

Fecha: 15/FEB/2010

PROGRAMA ACADÉMICO: FISICA

SEMESTRE: IV

ASIGNATURA: MECANICA ANALITICA

CÓDIGO: 8108571

NÚMERO DE CRÉDITOS: 4

PRESENTACIÓN

La Física juega un papel fundamental en la comprensión del funcionamiento básico de la Naturaleza. En particular, la Mecánica se ocupa de aquellos fenómenos en los que intervienen movimientos y fuerzas. La belleza de la Física radica en la simplicidad de sus teorías fundamentales y en la manera en que sólo unos cuantos conceptos, ecuaciones y suposiciones fundamentales pueden alterar y expandir nuestra visión del mundo que nos rodea. Esto se pone de manifiesto en la Mecánica Analítica, en donde se aplican los mismos conceptos en diversos contextos y teorías, y en donde las ecuaciones fundamentales no dependen de la configuración del sistema físico, ni de las coordenadas que se utilicen. La Mecánica Analítica estudia las transformaciones y el planteamiento de las leyes de la mecánica con el propósito de encontrar métodos de integración de las ecuaciones con validez lo más general posible.

JUSTIFICACIÓN

La Mecánica Analítica se convierte en una herramienta fundamental usada en casi todos los campos de la Ciencia y la Tecnología, desde técnicos de petróleo hasta ingenieros del espacio, diseñadores de carros o constructores de satélites. Por medio de la mecánica analítica es posible el estudio, diseño y análisis de múltiples cuerpos y dispositivos estructurales de ingeniería, por esta razón los arquitectos, constructores o ingenieros utilizan esta herramienta para plantear y resolver problemas relacionados con la construcción de estructuras modernas y masivas, tales como los grandes edificios, puentes, plataformas de perforación submarina, etc.

Además de este enorme campo de acción, la Mecánica Analítica desempeña un doble papel en la preparación del estudiante para el estudio de la Mecánica Cuántica. En primer lugar, la técnica de las variables acción-ángulo se necesita para la Mecánica Cuántica Antigua, la ecuación de Hamilton-Jacobi y el principio de mínima acción proporcionan la transición a la Física Moderna, mientras que los paréntesis de Poisson y las transformaciones canónicas son valiosísimos en la formulación de la Mecánica Cuántica. En segundo lugar, la Mecánica Analítica ofrece al estudiante una oportunidad de dominar muchas de las técnicas matemáticas necesarias para la Mecánica Cuántica aun siendo todavía válidas en función de los conceptos conocidos de la Física clásica, por ejemplo, como es bien sabido la función Hamiltoniana de la Mecánica Clásica se utiliza para formar el operador Hamiltoniano de la Mecánica Cuántica.

Las ecuaciones de Hamilton se prestan a integración numérica en algunos casos donde es importante el teorema de Liouville, como en la óptica iónica y electrónica. La Mecánica Analítica permite introducir al estudiante en la Teoría de Perturbaciones y en la formulación de principios variacionales para sistemas continuos y campos herramienta esencial en la Mecánica Clásica y Teoría Cuántica del Campo. El estudio del movimiento bajo fuerzas centrales permite introducir al estudiante en la astronomía de posición, así como cinemática de la difusión y la solución clásica de problemas de difusión.

Históricamente, la Mecánica Clásica se desarrolló haciendo énfasis en las fuerzas que sólo dependen de la

posición, tal como la fuerza gravitatoria. En la Mecánica Analítica se estudian fuerzas y potenciales que dependen de la velocidad permitiendo estudiar la fuerza electromagnética que depende de la velocidad en el contexto de la Física Moderna. Por último, permite introducir al estudiante en las teorías actuales relacionadas con el Caos.

Esto da a los Físicos no solamente el conocimiento, sino cierta manera de observar al mundo y la capacidad para resolver problemas que son esenciales para muchos tipos de industrias y profesiones. Por esta razón, el avance científico y tecnológico de las grandes potencias se debe, entre otros factores, a la enorme inversión en el ámbito de la investigación en Física Básica y Aplicada, así como a los altos niveles de formación académica. Adicionalmente, el conocimiento de la Mecánica se convierte en una parte importante de la cultura general de todos los ciudadanos, para estar al día con los progresos científicos y tecnológicos que evolucionan vertiginosamente. Nuestro país no puede permanecer ajeno a estos hechos, por lo cual la Mecánica Analítica se convierte en una parte indispensable de la formación del Físico.

