UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO.
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN
CARRERA DE INGENIERÍA QUÍMICA

1090

PROGRAMA DE LA MATERIA: MECÁNICA CLÁSICA, QUE CURSARÁN LOS ALUMNOS DE SÉPTIMO O NOVENO SEMESTRE
DE LA CARRERA DE INGENIERÍA QUÍMICA, PAQUETE TERMINAL : TERMODINÁMICA ESTADÍSTICA
ÓRGANO INTERNO QUE COORDINA EL PROGRAMA DE LA ASIGNATURA: DEPARTAMENTO DE FÍSICA. SECCIÓN MECÁNICA
HORAS/SEMANA : 3 (3 TEÓRICAS) CRÉDITOS : 6
CAMPO: COMPLEMENTARIO CARÁCTER DE LA ASIGNATURA: OPTATIVA MODALIDAD:CURSO TEÓRICO
ASIGNATURA PRECEDENTE: NINGUNA (SERIACIÓN POR BLOQUES) ASIGNATURA SUBSECUENTE: NINGUNA

INTRODUCCIÓN

La descripción del movimiento de los cuerpos fue un problema inquietante para el ser humano desde la antigüedad. Una de las primeras preocupaciones fue a cerca de la dinámica de los planetas del sistema solar. En 1610 Johannes Kepler, basándose en las observaciones del astrónomo Tycho Brahe, logró una descripción cinemática de nuestro sistema planetario. 60 años más tarde, sir Isaac Newton, apoyado en el cálculo diferencial e integral que él mismo desarrolló, fue capaz de describir las relaciones de causa-efecto del movimiento de los cuerpos. Con la mecánica Newtoniana y la ley de gravitación universal, también propuesta por Newton, fue posible describir el movimiento de todo tipo de cuerpo y derivar las leyes de Kepler. En 1788 el matemático francés Joseph Louis Lagrange, con su publicación "mecánica analítica" introdujo los conceptos de coordenadas y velocidades generalizados, proponiendo una nueva formulación matemática de la mecánica vectorial newtoniana, basada en ecuaciones diferenciales parciales, e independiente del sistema de coordenadas geométrico, fundamental en la formulación Newtoniana. Unos cuantos años más tarde, el irlandés sir William Hamilton propuso una nueva formulación matemática, en la que utilizó coordenadas y momenta generalizados. En la formulación hamiltoniana las coordenadas de posición y las coordenadas de momentum se tratan en la misma base. La dinámica hamiltoniana permite una comprensión de la estructura formal de la mecánica newtoniana y es de importancia fundamental para la transición hacia la mecánica cuántica.

En los primeros años del siglo XX, nacieron dos nuevas teorías del movimiento de los cuerpos. En 1900, el alemán Planck, analizando la radiación del cuerpo negro, propuso la hipótesis de que la energía era emitida por paquetes, es decir, por quanta, dando lugar al inicio de la mecánica cuántica. Varios científicos, entre los que destacan de Broglie, Dirac, Fermi, Heisenberg y Scroedinger, dieron impulso a la mecánica cuántica. La ecuación de onda de Scroedinger, resuelta para el átomo de hidrógeno, permite calcular los números cuánticos y a partir de ellos tener una visión geométrica de los orbitales atómicos. Una extensión de la ecuación de onda da la posibilidad de describir matemáticamente los orbitales moleculares de enlace.

Igualmente, a principios del siglo XX, Albert Einstein, también alemán, basándose en la geometría Reimanniana desarrollada medio siglo antes, propuso la hipótesis de la relatividad del tiempo en la descripción del movimiento de los cuerpos, y consideró a dicha variable como una cuarta dimensión, dando lugar al nacimiento de la mecánica relativista, donde se considera los fenómenos que ocurren en el Universo dentro de un marco de referencia espacio-tiempo curvo tetradimensional, el espacio de Riemann.

La mecánica estadística, iniciada por Maxwell y Boltzxmann, a finales del siglo XIX, considera interacciones entre un pequeño número de partñiculas a escala microscópica y busca las adecuadas relaciones de escalamiento para obtener conclusiones a cerca de la dinámica del sistema a nivel macroscópico Generalmente, en la formulación de sus hipótesis de trabajo, hace usodel operador hamiltoniano. La mecánica estadística es importante para la descripción de varios fenómenos que ocurren en sistemas químicos, para el establecimiento de hipótesis de la cinética y dinámica química, y para el cálculo de propiedades de transporte, tan importantes para el ingeniero químico. A partir de las formulaciones de Hamilton y Lagrange, también es posible describir el comportamiento de sistemas dinámicos no lineales y de sistemas caóticos, tan importantes para el desarrollo científico en prácticamente todas las áreas de la física, química y biología.

