



●● **Universidad
para Mayores**

Curso 2023-2024

Curso monográfico
Modalidad presencial

Universo, espacio y tiempo:

de la filosofía griega a la
cosmología cuántica

Profesores:

José Alberto Ruiz Cembranos
Luis Javier Garay Elizondo

Programa de la asignatura

1. Justificación

En este curso monográfico abordaremos la evolución de los conceptos de espacio y tiempo en la historia de la Humanidad y cómo han sido piezas claves en las teorías físicas vigentes en la era contemporánea, como la Física Cuántica, la Relatividad General y el Modelo Cosmológico Estándar, que explicaremos en detalle. De manera paralela, introduciremos el llamado método científico y los orígenes, fundamentos, hitos y consecuencias de las revoluciones científicas más importantes a lo largo de diferentes épocas. Describiremos así cómo el ser humano ha sido capaz de entender cómo funciona nuestro universo, desde los minúsculos átomos y partículas aún más pequeñas (quarks y leptones) hasta las escalas astrofísicas más grandes, con objetos tan misteriosos como los agujeros negros y las supernovas que nos permiten conocer mejor la teoría gravitatoria.

2. Objetivos (1/2)

- Conocer la evolución de los conceptos de espacio y tiempo a través de la historia, en diversas civilizaciones.
- Entender los orígenes, conceptos más importantes y consecuencias de las revoluciones científicas y del método científico de investigación.
- Comprender la importancia de la Física Cuántica en nuestra vida cotidiana y en los fenómenos atómicos.
- Comprender los fundamentos de la teoría de la Relatividad Especial de Einstein y sus consecuencias en la vida diaria.
- Comprender la teoría de la Relatividad General y las evidencias que lo apoyan.
- Presentar el Modelo Estándar de partículas, las partículas elementales y la importancia del descubrimiento de la partícula de Higgs
- Estudiar el comportamiento de los agujeros negros, supernovas, la gran explosión (Big Bang) y el universo actual acelerado.

2. Objetivos (2/2)

- Al final del curso, el/la alumno/a habrá comprendido la evolución histórica de los conceptos de espacio y tiempo. Asimismo será capaz de manejar los conceptos esenciales de la Física Cuántica, las teorías de la Relatividad Especial, Relatividad General, el Modelo Estándar de Partículas y de tener una visión de la Cosmología actual.

3. Contenidos (1/4)

El programa de la asignatura se ha estructurado de forma histórica pero no historicista. Comenzaremos pues con las ideas de las civilizaciones antiguas (Egipto y Grecia) sobre los conceptos de espacio y tiempo. Pasaremos después a describir la evolución de la ciencia en el Medioevo y Renacimiento europeos. Trataremos entonces la Revolución copernicana del espacio tiempo, los descubrimientos de Galileo Galilei y la formalización de la Gravitación por Isaac Newton. Pasaremos después a los avances del siglo XIX y comienzo del XX que dieron lugar a la aparición de la Física Cuántica y la Relatividad Especial de Albert Einstein.

Continuaremos con una explicación del Modelo Estándar de Partículas desarrolladas desde los años sesenta del siglo XX, y que explica los constituyentes de la materia en términos de partículas elementales. Prestaremos especial atención a la recién descubierta partícula de Higgs y explicaremos su importancia.

Presentaremos después la teoría de la Relatividad General de Einstein, que cumplió sus primeros cien años en 2015 y que es la teoría vigente que explica la gravitación, desde el Sistema Solar a las mayores distancias conocidas del Universo. Finalizaremos el curso con una descripción y pruebas observacionales

Programa de la asignatura

3. Contenidos (2/4)

del modelo cosmológico estándar que comienza instantes después de la gran explosión (Big Bang) inicial y termina con la presente expansión acelerada. Para acabar, describiremos objetos como los agujeros negros y supernovas que nos están permitiendo conocer aspectos hasta ahora desconocidos del universo.

El programa detallado de la asignatura será el siguiente:

Tema 1.- INTRODUCCIÓN. Definición de Ciencia. ¿Qué es la Física? Objeto y metodología. Problemas epistemológicos. Conceptos de espacio y tiempo.

Tema 2.- CIENCIA ANTIGUA. La geometría en el mundo antiguo. Egipto y la filosofía griega. Pitágoras. El periodo ateniense: el problema de la materia, los atomistas. Filosofía ateniense: Platón y Aristóteles. Euclides, el tamaño de la Tierra y del universo, Arquímedes, astronomía geocéntrica. Espacio-tiempo aristotélico.

Tema 3.- CIENCIA EN LA EDAD MEDIA y MODERNA. El pensamiento cristiano y musulmán. La primera revolución científica: Tycho Brahe, Copérnico y Galileo Galilei. Espacio-tiempo galileano. Mecánica galileana. La astronomía Heliocéntrica.

Tema 4.- EL DESARROLLO DE LA FÍSICA CLÁSICA. La revolución Newtoniana de la Gravitación. Las tres leyes de Newton. Principio de equivalencia débil. Espacio-tiempo Newtoniano. El determinismo de Laplace. Medidas de la velocidad de la luz. La Física del siglo XIX.

Tema 5.- LA RELATIVIDAD ESPECIAL. Experimento de Michelson-Morley. La velocidad

3. Contenidos (3/4)

de la luz. Relatividad de la simultaneidad. Dilatación del tiempo. Contracción de longitudes. Transformaciones de Lorentz. Intervalo espacio-temporal. El espacio-tiempo Minkowskiano.