COMPETENCIAS

- Apropiar los conceptos fundamentales, tales como coordenadas generalizadas y ligaduras, los principios básicos y la estructura teórica de la formulación Lagrangiana y Hamiltoniana de la Mecánica Analítica.
- Adquirir suficiente destreza en la aplicación de la formulación Lagrangiana y Hamiltoniana en la solución de problemas mecánicos.
- Apropiar los conceptos fundamentales, tales como el Teorema de Noether, Corchetes de Poisson, Transformaciones canónicas, la ecuación de Hamilton-Jacobi y las Variables de acción y ángulo.
- Argumentar acerca de los fenómenos, leyes y principios tratados durante el curso.

METODOLOGÍA

Las unidades temáticas no necesariamente se desarrollarán en estricto orden, algunos temas pueden adicionarse y otros pueden suprimirse a juicio del Profesor. El desarrollo de los temas obedece a razones de tipo pedagógico y didáctico. En cada unidad temática el Profesor a través del sistema Moodle entregará una serie de lecturas basadas en algunos libros o artículos.

Antes de una sesión de trabajo el Profesor suministrará una serie de objetivos mínimos de aprendizaje que expresan concretamente con claridad y exactitud qué es lo que los estudiantes estarían en capacidad de hacer una vez hayan terminado de estudiar algún tema específico o realizado algunas actividades de formación. Los objetivos serán de tipo cognoscitivo y formativo. Los objetivos cognoscitivos corresponden a los niveles de construcción del conocimiento tales como: información, comprensión, análisis, integración, aplicación y argumentación. Los objetivos formativos, tienen que ver con otros aspectos como asistencia a clases, entrega oportuna de trabajos, orden y pulcritud en los desarrollos matemáticos, etc. Para cada objetivo existen una serie de criterios de evaluación.

El curso se desarrollará basado en las siguientes actividades: Clases magistrales combinadas con talleres dirigidos basadas en la formulación de la mecánica analítica y sus aplicaciones en diversos campos de la física. La realización de tareas en las que se indica la metodología de resolución. Realizar un proyecto de asignatura por medio del análisis de un sistema mecánico.

CLASES MAGISTRALES: La asignatura se desarrollará a través de clases teóricas o conferencias, en donde se ejemplificará los ejercicios, se expondrán procedimientos, métodos de trabajo, se orientará la búsqueda de nuevas variantes. Se evaluarán las preguntas y se plantearán nuevas tareas que servirán de motivación para nuevas búsquedas e interrogantes y servirán de puentes para próximas actividades curriculares. Se combinará con los talleres dirigidos.

TALLERES DIRIGIDOS: Haciendo uso de la metodología de talleres, el docente con una activa participación de los estudiantes orientará y dirigirá una serie de actividades, las cuales básicamente consisten en realizar desarrollos de problemas específicos y revisión de artículos que conduzcan al dominio de las herramientas

conceptuales y matemáticas. Se espera que la mayoría del curso se desarrolle de esta manera.

INVESTIGACIÓN

PROYECTO DE ASIGNATURA: Se entiende que el proyecto de asignatura es un ejercicio académico el cual consiste en el estudio minucioso y exhaustivo de un sistema mecánico relacionado con los tópicos vistos en clase. Debe entenderse que es un trabajo dirigido por el profesor, en consecuencia el estudiante debe comunicar sus avances para que el profesor le asigne nuevas actividades a desarrollar, el avance en este tipo de trabajo depende del estudiante. Por lo general un proyecto exitoso termina con la exposición pública del estudio realizado.

MEDIOS AUDIOVISUALES

A través del Sistema moodle de la UPTC, se tiene acceso al programa de la asignatura, textos en pdf sobre los tópicos tratados en clase, ejercicios, evaluaciones, calificaciones parciales y totales, enlaces a otros cursos virtuales, en otras palabras, todo lo necesario para desarrollar el curso. Los materiales pueden cambiar sin previo aviso.

EVALUACIÓN

EVALUACIÓN COLECTIVA

Para el primer y segundo 50%: Parciales de cada tema (30%), preferiblemente todos los parciales se realizarán con libro abierto y algunos para realizar en casa.

EVALUACIÓN INDIVIDUAL

Para el primer y segundo 50%: Asistencia a clases, desempeño en los talleres, trabajos escritos, desarrollo de ejercicios y exposiciones (20%).