El estudio de las formulaciones Lagrangiana y Hamiltoniana de la mecánica clásica, es fundamental para el acceso hacia la mecánica cuántica y estadística Y es con estas dos teorías, con las que se caracteriza la dinámica molecular y de las reacciones químicas desde un punto de vista teórico, por lo que se considero conveniente introducir esta asignatura optativa en la carrera de ingeniería química.

OBJETIVO GENERAL

BRINDAR AL ESTUDIANTE EL CONOCIMIENTO DE LOS CONCEPTOS Y MÉTODOS DE CÁLCULO DE LA MECÁNICA CLÁSICA EN SUS FORMULACIONES LAGRANGIANA Y HAMILTONIANA, RESALTANDO LA IMPORTANCIA DE SUS APLICACIONES PRÁCTICAS EN LA DESCRIPCIÓN DE LA DINÁMICA DE SISTEMAS DE VARIAS PARTÍCULAS, DE SISTEMAS NO LINEALES Y DE SISTEMAS CAÓTICOS.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

El curso está constituido por 7 Unidades al final de las cuales el alumno deberá ser capaz de:

Unidad I. Mecánica Newtoniana en Sistemas de Coordenadas en Movimiento.

- Utilizar las leyes de Newton en la descripción dinámica desde el punto de vista de sistemas de coordenadas en rotación.
- Describir matemáticamente la caída libre de un cuerpo sobre un planeta en rotación.
- Describir la cinemática y dinámica del péndulo de Foucault

Unidad II. Mecánica de Sistemas de partículas.

- Calcular los grados de libertad mecánicos del movimiento de un sistema de partículas.
- Calcular el momentum lineal y angular de un sistema de varias partículas.
- Llevar a cabo transformaciones de las ecuaciones de movimiento y de la energía cinética hacia las coordenadas del centro de masa.

Unidad III. Mecánica Vibracional.

- Escribir la ecuación de onda para la dinámica de sistemas vibrantes y resolverla utilizando Series de Fourier o funciones Bessel para describir cuantitativamente la evolución cinemática y dinámica de dichos sistemas.

Unidad IV Mecánica de Cuerpos Rígidos.

- Describir la dinámica rotacional de cuerpos rígidos a partir de las leyes de Newton, la teoría geométrica del domo y los ángulos de Euler.

Unidad V. Ecuaciones de Lagrange.

- Explicar los conceptos de coordenadas generalizadas y velocidades generalizadas, así como su utilidad en la descripción de la dinámica de partículas en sistemas de geometría compleja.
- Obtener la formulación de Lagrange a partir de las leyes de Newton y el principio de D'Alembert.
- Escribir las ecuaciones de Lagrange para sistemas mecánicos con restricciones no holonómicas.
- Describir la dinámica de sistemas mecánicos dependientes de un potencial de velocidad, así como sistemas mecánicos sujetos a fuerzas no conservativas y funciones de disipación.
- Utilizar multiplicadores de Lagrange para la descripción de la dinámica de sistemas no holonómicos.

Unidad VI. Formulación Hamiltoniana.

- Explicar las bases conceptuales del principio de Hamilton y de los principios variacionales.
- Describir el concepto de espacio-fase y el teorema de Liouville.
- Llevar a abo el cálculo de transformaciones canónicas.
- Explicar la teoría de Hamilton-Jacoby y utilizarla para visualizar gráficamente el significado físico de la función de acción.
- Explicar conceptualmente la forma en que se utiliza la formulación hamiltoniana de la mecánica clásica comno trnsición hacia la mecánica cuántica.
- Escribir el hamiltoniano para varios sistemas de interés en física y química teóricas

Unidad VII. Dinámica de Sistemas no lineales.

- Utilizar las formulaciones de Hamilton y Lagrange para la descripción matemática de la dinámica de sistemas disipativos y la contracción del volumen del espacio-fase.
- Explicar los conceptos de ciclos límite, atractores y repulsores extraños, y relacionar su aparición en sistemas físicos con las ecuaciones diferenciales de movimiento obtenidas a partir de las formulaciones lagrangiana y hamiltoniana.
- A partir de la solución de las ecuaciones diferenciales resultantes del análisis de la dinámica de sistemas no lineales, describir la estabilidad de trayectorias dependientes del tiempo, la aparición de bifurcaciones estáticas y de bifurcaciones temporales.
- Calcular exponentes de Lyapunov para sistemas dinámicos no lineales unidimensionales y multidimensionales
- Describir las características de la geometría fractal.
- Describir la dinámica de sistemas caóticos, prestando especial atención a los sistemas de naturaleza química, de transferencia de calor, de dinámica de fluidos (turbulencia) y de cinética química.

Unidad VIII. Sistemas Caóticos en Química e Ingeniería Química.