Tema 6.- LA FÍSICA CUÁNTICA. Planck. Bohr. Cuantificación del átomo. Formulación de la mecánica cuántica: Heisenberg y Schrödinger. Interpretaciones de la mecánica cuántica.

Tema 7.- LA FÍSICA DE PARTÍCULAS. El modelo estándar. Las cuatro interacciones fundamentales. Las tres familias de partículas elementales. El LHC, el bosón de Higgs y el premio Nobel de 2013.

Tema 8.- LA RELATIVIDAD GENERAL. Principio de equivalencia fuerte. Deflexión gravitacional de la luz. Desplazamiento gravitacional de frecuencias. Dilatación gravitacional de tiempos. Geometría riemanniana. Las ecuaciones de Einstein. Espacio-tiempo einsteniano.

Tema 9.- LA COSMOLOGIA. La gran explosión. Inflación. Homogeneidad e isotropía. Las ecuaciones de evolución del Universo. Escalas cosmológicas. La formación de estructuras. Destino final del universo.

Tema 10.- LOS AGUJEROS NEGROS Y LAS SUPERNOVAS. Colapso gravitacional y evolución estelar. Agujeros negros: formación, horizonte de sucesos, desplazamiento de frecuencias y singularidades. Tipos de agujeros negros. Radiación Hawking. Supernovas y la aceleración del Universo. El premio Nobel de 2011.

Programa de la asignatura

3. Contenidos (4/4)

Dependiendo del cumplimiento del temario, la disponibilidad de horario y ofrecimiento de actividades de las instituciones receptoras, algunas de las clases en el aula podrán ser sustituidas por actividades complementarias como por ejemplo:

- Actividad #1: Visita al Museo de Museo Nacional de Ciencia y Tecnología de España, MUNCYT, Alcobendas, Madrid.
- Actividad #2: Visita al Real Observatorio Astronómico de Madrid, c/ Alfonso XII nº 3, Madrid.
- Actividad #3: Asistencia a representaciones de teatro científico.

4. Metodología

Los diferentes temas serán explicados en clase utilizando presentaciones audiovisuales. Dichas presentaciones, así como cualquier información adicional relevante, se harán públicas a través del campo virtual y/o se distribuirán gratuitamente en clase.

5. Evaluación

La evaluación es voluntaria.

- Asistencia a clase (40% de la calificación): solamente para aquellos alumnos que asistan regularmente a las clases.
- Cuestionarios tipo test (60% de la calificación): Los alumnos serán evaluados a través de la realización de un sencillo cuestionario de opción múltiple que se llevará a cabo tras la terminación de cada uno de los temas.

6. Bibliografía (1/2)

El curso es auto-contenido, por lo que no se requiere que los estudiantes adquieran ningún texto. La mayor parte de los recursos bibliográficos actualizados se encuentran en internet. Como bibliografía adicional puede recomendarse alguno de los siguientes libros, que posee la Biblioteca de la Universidad Complutense. Esta bibliografía combina textos de distintos niveles para intentar responder a la demanda de un grupo potencialmente heterogéneo.

Historia de la Física

- W. C. Dampier. Historia de la Ciencia. Tecnos, 1972.
- J. Gribbin. Historia de la Ciencia 1543-2001, Crítica, 2006.
- D. C. Lindberg. Los inicios de la ciencia occidental, Paidós, 2002.
- C. Sánchez del Río. Los principios de la física en su evolución histórica. Editorial Complutense, Madrid, 1986.
- A. Udías Vallina. Historia de la Física. De Arquímedes a Einstein, Ed. Síntesis, 2004.

Relatividad y Cosmología

- Einstein, Sobre la teoría de la relatividad especial y general, Alianza Ed.
 - S. Weinberg, Los 3 primeros minutos del Universo, Alianza Ed.
 - Jeremiah P. Ostriker y Simon Mitton, El corazón de las tinieblas, Ed. Pasado & Presente.
 - G. Barton: Introduction to the Relativity Principle, Wiley 1999.
 - A. Liddle: An introduction to modern cosmology, Wiley 2004.
 - M. Friedmann: Fundamentos de las teorías del espacio-tiempo: Física relativista y filosofía de la ciencia, Alianza 1991.
-

Programa de la asignatura

6. Bibliografía (2/2)

Física Cuántica

- Alastair Rae, Física cuántica, ¿ilusión o realidad?. Alianza Ed.
- Alberto Casas y Teresa Rodrigo, El bosón de Higgs, Colección ¿Qué sabemos de? Ed. CSIC
- R. Feynman, R. Leighton, M. Sands. The Feynman Lectures on Physics. 1967. Ed. Addison-Wesley.
- Sonia Fernández Vidal, "Desayuno con partículas: La ciencia como nunca antes se ha contado", PLAZA & JANES, 2013.

NOTA ACLARATORIA

Durante la exposición de los distintos temas que se imparten en el curso, se hará uso de conocimientos y elementos propios del cálculo y el álgebra, tales como el concepto de derivada, vector o tensor. Estos elementos se describirán brevemente al ser introducidos. El dominio de este tipo de nociones matemáticas no es necesario para el seguimiento del monográfico, pero sí es recomendable poseer conocimientos previos de matemáticas.
