



1) *Título, objetivo y modalidad de dictado del curso*

Título del curso: Modelado Numérico de la Atmósfera

Objetivo del curso: El objetivo del curso es introducir al alumno en los conceptos del modelado atmosférico, describiendo las diferentes etapas de desarrollo de un modelo numérico. Se partirá de la formulación teórica del modelo y la elección del sistema de ecuaciones a resolver, de acuerdo al objetivo que se persigue y los fenómenos atmosféricos que se quiere simular. Se presentarán las diferentes técnicas de resolución numérica de las ecuaciones diferenciales en derivadas parciales no lineales, la definición y la resolución espacial del dominio, condiciones iniciales y condiciones de frontera y las técnicas de asimilación de datos. Se describirán los diferentes tipos de modelos, globales, de mesoescala y microescala, de área limitada, los modelos acoplados océano-atmósfera y los modelos anidados. Se presentarán las diferentes técnicas de validación de los modelos, el despliegue gráfico e interpretación de los resultados y el tratamiento estadístico de los mismos. Se presentarán ejemplos de modelos de pronóstico del tiempo y de pronóstico climático. De este modo los alumnos podrán adquirir un conocimiento integral sobre el modelado numérico, el cual constituye la herramienta fundamental de la investigación teórica y aplicada en las ciencias de la atmósfera.

Modalidad del dictado del curso: La materia se dictará en 4 horas de clases teóricas y 4 horas de clases prácticas semanales, totalizando 128 horas de clase en el semestre. En las clases teóricas, a cargo del profesor de la materia, se impartirán los conocimientos básicos sobre modelado numérico de la atmósfera, empleando despliegue de material gráfico y conexión a Internet para la presentación de ejemplos de modelos numéricos atmosféricos que funcionan operativamente. En las clases prácticas los alumnos emplearán programas y modelos numéricos de dominio público, utilizando sus propias computadoras personales o reservando turno en el laboratorio de computación de la facultad.

2) *Programa analítico y bibliografía*

Programa analítico

- Introducción y generalidades. Utilidad de los métodos numéricos. Soluciones exactas y soluciones aproximadas de ecuaciones diferenciales ordinarias. Planteo correcto del problema. Error de truncado de las aproximaciones numéricas en diferencias finitas. Aproximaciones numéricas de diferentes órdenes. Consistencia, convergencia y estabilidad de la solución numérica de un problema diferencial lineal. Teorema de Lax.
- El problema de la condición de contorno. La ecuación elíptica de Poisson. Método de relajación en 1 y 2 dimensiones. Relajación simultánea y relajación secuencial. Sobrerelajación. Método de eliminación de Gauss. Soluciones mediante la transformada de Fourier. Aplicaciones en meteorología.
- El problema de la condición inicial. La ecuación de pronóstico de primer orden, diferentes esquemas: esquema adelantado de Euler, esquema atrasado, esquema trapezoidal, esquema simplificado de Runge-Kutta, esquema centrado de Leapfrog, esquema simplificado de Adams-Bashforth. Estabilidad de los esquemas de 2 y 3 niveles. Estabilidad de los esquemas



iterativos y no iterativos de 2 niveles para el oscilador amortiguado. Estabilidad del esquema de 3 niveles para el oscilador amortiguado.

- La ecuación advectional lineal. Criterio de estabilidad de Courant, Friedrich y Lewy. Modo computacional y modo físico. Dispersión computacional en el espacio. Velocidad de fase y velocidad de grupo. Esquema de diferenciación corriente arriba. Esquemas de orden superior. Ecuación advectional en dos dimensiones. El error de aliasing. La ecuación advectional no lineal. Esquema de Arakawa. Conservación de la energía.

- La ecuación de pronóstico de segundo orden. Ecuación parabólica. Planteo correcto del problema. Esquemas implícitos. Esquema de Crank-Nicholson. Retículos irregulares. Transformación de la coordenada vertical. Transformación de las coordenadas horizontales. Ecuación hiperbólica, estabilidad.

- Método de Galerkin, la ecuación de Galerkin. El método espectral. El método de los elementos finitos. Aplicación del método de Galerkin a la ecuación advectional. Comparación con el método de diferencias finitas. Aplicaciones: ecuación advectional no lineal y ecuación de difusión.

