UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA
1803

FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES
Instituto de Física

APROBADO CONSEJO DE FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES			
ACTA		DEL	

FORMATO DE MICROCURRICULO O PLAN DE ASIGNATURA

1. IDENTIFICACIÓN GENERAL			
Facultad	Facultad de Ciencias Exactas y Naturales		
Instituto	Instituto de Física		
Programa(s) Académicos	Astronomía		
Área Académica	Astronomía		
Ciclo	Profesionalización		
Tipo de Curso	Profesional		
Profesores Responsables	Juan C. Muñoz		
Asistencia	No obligatoria		
2. IDENTIFICACIÓN ESPECÍFICA			
Semestre	2014-2		
Nombre de la Asignatura	Mecánica Celeste		
Código	0311602		
Semestre en el plan	5		
Número de Créditos	4		
Horas Semestrales	HDD:96	HDA:0	TI:96
Semanas	16		
Intensidad Semanal	Teórico: 6	Práctico: 0	Teórico-Práctico: 0
H (Habilitable)	Si		
V (Validable)	Si		
C (Clasificable)	No		
Prerrequisitos	0303257, 0302401		
Correquisitos	(Ninguno)		
Sede en la que se dicta	Ciudad Universitaria Medellín		
3. DATOS DE LOS PROFESORES QUE ELABORAN EL PLAN DE ASIGNATURA			
Nombres y Apellidos	Jorge I. Zuluaga, Juan C. Muñoz		
Correo Electrónico	jorge.zuluaga@fisica.udea.edu.co		

4. DESCRIPCIÓN

El curso de Mecánica Celeste introduce a los estudiantes de Astronomía en los conceptos, teorías y técnicas utilizados para describir y estudiar el movimiento de los cuerpos celestes bajo el efecto de su mutua atracción gravitacional. Se describen en detalles las propiedades geométricas de las curvas cónicas, la base geométrica para la descripción del movimiento de cuerpos bajo el efecto de un potencial gravitacional central o el movimiento perturbado por la presencia de otros cuerpos. Se resuelve en todo detalle el problema de los dos cuerpos y sus aplicaciones específicas en la descripción del movimiento en el espacio de cuerpos astronómicos, usando para ello los formalismos vectorial, Lagrangiano y Hamiltoniano de la mecánica. Se estudia el problema de los tres cuerpos, en particular el caso circular restringido. Se introduce la teoría básica de perturbaciones para estudiar el movimiento de cuerpos sometidos al efecto gravitacional de múltiples cuerpos. Finalmente se introduce el formalismo Hamiltoniano y de transformaciones canónicas como herramienta para profundizar las propiedades dinámicas de los sistemas gravitacionales, sus simetrías, evolución en el sistema de fases y en particular para definir esquemas de integración numérica (simplécticos) que conserven las constantes de movimiento del sistema y que son de gran utilidad no solo en la mecánica celeste sino en otros problemas de la física.

5. 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.

6. OBJETIVOS

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:

Al terminar el semestre el estudiante podrá:

Objetivos Conceptuales:

- 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.

Objetivos Actitudinales:

Objetivos Procedimentales:

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

7. CONTENIDOS

Contenido Resumido

1-Introducción matemática y física
2-El formalismo vectorial y el problema de los dos c
3-El Formalismo lagrangiano y el problema general de
4-El problema de los 3 cuerpos
5-El formalismo Hamiltoniano y el problema de los n-

Unidades Detalladas

Unidad 1. Introducción matemática y física

Contenidos conceptuales:

Propiedades geométricas básicas de las curvas cónicas
Cantidades cinemáticas y dinámicas básicas
Leyes newtonianas del movimiento

Contenidos procedimentales:

Derivación de las ecuaciones algebraicas de las cónicas
Deducción de las leyes del movimiento en un sistema rotante

Unidad 2. El formalismo vectorial y el problema de los dos c
Unidad 3. El Formalismo lagrangiano y el problema general de
Unidad 4. El problema de los 3 cuerpos
Unidad 5. El formalismo Hamiltoniano y el problema de los n-

8. ESTRATEGIAS METODOLÓGICAS

9. EVALUACIÓN

10. BIBLIOGRAFÍA