- Utilizar los conceptos de la dinámica de sistemas no lineales y de la teorie del caos determinista para explicar la fenomenología de la turbulencia y la cinemática de reacciones oscilantes, como las de Belusov-Zhabotinsky
- Escribir y utilizar programas de cómputo para la caracterización de sistemas caóticos químicos.

PROGRAMA:

No. de HORAS	T E M A:	O B J E T I V O S AL FINALIZAR LA CLASE, EL ALUMNO DEBERÁ SER CAPAZ DE:	REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA
	UNIDAD I. MECÁNICA NEWTONIANA EN SISTEMAS DE COORDENADAS EN MOVIMIENTO. 1.1 ECUACIONES DE NEWTON EN SISTEMAS DE COORDENADAS EN MOVIMIENTO. 1.2 CAÍDA LIBRE SOBRE UN PLANETA EN ROTACIÓN. 1.3 DINÁMICA DEL PÉNDULO DE FOUCAULT.	UNIDAD V. FORMULACIÓN LAGRANGIANA DE LA MECÁNICA CLÁSICA. 5.1 COORDENADAS Y VELOCIDADES GENERALIZADAS. 5.2 DERIVACIÓN DE LAS ECUACIONES DE LAGRANGE A PARTIR DE LAS LEYES DE LA SEGUNDA LEY DE NEWTON Y DEL PRINCIPIO DE D'ALEMBERT 5.3 ECUACIONES DE LAGRANGE PARA SISTEMAS MECÁNICOS ON RESTRICCIONES O HOLONÓMICAS. 5.4 EJEMPLOS. • SISTEMAS CON POTENCIALES DEPENDIENTES DE LA VELOCIDAD • SISTEMAS CON FUERZAS NO CONSERVATIVAS Y UNCIONES DE DISIPACIÓN • APLICACIÓN DE MULTIPLICADORES DE LAGRANGE A SISTEMAS NO HOLONÓMICOS	
	UNIDAD II. MECÁNICA DE SISTEMAS DE PARTÍULAS. 2.1 GRADOS DE LIBERTAD 2.2 CENTROIDES DE GRAVEDAD 2.3 PARÁMETROS MECÁNICOS FUNDAMENTALES DE SISTEMAS DE VARIAS PARTÍCULAS	UNIDAD VII. FORMULACIÓN Y TEORÍA HAMILTONIANA 6.1 LAS ECUACIONES DE HAMILTON 6.2 EL PRINCIPIO DE HAMILTON 6.3 DISCUSIÓN GENERAL DE LOS PRINCIPIOS VARIACIONALES 6.4 EL ESPACIO FASE Y EL TEOREMA DE LIOUVILLE 6.5 EL PRINCIPIO DE ENFRIAMIENTO ESTOCÁSTICO.	
	UNIDAD III. DINÁMICA VIBRACIONAL. [illegible] VIBRACIONES DE PUNTOS DE MASA ACOPLADOS [illegible] LA ECUACIÓN DE ONDA Y SERIES DE FOURIER [illegible] MEMBRANA VIBRANTE DERIVACIÓN DE LA ECUACIÓN DIFERENCIAL • SOLUCIÓN DE LA ECUACIÓN IFERENCIAL MEDIANTE SERIES DE FOURIER • INTRODUCCIÓN DE CONDICIONES DE FRONTERA • EIGENFRECUENCIAS • DEGENERACIÓN • LÍNEAS NODALES • LA MEMBRANA CIRCULAR. SOLUCIÓN VÍA FUNCIONES BESSEL	UNIDAD VII. DINÁMICA DE SISTEMAS NO LINEALES 7.1 SISTEMAS DISIPATIVOS 7.2 ATRACTORES Y REPULSORES EXTRAÑOS 7.3 SOLUCIONES AL EQUILIBRIO 7.4 CÍCLOS LÍMITE 7.5 ESTABILIDAD DE TRAYECTORIAS DEPENDIENTES EL TIEMPO • SOLUCIONES PERIÓDICAS • DISCRETIZACIÓN Y ATAJOS DE POINCARÉ. 7.6 BIFURCACIONES • BIFURCACIONES ESTPATICAS • BIFURCAIONES DE SOLUCIONES DEPENDIENTES DEL TIEMPO. 7.7 EXPONENTES DE LYAPUNOV • SISTEMAS UNIDIMENSIONALES • SISTEMAS MULTIDIMENSIONALES • GEOMETRÍA FRACTAL 7.8 SISTEMAS CON DINÁMICA CAÓTICA • DINÁMICA DE SISTEMAS DISCRETOS • MAPEOS UNIDIMENSIONALES	
	UNIDAD IV. MECÁNICA DE CUERPOS RÍGIDOS 4.1 ROTACIÓN ALREDEDOR DE EJES FIJOS 4.2 ROTACIÓN ALREDEDOR DE UN PUNTO 4.3 TEORÍA GEOMÉTRICA DEL DOMO 4.4 TEORÍA ANALÍTICA DEL DOMO LIBRE. APLICACIONES 4.5 LOS ÁNGULOS DE EULER	**UNIDAD VIII.** 8.1 CAOS EN FLUJO TURBULENTO 8.2 CAOS EN REACCIONES QUÍMICAS. • REACCIONES DE BELUSOV-ZHABOTINSKY. EL BRUCELADOR CINÉTICO • EL OREGONADOR CINÉTICO.	

