

TITULO DEL CURSO

DINÁMICA AVANZADA

Código: INGM25

DOCENTE RESPONSABLE A CARGO DEL DICTADO:

Dr. Ing. Sergio Preidikman.

DURACION

60 horas (3 créditos).

METODOLOGÍA DE ENSEÑANZA Y FORMAS DE EVALUACIÓN:

Se dictarán clases teórico-prácticas diarias. Las mismas se desarrollarán en aula, con exposición oral, uso de pizarrón, uso de computadoras, y de retroproyector. Se fijarán horarios de consulta de acuerdo a las posibilidades de los docentes responsables de la asignatura y de los estudiantes inscriptos.

La evaluación se realizará mediante dos exámenes de carácter parcial que serán resueltos en forma individual.

PROGRAMA ANALÍTICO DEL CURSO:

1: Cinemática del Movimiento Finito

Representación matricial de operaciones con vectores. Descripción cinemática del movimiento de cuerpos rígidos: movimiento esférico, el carácter no-conmutativo de las rotaciones finitas, movimiento general de un cuerpo rígido. Análisis de velocidades en el movimiento de cuerpos rígidos: movimiento esférico, expresión explícita de las velocidades angulares, movimiento arbitrario de cuerpos rígidos. Análisis de aceleraciones en el movimiento de cuerpos rígidos: movimiento esférico, expresión explícita de las aceleraciones angulares, razón de cambio del eje instantáneo de rotación. Movimientos esféricos infinitesimales e incrementos de rotación: versión material y espacial de rotaciones infinitesimales, variación de las velocidades angulares, representación de velocidades y aceleraciones angulares en sistemas de referencia móviles, rotaciones incrementales como incógnitas.

2: Parametrización del Movimiento Esférico

Parametrización del movimiento esférico de cuerpos rígidos. Matemática de las rotaciones finitas: el grupo de Lie $SO(3)$, variedades diferenciables, "spinors", vectores axiales, "rotators". El vector Cartesiano de rotación. Forma de Cayley de la matriz de rotación: parámetros de Rodrigues. El mapa exponencial. Rotaciones finitas en términos de los parámetros de Euler. Relación entre los cosenos directores y parámetros de Euler. Relación entre los parámetros de Euler y la velocidad angular. Relación entre los parámetros de Euler y los ángulos de Euler. Álgebra de rotaciones finitas: Cuaterniones. El vector de rotación conforme (CRV.) Los parámetros lineales. Descripción geométrica de rotaciones finitas: ángulos de Euler, ángulos de Bryant. Movimiento de cuerpos rígidos con restricciones: contacto, juntas, movimiento de translación y contacto con deslizamiento, combinando rotaciones con contacto deslizante.

3: Dinámica del Cuerpo Rígido: Conceptos Avanzados

Descripción cinemática. Energía cinética. Energía potencial. Ecuaciones de Lagrange para quasi-coordenadas. Forma estándar de las ecuaciones de movimiento. Versión parametrizada de las ecuaciones de movimiento. Versión incremental de las ecuaciones de movimiento. Linealización exacta alrededor de posiciones de equilibrio.

4: Dinámica de Cuerpos Flexibles

Energía cinética y potencial. Cinemática y geometría de movimientos con componente de cuerpo rígido nula o pequeña. La viga elástica: cinemática, el gradiente de desplazamientos como medida de deformación, descomposición pseudo-polar de la matriz Jacobiana. Energía cinética y potencial para vigas. Energía cinética y potencial para barras en torsión. Ecuaciones de movimiento: principio de Hamilton generalizado, generalización de las ecuaciones de Lagrange para sistemas con parámetros distribuidos, condiciones de borde, simplificaciones. Versión Dinámica Avanzada – CING?? diferencial del problema de autovalores. Soluciones aproximadas: el método de los modos asumidos, técnicas de aproximación, funciones de prueba, convergencia, el método de los elementos finitos. Geometría y cinemática de movimientos donde se combinan pequeñas componentes elásticas y grandes rotaciones de cuerpo rígido: versión híbrida de las ecuaciones de movimiento, versión discretizada de las ecuaciones de movimiento. Análisis de las ecuaciones de movimiento. Problemas híbridos. Caso de estudio: consecuencias de despreciar el acoplamiento entre movimiento rígido y movimiento elástico.

