

Responsável: Rafael de Carvalho Bueno
Disciplina: Mecânica dos Fluidos II
Professor: Tobias Bleninger
Tema: Ondas Internas
Data: 29/05/2017
Contato: rafael.bueno.itt@gmail.com

Objetivos

Geral

Objetivo geral da aula é a introdução dos conceitos básicos sobre ondas internas em sistemas ambientais e a apresentação de uma das formas de modelagem de ondas internas em sistemas compostos por duas camadas.

Específicos

- Apresentação dos conceitos básicos sobre ondas internas e aplicações;
- Obtenção da relação de dispersão de uma onda interna em um sistema de duas camadas com apenas a primeira camada finita;
- Apresentação da diferença entre a solução baroclínica e barotrópica.

Conteúdos

O conteúdo desta aula é:

- Fundamentos básicos sobre ondas internas;
- Modelagem de ondas internas em sistemas de duas camadas.

Método

As estratégias adotadas para alcançar os objetivos são:

- Leitura e descrição do tema no quadro, com auxílio de recurso de multimídia para exemplificação do conteúdo através de vídeos e imagens;
- Solução de um ou dois exercícios relacionados ao tema. Adicionalmente serão providenciados mais exercícios para serem resolvidos em casa para auxiliarem na fixação do conteúdo;
- Consultas e debates para auxiliar no processo de aprendizagem do conteúdo.

Exercícios

Exercício 1: Considere que a região do oceano atlântico onde a onda interna se desenvolve tem 4 km de profundidade e o sistema tem duas camadas bem definidas, onde $\rho_1 = 1025 \text{ kg/m}^3$ e $\rho_2 = 1028 \text{ kg/m}^3$. A termoclina está localizada a 5 metros de profundidade. Utilizando a relação de dispersão

$$\omega^2 = \frac{kg\Delta\rho \sinh kH}{(\rho_1 \sinh kH + \rho_2 \cosh kH)} \quad (1)$$

- (a) Realize a simplificação para um sistema de primeira camada raso, onde $H \rightarrow 0$, e para um sistema profundo, onde $H \rightarrow \infty$.
- (b) Utilizando os dados do problema e considerando que o comprimento da onda interna é de $\lambda = 2$ km, encontre a razão entre a velocidade de fase da onda interna no sistema raso e profundo.

$$\frac{c_{profundo}}{c_{raso}} = \quad (2)$$

Exercício 2: Considerando a seguinte relação de dispersão

$$\left(\frac{\omega^2}{kg} - 1\right) \left(\frac{\omega^2}{kg} (\rho_1 \sinh kH + \rho_2 \cosh kH) - \Delta\rho \sinh kH\right) = 0 \quad (3)$$

e a relação geral das amplitudes das ondas, dada por:

$$b = \frac{a}{2} \left(\left(1 + \frac{gk}{\omega^2}\right) e^{-kH} + \left(1 - \frac{gk}{\omega^2}\right) e^{kH} \right) \quad (4)$$

onde a é a amplitude da onda superficial e b é a amplitude da onda interna.

- (a) Mostre a relação entre as amplitudes das ondas superficiais e das ondas internas para o modo barotrópico.
- (b) Mostre a relação entre as amplitudes das ondas superficiais e das ondas internas para o modo baroclínico.

Exercício 3: (considere que o modelo é adequado para este lago) Considerando um lago profundo de 105 metros estratificado termicamente através de duas camadas com massa específica $\rho_1 = 997$ kg/m³ e $\rho_2 = 1000$ kg/m³, onde a termoclina encontra-se a 5m da superfície, encontre o período de uma onda interna do primeiro modo baroclínico que ocorra neste lago, baseado na equação de dispersão 1. Considere o comprimento do lago de 8 km.

Referências

KUNDU, P. K.; COHEN, L. M. **Fluid mechanics**, 638 pp. Academic, Calif, 1990.

FOX, Robert W.; MCDONALD, Alan T.; PRITCHARD, Philip J. **Introduction to fluid mechanics**. New York: John Wiley Sons, 1985.

BATCHELOR, George Keith. **An introduction to fluid dynamics**. Cambridge university press, 2000.

ALFORD, Matthew H. et al. **The formation and fate of internal waves in the South China Sea**. Nature, v. 521, n. 7550, p. 65-69, 2015.