:00-13:30**

Salón de Seminarios, Depto. de Física de Altas Energías,

Instituto de Ciencias Nucleares, UNAM

(Reunión inicial para aclaraciones: 09/08; Primera clase: 16/08)

La teoría de cuerdas busca dar una descripción completa y unificada de la estructura fundamental de nuestro universo. Independientemente de si eventualmente logra o no alcanzar esta ambiciosa meta, en el transcurso de los años ha demostrado ya ser una teoría enormemente rica, que posee muchos puntos de contacto con otros temas importantes de la física teórica moderna y es por ello un área de investigación muy activa. En este curso echaremos un vistazo a algunas de sus ideas básicas, comenzando por un panorama a nivel muy general, y luego ocupando buena parte del semestre en los antecedentes técnicos necesarios para entender qué es la teoría de cuerdas, llegando a ésta a nivel detallado solo hacia el final del curso. La parte intermedia del curso cubre muchos de los conceptos centrales de la física de partículas y la gravitación, y por ello será probablemente la que en la práctica resultará de mayor utilidad para la formación de la mayor parte de los asistentes.

El curso está orientado hacia estudiantes de los últimos 2 semestres de la licenciatura. Se centrará en los conceptos básicos, evitando profundizar demasiado en detalles técnicos, pero tratando por lo general de no caer en un formato meramente informativo. Por esta razón, *cualquier estudiante que desee asimilar el material expuesto en el curso deberá realizar un esfuerzo considerable*. Los estudiantes inscritos serán evaluados por medio de 3-4 tareas y 1 examen final escrito y oral. Los oyentes son, por supuesto, bienvenidos.

## Temario Preliminar

- 0) **Motivación:** Partículas elementales, fuerzas y campos. El Modelo Estándar. Limitaciones. El problema de cuantización de la gravedad. Propuesta básica de la Teoría de Cuerdas. Virtudes y limitaciones.
- 1) **Fundamentos:** Mecánica cuántica en notación de Dirac. Reformulación con integrales de trayectoria. Relatividad especial y notación relativista. Breve vistazo a la relatividad general.
- 2) **Partícula Relativista:** Parametrización covariante e invariancia de norma. Cuantización canónica. Propagador por integral de trayectoria.
- 3) **Bosquejo de Teoría Cuántica de Campos:** Campos libres y el oscilador armónico. Interacciones y diagramas de Feynman.

- 4) **Cuerdas:** Acciones y simetrías. Cuantización covariante. Interacciones y expansión perturbativa. Supercuerdas. Compactificación de Kaluza-Klein. Branas. D-branas y mundos brana. Dualidades.

## Información Importante

Las notas del curso (a excepción de parte del último tema) pueden consultarse en la página <http://www.nucleares.unam.mx/~alberto/apuntes/indice.html>

Para ahorrar tiempo, el curso lo doy NO sobre el pizarrón, sino proyectando estas notas en una pantalla, así que seguramente les resultará conveniente traer una versión impresa para ir haciendo anotaciones sobre ella (pues de otra manera les será muy difícil tomar apuntes). Este formato tiene sus ventajas, pero tengan presente que puede ser muy engañoso. A menos de que en verdad hagan un esfuerzo por seguirle la pista en detalle a lo que voy explicando y me van deteniendo con preguntas, van a tener la placentera ilusión de que todo es muy claro cuando expongo las ideas en la pantalla, ¡para luego toparse con la triste realidad a la hora de intentar hacer la tarea! Por favor convézanse entonces desde ahora que el que aprendan depende principalmente no de mí sino de ustedes.

## Bibliografía

Por el nivel del curso y el hecho de que cubrimos muchos temas distintos, no existe ningún libro de texto realmente ideal, así que que la referencia principal serán las notas del curso. Asegúrense entonces de poner atención, estudiar entre una clase y otra, y hacer muchas preguntas. No existen las preguntas “tontas”, ¡lo tonto sería no preguntar!

Si quieren aprender más sobre la física de partículas, un par de referencias a nivel de licenciatura son

-G. D. Coughlan y J. E. Dodd, *The Ideas of Particle Physics (An Introduction for Scientists)*, Cambridge University Press (1991).

-D. H. Perkins, *An Introduction to High-Energy Physics*, Cambridge University Press (2000).

Para los fundamentos (mecánica cuántica y relatividad especial), obviamente hay muchas referencias posibles, así que consulten su favorita. Un par de posibilidades son

-R. Shankar, *Principles of Quantum Mechanics*, Kluwer Academic / Plenum Publishers (1994).

-J.S. Townsend, *A Modern Approach to Quantum Mechanics*, McGraw-Hill (1992).

-R. Resnick, *Introducción a la Teoría Especial de la Relatividad*, Ed. Limusa (1993).

Si alguno de ustedes se interesa en estudiar más a fondo teoría cuántica de campos, el modelo estándar, o relatividad general, textos estándar a nivel de posgrado son

-M. Srednicki, *Quantum Field Theory*, Cambridge University Press (2007).

-M. E. Peskin y D. V. Schroeder, *An Introduction to Quantum Field Theory*, Addison-Wesley (1995).

-F. Halzen y A. D. Martin, *Quarks and Leptons: An Introductory Course in Modern*

*Particle Physics*, John Wiley & Sons (1984).

-B. F. Schutz, *A First Course in General Relativity*, Cambridge University Press (1994).

-R. M. Wald, *General Relativity*, The University of Chicago Press (1984).

En cuanto a cuerdas, una primera introducción (muy básica) la pueden encontrar en

-D. McMahon, *String Theory Demystified*, McGraw-Hill (2009).

Un libro basado en un curso a nivel de licenciatura (bastante distinto al nuestro) que se da en MIT es

-B. Zwiebach, *A First Course in String Theory*, Cambridge University Press (2004).

A nivel de posgrado, las referencias canónicas son

-M. B. Green, J. H. Schwarz, E. Witten, *Superstring Theory*, Cambridge University Press (1987), vols. 1 y 2.

-J. Polchinski, *String Theory*, Cambridge University Press (1998), vols. I y II.

(Parte de este material se puede conseguir de manera gratuita en

<http://arXiv.org/abs/hep-th/9411028> y

<http://arXiv.org/abs/hep-th/9911050> .)

-K. Becker, M. Becker, J. H. Schwarz, *String Theory and M-Theory*, Cambridge University Press (2007).

-C. V. Johnson, *D-branes*, Cambridge University Press (2003).

Existen además muchísimos cursos y compendios técnicos sobre cuerdas que se pueden conseguir gratuitamente en la red (p.ej., en PDF). Se puede encontrar una lista en

<http://www.nucleares.unam.mx/~alberto/physics/stringrev.html>

En el extremo de divulgación, un libro altamente recomendable, escrito por un cuerdero reconocido, y que explica desde cuántica y relatividad hasta cuerdas es

-B. Greene, *El Universo Elegante*, Ed. Grijalbo Mondadori (2002).

Los gringos hicieron una serie de televisión basada en este libro (aunque

desafortunadamente mucho más superficial y propagandística), que de hecho se puede ver en línea en

<http://www.pbs.org/wgbh/nova/elegant/program.html>

Otro libro de divulgación que quizás les parezca interesante es

-L. Susskind, *El Paisaje Cósmico*, Ed. Crítica (2005).

Como probablemente ya saben, existen también muchas páginas de internet con

información sobre la teoría de cuerdas a nivel divulgación. Un posible punto de partida, con muchas ligas a páginas adicionales, es

<http://www.nucleares.unam.mx/~alberto/physics/cuerdas.html>