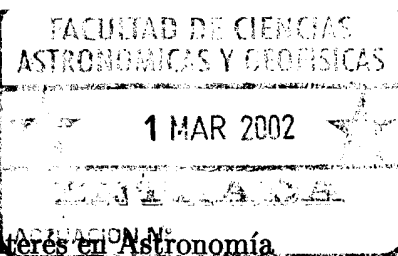


Dr. JORGE ALEJANDRO PANEI
Secretaría de Asuntos Académicos
Facultad de Ciencias Astronómicas y Geofísicas
UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA PLATA



Elementos de Astronomía Computacional

1) Métodos de resolución de problemas de valores iniciales de interés en Astronomía Dinámica.

Este capítulo centra su atención en la discusión teórica y la correspondiente implementación computacional de técnicas modernas de integración de ecuaciones diferenciales ordinarias, haciendo énfasis en un estudio comparativo de los mismos en el contexto de problemas astronómicos. Los temas a ver en este capítulo son, básicamente:

- a) Métodos clásicos de un paso: Euler, Euler modificado, Runge-Kutta.
- b) Análisis de errores de truncamiento locales y globales, errores de redondeo, estabilidad numérica y costo computacional.
- c) Control del error y ajuste del paso de integración. Método de Runge-Kutta-Fehlberg. Método de Zadunaisky (*'Defect Correction'*).
- d) Métodos de Extrapolación: Bulirsch-Stoer.
- e) Métodos de Paso Múltiple: Adams-Multon, Störmer-Cowell.
- f) Métodos Simpléticos: Fundamentos teóricos. Dedución de Métodos de distintos órdenes. Propiedades de interés en sistemas dinámicos.
- g) Métodos especiales para problemas de tipo 'Stiff'.

2) Cómputo de la fuerza o aceleración en sistemas autogravitantes compuestos por muchos cuerpos.

Aquí el interés fundamental se centra en la descripción de los aspectos metodológicos que permiten simplificar el cálculo de la interacción.

En particular se estudia en detalle e implementa computacionalmente el denominado método de *Árbol Jerárquico*, aplicándolo a problemas concretos que permiten analizar en detalle sus propiedades

- a) Análisis de los métodos más utilizados en la actualidad: Método Partícula-Partícula, Método Partícula-Malla, Método P3M, Métodos basados en desarrollos multipolares.
- b) Método de *Árbol Jerárquico*: Dedución de las fórmulas recursivas para el cálculo de los momentos multipolares de orden arbitrario. Estudio detallado de la implementación computacional del método de *Árbol Jerárquico* para el cálculo de los momentos multipolares. Criterios de expansión para la construcción del árbol. Determinación del costo computacional en función del número de cuerpos y de los criterios de expansión.

3) Generación de condiciones iniciales.

Se estudian e implementan métodos para la generación de secuencias pseudo-aleatorias de números con distribuciones de probabilidad específicas.

Se aplica a la generación de condiciones iniciales que presenten características dinámicas similares a determinados objetos astronómicos reales, para ser utilizadas en simulaciones mediante la aplicación de los métodos desarrollados en el punto 2).

a) Generación de números pseudoaleatorios con distribución uniforme. Método de congruencia lineal. Métodos para detectar la presencia de períodos y correlaciones en un conjunto de números pseudoaleatorios con distribución uniforme.

b) Distribuciones específicas: Distribución gaussiana y poissoniana. Método de Von Neumann.

c) Aplicaciones a sistemas físicos de interés: Polítropas: Esfera de Plummer, Esfera de King. Flujo isotrópico de estrellas (Método de Henon).

d) Generación de condiciones iniciales y realización de simulaciones utilizando el Método de Árbol Jerárquico: Estabilidad y colisión de cúmulos globulares.

• 4) Problemas de contorno.

