UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA
FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES

INSTITUTO DE FÍSICA

APROBADO EN EL CONSEJO DE FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES ACTA DEL .

PROGRAMA DE MECÁNICA CELESTE

NOMBRE DE LA MATERIA	Mecánica Celeste
PROFESOR	Juan C. Muñoz
OFICINA	
HORARIO DE CLASE	
HORARIO DE ATENCIÓN	

INFORMACIÓN GENERAL

Código de la materia	0311602
Semestre	5
Área	Astronomía
Horas teóricas semanales	6
Horas teóricas semestrales	96
No. de créditos	4
Horas de clase por semestre	96
Campo de Formación	Astrofísica y Comología
Validable	Si
Habilitable	Si
Clasificable	No
Requisitos	0303257, 0302401
Corequisitos	(Ninguno)
Programas a los que se ofrece la materia	Astronomía

INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA

Propósito del Curso:	
Justificación:	La gravedad da forma y determina la estructura y evolución del Universo y sus componentes a escala astronómica. Para entender la organización y evolución de los sistemas astronómicos es necesario describir y predecir el comportamiento de sus partes bajo el efecto de su mutua gravitación. Fue precisamente pensando en este problema que Newton estableció las bases de la física teórica a través de su obra maestra Los Principios Matemáticos de la Filosofía Natural (1687). Otros astrónomos, físicos y matemáticos desarrollaron las ideas de Newton con profundidad en los siglos que le siguieron, creando uno de los formalismos físicos y matemáticos más poderosos de la física clásica: la Mecánica Celeste. Inicialmente dirigida a resolver el problema del movimiento de los cuerpos en el Sistema Solar, la Mecánica Celeste se aplica para describir en general problemas que involucran uno o muchos cuerpos que interactúan gravitacionalmente, incluyendo estrellas y planetas en sistemas estelares binarios y múltiples, estrellas en una galaxia, galaxias completas, etc. Los formalismos desarrollados entre otros por Newton, Euler, Lagrange y Hamilton para resolver y estudiar problemas mecánicos en general, incluyendo aquellos de la mecánica celeste, sirvieron como base además para el desarrollo de la moderna mecánica cuántica. De allí, la introducción a estos formalismos no solo permite al estudiante de Astronomía resolver problemas prácticos específicos en su disciplina, sino también como parte de la fundamentación teórica para otros cursos de física, como el curso de Mecánica Cuántica. El curso de Mecánica Celeste es equivalente en contenido al curso de Mecánica Teórica o Mecánica Clásica de los currículos de otros programas de ciencias físicas, incluyendo naturalmente el del programa de Física en el Instituto de Física de la Universidad de Antioquia. La diferencia fundamental entre este curso y el de Mecánica Clásica es que los problemas y aplicaciones considerados aquí son específicos del dominio de las interacciones gravitacionales y en general de los problemas de fuerza central, mientras que en el curso de Mecánica Clásica se consideran ejemplos más diversos. En lo que respecta a la fundamentación teórica básica en los formalismos Lagrangiano y Hamiltoniano ambos cursos tienen la misma profundidad y estructura.
Objetivo General:	Introducir los formalismos vectorial, lagrangiano y hamiltoniano de la mecánica clásica para aplicarlos en la descripción y solución de problemas que involucren la interacción gravitacional de uno o muchos cuerpos en Astronomía

Objetivos Específicos:	Enumerar las propiedades geométricas básicas de las curvas cónicas, parábolas, elipses e hipérbolas. Enumerar las cantidades cinemáticas y dinámicas básicas, así como las leyes fundamentales que las relacionan, usadas para describir el estado dinámico de una partícula o un sistema de partículas en la teoría newtoniana del movimiento. Escribir las ecuaciones de movimiento de un sistema de partículas que interactúan gravitacionalmente (problema de los N-cuerpos) Definir el concepto de constante o integral de movimiento en el formalismo vectorial de la mecánica. Escribir las ecuaciones de movimiento de un sistema de 2 partículas que interactúan gravitacionalmente (problema de los dos cuerpos). Identificar las relaciones matemáticas existentes entre las propiedades dinámicas de un sistema de dos cuerpos (masas, momento angular, energía) y las propiedades geométricas (semilatus rectum, excentricidad) de la trayectoria que ellos describen. Definir el concepto de restricción (constraint) y enumerar sus tipos. Enunciar el principio de D'Alambert. Enunciar el principio de Hamilton. Enumerar las condiciones necesarias para definir el Lagrangiano de un sistema. Definir e identificar las variables cíclicas y los momentos generalizados de un sistema conocido su Lagrangiano. Mostrar a través del concepto de variables cíclicas y momentums generalizados como las simetrías de un sistema y de su Lagrangiano están asociadas con la conservación de cantidades físicas. Definir el potencial efectivo y usarlo para clasificar las órbitas del problema de dos cuerpos sometidos a una fuerza central así como para encontrar los valores límite de la variable radial. Definir los elementos orbitales clásicos que permiten identificar la orientación de una órbita cónica en el espacio de 3 dimensiones. Discutir las razones que hacen imposible la solución analítica al problema de los 3 cuerpos y las condiciones requeridas para obtener soluciones restringidas. Definir la constante de Jacobi y su relación con la energía en el sistema de los tres cuerpos. Definir el concepto de curvas de cero velocidad y la manera cómo estas se usan para estudiar las propiedades del sistema restringido circular de los tres cuerpos. Enumerar algunas aplicaciones de las propiedades reconocidas del problema restringido circular de los tres cuerpos. Explicar conceptualmente porque algunos puntos de Lagrange pueden ser puntos estables mientras que otros pueden ser inestables. Enumerar las condiciones requeridas para que el