Bibliografía:

- S. Preidikman, Notas de Clase.
- H. Baruh, *Analytical Dynamics*, McGraw-Hill Book Company, New York, 1999.
- F. C. Moon, *Applied Dynamics – With Applications to Multibody and Mechatronic Systems*, John Wiley & Sons, Inc., New York, 1998.
- M. Geradin, and A. H. Cardona, *Flexible Multibody Dynamics: A Finite Element Approach*, John Wiley & Sons Ltd., England, 2001.
- John L. Junkins and Youdan Kim, *Introduction of Dynamics and Control of Flexible Structures*, American Institute of Aeronautics and Astronautics, Inc., Washington, DC 1993.
- M. A. Chrisfield, *Non-Linear Finite Element Analysis of Solids and Structures – Volume 1: Essentials*, John Wiley & Sons, England, 1991.
- Friedrich Pfeiffer and Christoph Glocker, *Multibody Dynamics With Unilateral Contacts*, Wiley Series in Nonlinear Science, John Wiley & Sons, Inc., New York, 1996.
- L. Meirovitch, *Methods of Analytical Dynamics*, McGraw-Hill Book Company, New York, 1970.
- L. Meirovitch, *Principles and Techniques of Vibrations*, Prentice Hall, Inc., Englewood Cliffs, New Jersey, 1997.
- Gerhard A. Holzapfel, *Nonlinear Solid Mechanics: A Continuum Approach For Engineering*, John Wiley & Sons Inc., New York, 2000.
- Kane and Levinson, *Dynamics: Theory and Applications*, McGraw-Hill Series in Mechanical Engineering, 1985.
- S-J Ying, *Advanced Dynamics*, American Institute of Aeronautics and Astronautics, Inc., Reston, Virginia 1997.
- J. Argyris and H. P. Mlejnek, *Dynamics of Structures: Texts on Computational Mechanics – Volume V*, North-Holland, Amsterdam, 1991.
- C. E. Passerello and R. L. Huston, “Another Look at Nonholonomic Systems,” *Journal of Applied Mechanics*, Vol. 40, 1973, pp. 101-104.
- T. R. Kane and D. A. Levinson, “Multibody Dynamics,” *Journal of Applied Mechanics*, Vol. 50, 1983, pp. 1071-1078.
- T. R. Kane and C. F. Wang, “On the Derivation of Equations of Motion,” *Journal of the Society for Industrial and Applied Mathematics*, Vol. 13, 1965. pp. 487-492.
- T. R. Kane, “Dynamics of Nonholonomic Systems,” *Journal of Applied Mechanics*, 1961, pp. 574-578.

- J. C. Simo and L. Vu-Quoc, "On the Dynamics in Space of Rods Undergoing Large Motions – A Geometrically Exact Approach," *Journal of Computer Methods in Applied Mechanics and Engineering*, Vol. 66, 1988, pp. 125-161.
- C. L. Buttafio and M. Borri, "Integrating Finite Rotations," *Journal of Computer Methods in Applied Mechanics and Engineering*, Vol. 164, 1998, pp. 307-331.
- A. Ibrahimbegovic and M. Mikdad, "Finite Rotations in Dynamics of Beams and Implicit time-Stepping Schemes," *International Journal for Numerical Methods in Engineering*, Vol. 41, 1998, pp. 781-814.
- E. N. Dvorkin, M. B. Goldschmit, D. Pantuso and E. A. Repetto, "Comentarios sobre algunas herramientas utilizadas en la resolución de problemas No-Lineales Dinámica Avanzada – CING?? de Mecánica del Continuo," *Revista Internacional de Métodos Numéricos para Cálculo y Diseño en Ingeniería*, Vol. 10, 1994, pp. 47-65.
- M. A. Crisfield, U. Galvanetto and G. Jelenic, "Dynamics of 3-D Co-rotational Beams," *Journal of Computational Mechanics*, Vol. 20, 1997, pp. 507-519.
- E. Celledoni and B. Owren, "Lie group methods for rigid body dynamics and time integration on manifolds," *Computer Methods in Applied Mechanics and Engineering*, **192** (2003), pp. 421-423.
- J. H. Argyris, "An excursion into large rotations," *Computer Methods in Applied Mechanics and Engineering*, **32** (1982), pp. 85-155.
- J. Rhim and S. W. Lee, "A Vectorial Approach to Computational Modeling of Beams Undergoing Finite Rotations," *International Journal for Numerical Methods in Engineering*, Vol. 41, 1998, pp. 527-540.
- N. L. Pedersen and M. L. Pedersen, "A Direct Derivation of the Equations of Motion for 3D-Flexible Mechanical Systems," *International Journal for Numerical Methods in Engineering*, Vol. 41, 1998, pp. 697-719.
- J. C. Simo, "A Finite Strain Beam Formulation. The Three-Dimensional Dynamic Problem. Part I," *Journal of Computer Methods in Applied Mechanics and Engineering*, Vol. 49, 1985, pp. 55-70.
- P. Maiber, "Analytical Dynamics of Multibody Systems," *Journal of Computer Methods in Applied Mechanics and Engineering*, Vol. 91, 1991, pp. 1391-1396.
- H. Brauchli and R. Weber, "Dynamical Equations in Natural Coordinates," *Journal of Computer Methods in Applied Mechanics and Engineering*, Vol. 91, 1991, pp. 1403-1414.
- O. Friberg, "A Set of Parameters for Finite Rotations and Translations," *Journal of Computer Methods in Applied Mechanics and Engineering*, Vol. 66, 1988, pp. 163-171.
- A. Cardona and M. Geradin, "A Beam Finite Element Non-Linear Theory With Finite Rotations," *International Journal for Numerical Methods in Engineering*, Vol. 26, 1998, pp. 2403-2438.