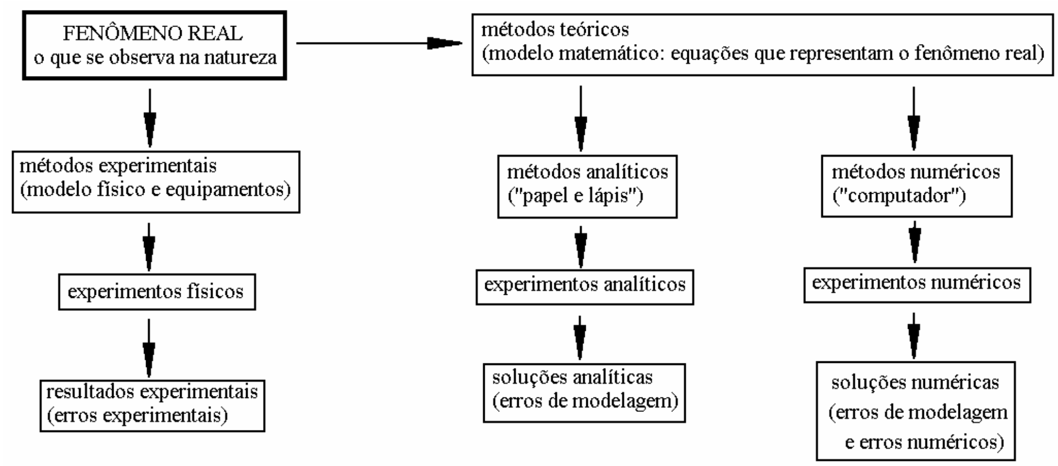
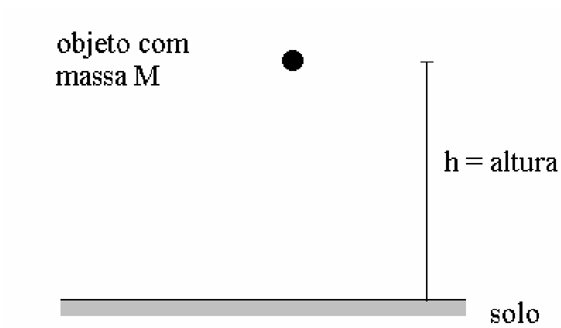
1. INTRODUÇÃO À CFD

1.1 Métodos de Solução de Problemas de Engenharia



Exemplo e problema: determinar o tempo (t) de queda de um objeto solto na vertical.



Solução com o método experimental:

1º - fabricar o objeto (modelo físico);

2º - realizar o experimento físico: soltar o objeto da altura **h** e medir **t** com um cronômetro (equipamento).

Modelo matemático para os métodos teóricos: $M\dfrac{d^2h}{dt^2} = P(peso) - D(arrasto)$

Solução com método analítico (sem considerar o arrasto):

$$M\frac{d^2h}{dt^2} = P(peso) \xrightarrow{solução} t = \sqrt{\frac{2h}{g}}$$

Solução com método numérico: usar, por exemplo, o método de Runge-Kutta.

1.2 CFD

CFD = *Computational Fluid Dynamics* (dinâmica dos fluidos computacional)

CFD é a área do conhecimento que trata da solução numérica de problemas envolvendo fluidos, com ou sem trocas de calor e reações químicas.

[ler exemplos da p.1 do livro do Versteeg, 2007, e mostrar aplicações do Fluent no site dele]

Principais métodos numéricos:

1º - volumes finitos
2º - diferenças finitas
3º - elementos finitos

1.3 Modelos Matemáticos nesta Disciplina

tipos de problemas:

- condução de calor
- difusão de quantidade de momento linear (QML)
- convecção de calor
- escoamento de fluido

mais simples: eq. de Poisson para condução de calor 1Dp

$$\frac{d^2T}{dx^2} + \frac{\dot{q}}{k} = 0$$

mais complexo: eqs. de Burgers para escoamento 2Dp

$$\mathrm{QML_x}: \quad \frac{\partial}{\partial x}(u^2) + \frac{\partial}{\partial y}(vu) = -\frac{1}{\rho}\frac{\partial p}{\partial x} + \nu\left(\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2}\right)$$

$$\mathrm{QML_y}: \quad \frac{\partial}{\partial x}(uv) + \frac{\partial}{\partial y}(v^2) = -\frac{1}{\rho}\frac{\partial p}{\partial y} + \nu\left(\frac{\partial^2 v}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 v}{\partial y^2}\right)$$

tipos de condições de contorno (CC):

- Dirichlet
- Neumann
- Robin

sistemas de coordenadas:
- cartesiano
- cilíndrico

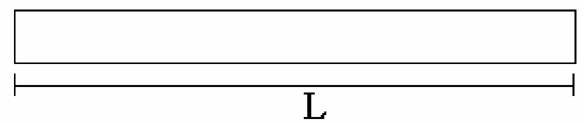
1.4 Etapas para Obter Soluções Numéricas

1º - definição do problema

- modelo matemático (equações, CC, CI)

$$\frac{d^2T}{dx^2} + \frac{\dot{q}}{k} = 0 \quad T(0) = T(L) = 0$$

- geometria do domínio de cálculo



- propriedades (sólidos, fluidos)

$[\dot{q}, k]$

- variáveis de interesse

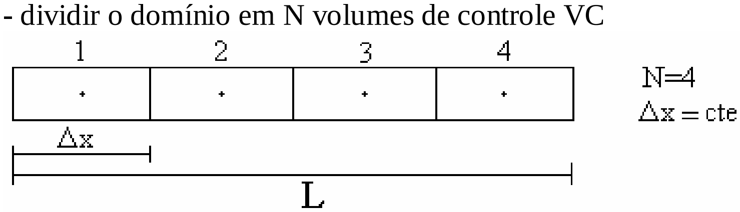
$[q]$

2º - definição do modelo numérico
principalmente:

- tipo de malha [uniforme, 1D]
- método numérico [volumes finitos]
- tipo de aproximação numérica [linear]
- algoritmo
- solver [Gauss-Seidel]

3º - geração da malha (discretização do domínio de cálculo)

- dividir o domínio em N volumes de controle VC



(malha é o conjunto dos N volumes de controle VC)

4º - discretização do modelo matemático

- realização de aproximações numéricas,

$$\frac{d^2T}{dx^2} \approx \frac{T_{i-1} + T_{i+1} - 2T_i}{\Delta x^2}$$

obtendo um sistema de equações algébricas

$$[A]_{NxN}[T]_{Nx1} = [B]_{Nx1}$$

5º - <u>obtenção de solução numérica</u>

O sistema de equações é resolvido através de um método direto ou iterativo

$$[T] = [A]^{-1}[B]$$

6º - <u>análise e visualização dos resultados</u>

- gráficos

- figuras