Hamiltoniano coincida con la energía de un sistema y para que esta cantidad se conserve.
Definir una transformación canónica y enumerar las condiciones requeridas para que lo sean.
Definir la función perturbadora e identificar las ecuaciones de Lagrange del Movimiento Planetario.
Deducir a partir de las propiedades geométricas básicas de las curvas cónicas, las ecuaciones algebraicas que describen las y aplicarlas para describir otras propiedades geométricas derivadas.
Usando el formalismo vectorial de la mecánica deducir las 10 constantes de movimiento en el problema de los N-cuerpos.
Demostrar la equivalencia del problema de los 2 cuerpos a la de un sistema reducido de un cuerpo atraído por un potencial central.
Usando el formalismo vectorial de la mecánica deducir las constantes de movimiento del problema.
Resolver el problema de los cuerpos sometidos a su mutua interacción gravitacional, demostrando que la trayectoria descrita por cada uno de ellos es una trayectoria cónica.
Deducir las ecuaciones de Lagrange a partir del principio de D'Lambert.
Deducir las ecuaciones de Euler-Lagrange a partir del principio de Hamilton y el cálculo de variaciones.
Mostrar a través de un ejemplo básico las ventajas del formalismo lagrangiano en contraposición con el formalismo vectorial tradicional de la mecánica newtoniana.
Deducir la función de energía y enumerar las condiciones necesarias para que se conserve en un sistema físico.
Escribir el Lagrangiano de un sistema de dos cuerpos sometidos a una fuerza central.
Demostrar que el Lagrangiano del sistema de dos cuerpos sometidos a una fuerza central es equivalente al sistema reducido de un cuerpo.
Deducir las integrales de movimiento del sistema de dos cuerpos usando el formalismo lagrangiano y compararlos con las mismas calculadas con el formalismo vectorial tradicional.
Deducir las ecuaciones de movimiento del problema de los dos cuerpos usando las ecuaciones de Euler-Lagrange para el sistema.
Resolver en el tiempo el problema gravitacional de los dos cuerpos usando las ecuaciones de movimiento obtenidas a partir de las Ecuaciones de Euler Lagrange y con ello deducir la ecuación de Kepler.
Deducir la tercera de ley de Kepler del movimiento planetario.
Deducir las ecuaciones de transformación entre el vector de estado de una partícula en el problema de los dos cuerpos reducido y los elementos orbitales clásicos y viceversa.
Aplicar los resultados derivados para el problema de

	los dos cuerpos para calcular la posición de un cuerpo en el Sistema Solar dados sus elementos orbitales completos. Escribir el Lagrangiano del sistema restringido circular de los tres cuerpos. Deducir la posición de los puntos de equilibrio Lagrange. Deducir las ecuaciones de movimiento de Hamilton y la forma explícita del Hamiltoniano a partir del Lagrangiano. Escribir las ecuaciones de Hamilton en forma simpléctica. Escribir la condición para que una transformación sea canónica en forma simpléctica. Escribir explícitamente algunos métodos numéricos de integración de las ecuaciones de Hamilton y demostrar cuáles son simplécticos y cuáles no lo son
Contenido Resumido:	1-Introducción matemática y física 2-El problema de los dos cuerpos 3-El Formalismo lagrangiano 4-El problema de los 3 cuerpos 5-El formalismo Hamiltoniano

UNIDADES DETALLADAS

Unidad No. 1.

Tema(s) a desarrollar	Introducción matemática y física
Subtemas	Propiedades geométricas básicas de las curvas cónicas Cantidades cinemáticas y dinámicas básicas Leyes newtonianas del movimiento Derivación de las ecuaciones algebraicas de las cónicas Deducción de las leyes del movimiento en un sistema rotante
No. de semanas que se le dedicarán a esta unidad	
BIBLIOGRAFÍA BÁSICA correspondiente a esta unidad	
Collins, George W., The Foundations of Celestial Mechanics, 2004. Goldstein, Poole, Saftko, Classical Mechanics, Third Edition, 2000. Danby, Fundamentals of Celestial Mechanics, Second Edition, 1992. Murray, Dermott, Solar System Dynamics, 2001. Morbidelli, A., Modern Celestial Mechanics, 2011. Arnold, V.I. Mathematical Methods of Classical Mechanics, 1989. Anghelo, Boris. Mecánica Clásica: Teoría y Problemas Resueltos, 2012. Zuluaga, J. Notas del Curso Fundamentos de Mecánica Orbital, 2006.	

Unidad No. 2.