En sistemas astronómicos comprendidos dentro de lo que habitualmente se conoce como *Evolución Estelar* aparece la necesidad de resolver sistemas de ecuaciones en derivadas parciales sujetos a condiciones de contorno. El objetivo es el estudio de métodos aproximados de resolución numérica de tales problemas y su correspondiente implementación computacional en casos suficientemente simples como para que las simulaciones requieran tiempos de cálculo relativamente cortos, y de esta manera poder centrar el estudio en las cualidades particulares de cada método, según el problema concreto que se desee estudiar.

a) Teoría general de las ecuaciones en derivadas parciales de segundo orden. Algunos problemas de interés en astronomía donde aparecen este tipo de ecuaciones. Distinto tipo de condiciones de contorno y condiciones iniciales.

b) Métodos de diferencias finitas: Generalidades. Aplicación a las ecuaciones elípticas.

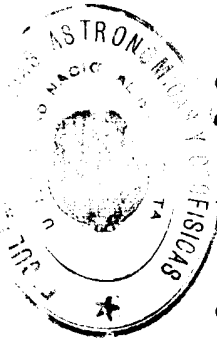
c) Ecuación de difusión: Algoritmo de diferencias hacia adelante. Distintas variantes y análisis del error de truncamiento y de la estabilidad de cada uno. El algoritmo de Crank-Nicholson.

d) Ecuaciones Hiperbólicas: Ecuación de ondas. Ecuación de advección. Soluciones analíticas. Métodos de Lax y de Lax-Wendroff. Viscosidad artificial. Análisis de Estabilidad de von Neumann.

• 5) Métodos especiales para ecuaciones lineales.

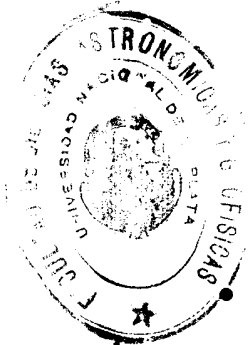
En este capítulo se estudian los aspectos teóricos y la correspondiente implementación computacional, de métodos de resolución de sistemas lineales especiales que aparecen en *Problemas de Contorno*.

a) Resolución de sistemas lineales especiales por métodos iterativos y directos: Matrices triangulares, en bloques, tridiagonales y en bloques-tridiagonales.



ALVARO PANEL
Instituto de Astronomía y Física
Facultad de Ciencias Exactas y Naturales
UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA PLATA

b) Cálculo de autovalores. Polinomio característico de distintos tipos de matrices especiales. Método de potencias. Métodos iterativos: Jacobi y Gauss-Seidel. Transformaciones de similitud. Transformaciones ortogonales: Transformación de Jacobi, reducción de Givens, reducción de Householder, reducción directa a la forma de Hessenberg. Algoritmo de factorización QR.



Bibliografía:

- Acton, F. "Numerical methods that usually work"
- Apuntes de la Cátedra.
- Bjork, A. Dahlquist, G. "Numerical Methods" Prentice-Hall. 1969.
- Stoer, J. Bullirsch, R. "Introduction to Numerical Analysis". Springer-Verlag. 1980.
- García, A. L. "Numerical Methods for Physics." Prentice-Hall. 2000.
- Gear, G. W. "Numerical Initial Value Problem in Ordinary Differential Equations" Prentice-Hall. 1971.
- Hockney, R. W. Eastwood, J. W. "Computer simulation using particles" Culham Laboratory, Oxon, UK. 1988.
- Landau, R. H. Paez, R. J. "Numerical Methods." Willey. 2000.
- Lapidus, L. Seinfeld, J. H. "Numerical solution of Ordinary Differential Equations" Academic Press. 1971.
- Press. y otros. "Numerical Recipes" (<http://www.nr.com/>).
- Artículos de las principales revistas astronómicas.

LIC. MARCELO FERRAZO PANER
Secretario de Asuntos Académicos
Facultad de Ciencias Exactas y Ciencias
UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA PLATA

Carga Horaria

- Asignatura cuatrimestral: 16 semanas.
- Clases Teóricas: 4 horas semanales.
- Clases Prácticas: 3 horas semanales.