CONTENIDOS TEMÁTICOS MÍNIMOS

UNIDAD I: REPASO DE LOS PRINCIPIOS ELEMENTALES

Mecánica de una partícula: Las leyes de Newton; Sistemas inerciales; Trabajo y energía cinética; Fuerzas conservativas; energía potencial; Impulso angular; fuerzas centrales; Integrales de movimiento; Oscilador lineal libre; amortiguado; forzado y forzado amortiguado; Movimiento unidimensional conservativo; integración y análisis cualitativo; oscilaciones alrededor del mínimo del potencial. Sistemas de partículas: impulso lineal total; sistema centro de masa; impulso angular total; energías cinética y potencial del sistema de partículas. Ligaduras.

UNIDAD II: PRINCIPIOS VARIACIONALES Y ECUACIONES DE LAGRANGE

Principio de d'Alembert y ecuaciones de Lagrange; Aplicaciones sencillas de la formulación Lagrangiana; Principio de Hamilton; Algunas técnicas del cálculo de variaciones; Deducción de las ecuaciones de Lagrange a partir del principio de Hamilton; Ecuaciones de Lagrange para una partícula como forma invariante ante transformación de coordenadas de las ecuaciones de movimiento. Vínculos; holónomos y no-holónomos; vínculos no-integrables; grados de libertad. Coordenadas generalizadas. Espacio de configuración. Trabajo virtual de las fuerzas de vínculo; fuerzas generalizadas; ecuaciones de Lagrange de primera y segunda especie. Potenciales generalizados.

UNIDAD III: EL PROBLEMA DE LOS DOS CUERPOS

Reducción del problema de dos cuerpos al de un cuerpo; masa reducida. Movimiento en un campo central; segunda ley de Kepler; problema unidimensional equivalente; potencial efectivo; análisis cualitativo de las trayectorias; puntos de retorno. El problema de Kepler; trayectorias elípticas, parabólicas e hiperbólicas; tercera ley de Kepler; anomalías verdadera, excéntrica y media; ecuación de Kepler. Potencial repulsivo. Dispersión de partículas; parámetro de impacto; sección eficaz; pasaje al sistema de laboratorio; dispersión de Rutherford.

UNIDAD IV: EL CUERPO RÍGIDO.

Sistemas de referencia; ángulos de Euler; velocidad angular. Energía cinética; tensor de inercia; ejes principales. Impulso angular. Lagrangiano del cuerpo rígido. Ecuaciones de Euler. Movimiento libre del trompo esférico y del trompo simétrico; aplicación al caso de la tierra; nutación diaria y movimiento de los polos. Trompo simétrico con un punto fijo bajo la acción de la gravedad; precesión y nutación; precesión regular; trompo rápido; caso de la tierra; estabilidad del trompo vertical.

UNIDAD V: PEQUEÑAS OSCILACIONES

Pequeñas oscilaciones. Condición necesaria y suficiente para que haya equilibrio. Desarrollo del Lagrangiano alrededor de un punto de equilibrio. Ecuación característica; frecuencias propias; condición de estabilidad: mínimo del potencial. Modos normales; solución general; coordenadas normales.

UNIDAD VI: LA FORMULACIÓN HAMILTONIANA.

Formulación Hamiltoniana; transformaciones de Legendre; ecuaciones canónicas de Hamilton. Significado físico de H. Espacio de las fases. Variables cíclicas en la formulación Hamiltoniana. Deducción de las ecuaciones de Hamilton a partir de un principio variacional. Transformaciones canónicas; función generatriz. Paréntesis de Poisson; identidad de Jacobi; teorema de Poisson; propiedades de los paréntesis de Poisson ante transformaciones canónicas. Ecuación de Hamilton-Jacobi; funciones principal y característica de Hamilton; separación de variables. Variables de acción y angulares. Invariantes adiabáticos.

LECTURAS MÍNIMAS

- Goldstein, Herbert. Mecánica Clásica. 2ª. Ed., Editorial Reverté, S.A. Barcelona. 1994.
- Martínez Salas, José. Mecánica Analítica. Ed., Paraninfo. Madrid, 1986.

BIBLIOGRAFÍA E INFOGRAFÍA

- Masataka Mizushima. Theoretical physics: From Classical Mechanics to Group Theory of Microparticles. Ed., John Wiley&Sons, Inc., New York, 1972.
- L.B. Landau y E.M. Lifshitz, *Mecánica*, Ed., Reverté, Barcelona.
- J.B. Marion, *Dinámica de las partículas y sistemas*, Ed., Reverté. Barcelona.
- Física con ordenador <http://www.sc.ehu.es/sbweb/fisica/default.htm>
- Laboratorio Interactivo <http://www.if.ufrgs.br/~arenzon/fis181.html>
- Demostraciones de Física <http://www.phy.ntnu.edu.tw/java/index.html>