BIBLIOGRAFÍA

BIBLIOGRAFÍA BÁSICA :

ABRAHAM, R ; MARSDEN, J. FOUNDATIONS OF CLASSICAL MECHANICS. BENJAMIN CUMMINGS.MENTLO PARK, CALIFORNIA, 1978

ARNOLD, V.I.; KOSLOV, V.V.; NEISHTADT, A I. MATHEMATICAL ASPECTS OF CLASSICAL AND CELESTIAL MECHANICS. SPRINGER VERLAG. BERLIN, GERMANY, 1988

ARNOLD, V. I. MATHEMATICAL METHODS OF CLASSICAL MECHANICS. SPRINGER VERLAG. BERLIN, 1978

BARGER, VERNON. CLASSICAL MECHANICS. NEW YORK, USA. 1995

BENGURIA, RAFAEL & DEPASSIER, MARÍA CRISTINA. PROBLEMAS RESUELTOS DE MECÁNICA CLÁSICA. ALFAOMEGA. BARCELONA, 1999

CALOGERO, F. INTEGRABLE MANY BODY PROBLEMS AND RELATED MATHEMATICAL FINDINGS. REIDEL. DORDRECHT, GERMANY, 1980

CALOGERO, F. INTEGRABLE DYNAMICAL SYSTEMS AND RELATED MATHEMATICAL RESULTS. SPRINGER VERLAG, BERLIN, GERMANY, 1983

FAUST, G; HAASE, M & ARGYRIS, J. AN EXPLORATION OF CHAOS. NORT HOLLAND, AMSTERDAM, NETHERLANDS, 1994

GOLDSTEIN, H. MECÁNICA CLÁSICA. REVERTÉ, BARCELONA, ESPAÑA, 1996

GREINER, WALTER. CLASSICAL MECHANICS. SYSTEMS OF PARTICLES AND HAMILTONIAN DYNAMICS. SPRINGER VERLAG, NEW YORK, 2003

HESTENESS, DAVID. NEW FOUNDATIONS OF CLASSICAL MECHANICS. KLUWER ACADEMIC PUBLISHERS. NETHERLANDS, 1990

HILBORN, R.C. CHAOS AND NONLINEAR DYNAMICS. OXFORD UNIVERSITY PRESS. NEW YORK, 1994

HOOVER, W. G. COMPUTATIONAL STATISTICAL MECHANICS. ELSEVIER, AMSTERDAM, 1991

LANDAU, L.D. & LIFSHITZ, E.M. MECHANICS. 3d EDITION. PERGAMON PRESS. OXFORD, 1976

Mc DONALD, WILLIAM; DWORZECKA, MARÍA & ERLICH, ROBERT. CONSORTIUM OF UPPER-LEVEL PHYSICS SOFTWARE. CLASSICAL MECHANICS PROGRAMS. NEW YORK, 1994

Mc QUARRY, DONALD. STATISTICAL MECHANICS. HARPER AND ROW. NEW YORK, 1976

SCHUSTER, H. DETERMINISTIC CHAOS. VCH VERLAGSGESSELSCHAFT. WEINHEM, RFG, 1989

PERELOMOV, A. M. INTEGRABLE SYSTEMS OF CLASSICAL MECHANICS AND LIE ALGEBRAS. BIRKHÄUSEN VERLAG. BASEL, GERMANY. 1990

BIBLIOGRAFÍA COMPLEMENTARIA.

DUGAS, R.A. HISTORY OF MECHANICS. DOVER. NEW YORK, USA. 1998

EDWARDS, C.H. AND PENEY, DAVID E. ECUACIONES DIFERENCIALES ELEMENTALES. PEARSON EDUCATION, MÉXICO, 1993

LAGRANGE, J.L. ANALYTICAL MECHANICS. TRANSLATED BY BOISSONADE, A.C. & VAGLIENTE, V.N. KLUWE ACADEMIC PUBLISHERS. NETHERLANDS, 2001

NEWTON, ISAAC. THE PRINCIPIA: MATHEMATICAL PRINCIPLES OF NATURAL PHILOSOPHY. TRANSLATED BY COHEN, A. & WHITMAN, A. UNIVERSITY OF CALIFORNIA PRESS. CALIFORNI USA, 1999