

Distribuído: 07/08/17

CC-299

Projeto No. 1

Entrega: 04/09/17

João L. F. Azevedo

2^o Semestre/2017

Considere um tubo de choque onde, inicialmente, do lado de baixa pressão tem-se ar em condições da atmosfera padrão ao nível do mar. Do lado de alta pressão, tem-se ar à mesma temperatura mas com pressão (p_4) superior àquela do lado de baixa pressão (p_1). Assuma uma malha de diferenças finitas unidimensional apropriada, e estude o transiente ao se romper o diafragma do tubo de choque. Admita ainda que o escoamento possa ser adequadamente descrito pelas equações de Euler em 1-D. Para alguns instantes após o rompimento do diafragma, compare seus resultados numéricos, utilizando os métodos listados a seguir, entre si e com a solução analítica do problema.

Métodos Numéricos

Os métodos numéricos que devem ser utilizados para a solução do problema proposto são os seguintes:

- Esquema de Beam-Warming. A idéia aqui é fazer, inicialmente, uma “implementação explícita” do algoritmo de Beam & Warming, *i.e.*, usar o método de Euler explícito para marcha no tempo e aproximações centradas para as derivadas espaciais. Teste o método inicialmente com um modelo de dissipação artificial de coeficientes constantes, e verifique o efeito de se utilizar (exclusivamente) termos de diferenças quartas ou de diferenças segundas nos termos de dissipação artificial. Posteriormente, implemente também o modelo de dissipação artificial não linear de Pulliam. Finalmente, implemente os termos implícitos no método (usando, por exemplo, termos de dissipação artificial de segunda diferença nestes termos implícitos), e verifique o quanto você consegue aumentar o passo no tempo (acima do limite de estabilidade linear do método explícito) sem, entretanto, degradar demasiadamente a solução do problema.
- Esquema de Lax-Wendroff (ver discussão em aula).
- Esquema explícito de MacCormack (sem separação de vetores de fluxo), ou seja, este é o esquema predictor-corrector original de MacCormack (MacCormack-1969).

Casos a Serem Estudados

Estude os seguintes casos:

$$\frac{p_4}{p_1} = 5, 10, 20 \text{ e } 50$$

Sugestões

- Utilize uma malha suficientemente extensa de forma que as perturbações nunca cheguem às extremidades do tubo de choque no intervalo de tempo considerado. Desta forma, você pode especificar todas as propriedades do fluido nas fronteiras (ou seja, utilizar condições de contorno do tipo Dirichlet).
- Lembre-se que você está resolvendo um problema transiente e, portanto, além das limitações de passo no tempo impostas pela condição de CFL (*i.e.*, estabilidade), você deve garantir que a sua solução possui precisão temporal suficiente.
- Lembre-se, também, que é sempre conveniente adimensionalizar as equações.
- Como sugestão, corra o programa até o tempo total de 1.0 s após o rompimento do diafragma. Neste caso, não se preocupe se o seu tubo de choque ficar “excessivamente longo”.