

# MODELLISTICA OCEANOGRAFICA

A.A. 2006-2007

Prof. Stefano Pierini

Corso di Laurea Magistrale in *Scienze e Tecnologie della Navigazione*, Indirizzo in *Meteorologia e Oceanografia*. Numero di CFU: 6

Il corso si propone di fornire elementi di base della modellistica numerica in oceanografia fisica. L'accento, oltre che sugli aspetti tecnico-scientifici, è posto anche su implicazioni metodologiche con l'intento di indicare un corretto uso dello strumento modellistico e dei suoi risultati. Ogni aspetto trattato è corredato da esempi concreti, presentati anche con l'ausilio di mezzi informatici.

## **ASPETTI METODOLOGICI DELLA MODELLISTICA DELL'OCEANOGRAFIA FISICA**

Introduzione al problema della modellizzazione numerica di processi oceanografici. Scopi, potenzialità, limiti. Studi modellistici di processo e simulazioni "realistiche". Caratteristiche dei flussi all'interfaccia mare-aria usati per forzare i modelli di circolazione oceanici. Condizioni al bordo lungo i confini aperti. Validazione sperimentale dei modelli con dati in situ e telerilevati. Necessità di un utilizzo congiunto di risultati di simulazioni numeriche e di osservazioni sperimentali per la descrizione, l'interpretazione e la possibile previsione dei processi oceanografici.

## **INTRODUZIONE AI PRINCIPALI ASPETTI FISICI, MATEMATICI, NUMERICI**

Equazioni di Navier-Stokes e approssimazioni tipiche della dinamica oceanica. Derivazione delle equazioni di diffusione della salinità e del calore. Set completo di equazioni del moto. Condizioni iniziali e al bordo. Classificazione delle equazioni differenziali alle derivate parziali del secondo ordine in ellittiche, iperboliche e paraboliche, analogia con le sezioni coniche, proprietà delle tre categorie, esempi. Risoluzione numerica col metodo delle differenze finite, schemi espliciti e impliciti, differenziazione spaziale e temporale, i grid sfalzati di Arakawa. Criteri di stabilità numerica. Cenni sulla risoluzione con metodi spettrali e agli elementi finiti. Cenni su applicazioni a problemi ellittici.

## **PROBLEMI IPERBOLICI: MODELLISTICA DI ONDE LUNGHE**

Un modello implicito di onde lunghe bidirezionali e sua risoluzione col metodo dello sweeping. Metodi di risoluzione dell'equazione di avvezione lineare: FTCS, Lax, leapfrog, Lax-Wendroff. Applicazione di quest'ultimo metodo al problema delle maree interne nello stretto di Gibilterra con un modello unidimensionale a due strati. Onde lunghe debolmente nonlineari e dispersive: introduzione ai principali aspetti matematici dei solitoni e delle onde cnoidali e alla loro fenomenologia. Equazioni KdV, PBBM e KP e loro risoluzione numerica. Applicazione ai solitoni in un canale e ai solitoni interni nel Mare di Alboran.

## **PROBLEMI PARABOLICI: MODELLISTICA DI PROCESSI DIFFUSIVI**

Metodi alle differenze finite per la risoluzione dell'equazione di diffusione unidimensionale: FTCS, leapfrog, Crank-Nicolson, Dufort-Frankel. Il caso multidimensionale. Risoluzione dell'equazione di avvezione-diffusione col metodo ADI. Analisi dell'evoluzione di una plume generata da un'immissione istantanea e da una continua, e confronto con soluzioni analitiche. Condizioni al bordo, rappresentazione delle coste. Applicazione allo sversamento di inquinanti in un'area costiera della Penisola Sorrentina e nella Baia di Bagnoli.

## **MODELLISTICA DELLA CIRCOLAZIONE OCEANICA**

Il problema generale della modellistica della circolazione oceanica. Introduzione dei principali aspetti dinamici mediante l'analisi dei modelli a strati e a gravità ridotta: caratteristiche, metodi di risoluzione e loro applicabilità. Esempi di applicazione a problemi di dinamica di grande scala nel Pacifico Settentrionale e di piccola scala in zone costiere del Mar Tirreno. I modelli oceanici di

circolazione generale, i principali community models. Il problema della risoluzione spaziale, il one/two-way nesting. I sistemi di discretizzazione verticale: modelli a strati/isopicni, a livelli, a coordinate-sigma. Modelli costieri: discussione delle loro principali caratteristiche, il Princeton Ocean Model (POM). Modelli globali e su scala di bacino: discussione delle loro principali caratteristiche, il Modular Ocean Model (MOM). Modelli a strati e isopicni: discussione delle loro principali caratteristiche. Parametrizzazione di effetti di sottoscala, il problema della chiusura della turbolenza. Schemi di chiusura del primo e del secondo ordine. Lo schema di Mellor-Yamada. Il problema dell'assimilazione dati nei modelli previsionali. Il ciclo analisi-previsione. Cenni sui vari metodi di assimilazione dati.

**PRE-REQUISITI:** Corso di “*Geofluidodinamica e Applicazioni Oceanografiche*” (o, equivalentemente, corsi di “*Geofluidodinamica*” e “*Oceanografia II*”)

**TESTI DI RIFERIMENTO:**

KANTHA, L.H., C.A. CLAYSON, 2000: *Numerical models of oceans and oceanic processes*. Academic Press, 940 pp.

GERVASIO L., S. PIERINI, A. VETRANO, 1993: *Models of turbulent diffusion in meteorology and oceanography. Part II: the Advection-Diffusion equation*. Annali Ist. Univ. Navale, LX, 17-32.

Appunti e materiale vario distribuiti durante il corso

**TESTI DI APPROFONDIMENTO:**

KOWALIK, Z., T.S. MURTY, 1993: *Numerical modeling of ocean dynamics*. World Scientific Publishing, 481 pp.

HAIDVOGEL, D.B., A. BECKMANN, 1999: *Numerical ocean circulation modeling*. Imperial College Press, 318 pp.