- Ejemplos de diferentes modelos, modelos hidrostáticos y no hidrostáticos, modelos acoplados océano-atmósfera, modelos en mesoescala y microescala, modelos anidados, modelos de interacción mar-atmósfera, modelos de diagnóstico y modelos de pronóstico. Modelos globales y modelos de área limitada. Modelos climáticos,

- Ejecución operativa de los modelos. Determinación de las condiciones iniciales y las condiciones de frontera. Asimilación de datos. Dependencia de la solución de la resolución del modelo y de las condiciones iniciales.

- Validación de los modelos. Tratamiento de los resultados de los modelos. Presentación e interpretación de resultados. Análisis estadístico de resultados. Ejemplos de modelos de pronóstico del tiempo y de pronóstico climático.

Bibliografía

- Kalnay E., Atmospheric Modeling, Data Assimilation and Predictability, Cambridge University Press, 2003.

- Messinger F. and Arakawa A., Numerical Methods Used in Atmospheric Models, GARP Publication Series n° 17, 1976.

- Pielke R. A. Mesoscale Meteorological Modeling, segunda edición, Academic Press, 2002.

3) Período en que se dicta

El curso se dicta durante el segundo semestre del año lectivo

4) Planta docente y docente responsable

El docente responsable de la materia es el Dr. Guillermo Berri, Profesor Titular Consulto de la Cátedra de Micrometeorología y Turbulencia Atmosférica; el docente a cargo de los trabajos prácticos es el Licenciado Félix Carrasco Galleguillos, Ayudante Diplomado de la Cátedra de Micrometeorología y Turbulencia Atmosférica



5) *Mecanismo de evaluación*

Para aprobar los trabajos prácticos los alumnos deberán completar exitosamente ejercicios prácticos que consistirán en la realización de experimentos con modelos de pronóstico meteorológico en situaciones particulares. Se realizará el posproceso de las salidas del modelo y sus resultados se presentarán en diferentes despliegues gráficos. Los alumnos presentarán los resultados en forma de seminario a lo largo del curso, que los habilitará para rendir el examen final obligatorio que versará sobre los conceptos generales del modelado numérico de la atmósfera.

6) *Curriculum vitae del docente responsable*

Curriculum Vitae (abreviado)

Guillermo Jorge Berri

guiberri@yahoo.com.ar

EDUCACION

- Licenciado en Ciencias Meteorológicas, Universidad de Buenos Aires, 1975
- Doctor en Ciencias Meteorológicas, Universidad de Buenos Aires, 1987

CURSOS Y ACTIVIDADES DE POSGRADO REALIZADAS

- Departamento de Ciencias de la Atmósfera, Universidad de Buenos Aires, 1975-1986
- Atmospheric Environment Service, Ontario, Canada, 1976-1977
- Department of Computer Sciences, University of York, Ontario, Canada, 1976-1977
- Department of Physics, University of Toronto, Toronto, Canada, 1976-1977
- University of Colorado, Boulder, CO, USA, 1977
- Climate Monitoring and Diagnostic Laboratory, Boulder, CO, USA, 1977
- University of Utah, Salt Lake City, UT, USA, 1987-1988
- International Center for Theoretical Physics, Trieste, Italia, 1990

CARGOS ACTUALES

- Investigador Independiente Jubilado Contratado del Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET) desde 2017, miembro del Conicet desde 1983. Lugar de trabajo: Facultad de Ciencias Astronómicas y Geofísicas, Universidad Nacional de La Plata.
- Profesor Titular Consulto, Cátedra de Micrometeorología y Turbulencia Atmosférica, Facultad de Ciencias Astronómicas y Geofísicas, Universidad Nacional de La Plata, Argentina, desde 2018.

CARGOS DESEMPEÑADOS CON ANTERIORIDAD

- Profesor Titular Ordinario semi-dedicación, Cátedra de Micrometeorología y Turbulencia Atmosférica, Facultad de Ciencias Astronómicas y Geofísicas, Universidad Nacional de La Plata, Argentina, desde 2014 hasta 2018.
- Profesor Adjunto Regular dedicación exclusiva del Departamento de Ciencias de la Atmósfera y los Océanos, Universidad de Buenos Aires, desde 1985 hasta 2009.