Tema(s) a desarrollar	El problema de los dos cuerpos
Subtemas	

No. de semanas que se le dedicarán a esta unidad	
BIBLIOGRAFÍA BÁSICA correspondiente a esta unidad	
Collins, George W., The Foundations of Celestial Mechanics, 2004. Goldstein, Poole, Saftko, Classical Mechanics, Third Edition, 2000. Danby, Fundamentals of Celestial Mechanics, Second Edition, 1992. Murray, Dermott, Solar System Dynamics, 2001. Morbidelli, A., Modern Celestial Mechanics, 2011. Arnold, V.I. Mathematical Methods of Classical Mechanics, 1989. Anghelo, Boris. Mecánica Clásica: Teoría y Problemas Resueltos, 2012. Zuluaga, J. Notas del Curso Fundamentos de Mecánica Orbital, 2006.	

Unidad No. 3.

Tema(s) a desarrollar	El Formalismo lagrangiano
Subtemas	
No. de semanas que se le dedicarán a esta unidad	
BIBLIOGRAFÍA BÁSICA correspondiente a esta unidad	
Collins, George W., The Foundations of Celestial Mechanics, 2004. Goldstein, Poole, Saftko, Classical Mechanics, Third Edition, 2000. Danby, Fundamentals of Celestial Mechanics, Second Edition, 1992. Murray, Dermott, Solar System Dynamics, 2001. Morbidelli, A., Modern Celestial Mechanics, 2011. Arnold, V.I. Mathematical Methods of Classical Mechanics, 1989. Anghelo, Boris. Mecánica Clásica: Teoría y Problemas Resueltos, 2012. Zuluaga, J. Notas del Curso Fundamentos de Mecánica Orbital, 2006.	

Unidad No. 4.

Tema(s) a desarrollar	El problema de los 3 cuerpos
Subtemas	
No. de semanas que se le dedicarán a esta unidad	
BIBLIOGRAFÍA BÁSICA correspondiente a esta unidad	
Collins, George W., The Foundations of Celestial Mechanics, 2004. Goldstein, Poole, Saftko, Classical Mechanics, Third Edition, 2000. Danby, Fundamentals of Celestial Mechanics, Second Edition, 1992. Murray, Dermott, Solar System Dynamics, 2001. Morbidelli, A., Modern Celestial Mechanics, 2011. Arnold, V.I. Mathematical Methods of Classical Mechanics, 1989. Anghelo, Boris. Mecánica Clásica: Teoría y Problemas Resueltos, 2012. Zuluaga, J. Notas del Curso Fundamentos de Mecánica Orbital, 2006.	

Unidad No. 5.

Tema(s) a desarrollar	El formalismo Hamiltoniano
Subtemas	

No. de semanas que se le dedicarán a esta unidad	

BIBLIOGRAFÍA BÁSICA correspondiente a esta unidad
Collins, George W., The Foundations of Celestial Mechanics, 2004. Goldstein, Poole, Saftko, Classical Mechanics, Third Edition, 2000. Danby, Fundamentals of Celestial Mechanics, Second Edition, 1992. Murray, Dermott, Solar System Dynamics, 2001. Morbidelli, A., Modern Celestial Mechanics, 2011. Arnold, V.I. Mathematical Methods of Classical Mechanics, 1989. Anghelo, Boris. Mecánica Clásica: Teoría y Problemas Resueltos, 2012. Zuluaga, J. Notas del Curso Fundamentos de Mecánica Orbital, 2006.

METODOLOGÍA a seguir en el desarrollo del curso:

Este curso es de naturaleza enteramente teórica. Sin embargo algunos conceptos y desarrollos en el curso requieren una implementación práctica en la forma de por ejemplo programas de computo, desarrollo detallado de ejemplos resueltos o solución de problemas abiertos en tiempo de clase.

La presentación de los contenidos teóricos puede hacerse a través de la exposición magistral del profesor. Se recomienda sin embargo involucrar al estudiante incluso durante la presentación y desarrollo de la teoría con actividades como salidas al tablero o realización de pequeños cálculos parciales en tiempo de clase.

EVALUACIÓN		
Actividad	**Porcentaje**	**Fecha (día, mes, año)**
10 quices semanales (70% en total) 2 pruebas parciales (30% en total) 10 tareas opcionales (Bono +10%)		

Actividades de Asistencia Obligatoria:

Todas las sesiones de clase en las que se realicen evaluaciones (quices o pruebas parciales) son de asistencia obligatoria.

BIBLIOGRAFÍA COMPLEMENTARIA

Collins, George W., The Foundations of Celestial Mechanics, 2004.
Goldstein, Poole, Saftko, Classical Mechanics, Third Edition, 2000.
Danby, Fundamentals of Celestial Mechanics, Second Edition, 1992.
Murray, Dermott, Solar System Dynamics, 2001.
Morbidelli, A., Modern Celestial Mechanics, 2011.
Arnold, V.I. Mathematical Methods of Classical Mechanics, 1989.
Anghelo, Boris. Mecánica Clásica: Teoría y Problemas Resueltos, 2012.
Zuluaga, J. Notas del Curso Fundamentos de Mecánica Orbital, 2006.