

EM 524 - FENÔMENOS DE TRANSPORTE

Aula 12

Dra. Rosângela Zanoni Moreno
Universidade Estadual de Campinas
Faculdade de Engenharia Mecânica
Departamento de Engenharia de Petróleo
Cx.P. 6122 , Campinas – SP. CEP 13083-970
e-mail: zanoni@dep.fem.unicamp.br

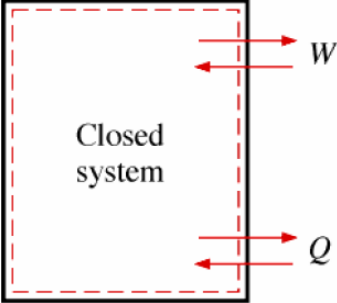
EM 524 - FENÔMENOS DE TRANSPORTE

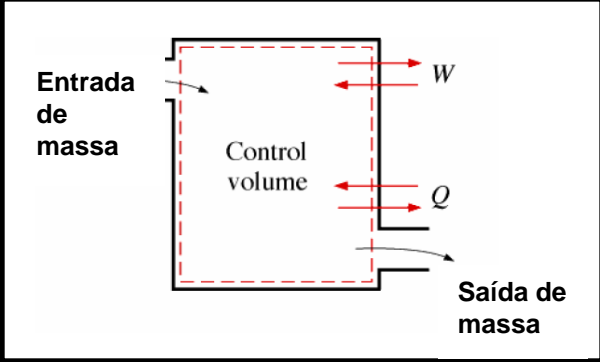
Aula 12

As informações abaixo têm como objetivo auxiliar o aluno quanto à organização dos tópicos principais abordados em sala e não excluem a necessidade de estudo e de complementação de conhecimentos através das referências indicadas na Agenda da Aula ou no Programa do curso.

Dra. Rosângela B. Z. L. Moreno
DEP/FEM –Bloco C/ Piso 3/ Sala 306
e-mail: zanoni@dep.fem.unicamp.br

- **Revisão**
 - Leis de Conservação para **Sistema**
 - Leis de Conservação para **Volume de Controle**
- **Exercícios**
- **2ª. Lei para Volume de Controle**
- **Conservação de Energia**

Leis de Conservação - Sistema		
Massa	$\frac{dm}{dt} = 0$	
Momento	$\sum \vec{F} = \frac{d}{dt}(m \vec{v})$	$\sum \vec{T} = \frac{d}{dt}(I \vec{\Omega})$
Energia	$dE = \delta Q - \delta W,$	$\frac{dE}{dt} = \dot{Q} - \dot{W}$
Entropia	$dS = \frac{\delta Q}{T} + \delta I,$	$\frac{dS}{dt} = \frac{\dot{Q}}{T} + \dot{I}$

Leis de Conservação - Volume de Controle		 <p>The diagram illustrates a control volume (CV) as a dashed red rectangle. An arrow labeled 'Entrada de massa' (mass input) points into the CV from the left. Two arrows labeled 'W' and 'Q' point out of the CV to the right, representing work and heat transfer respectively. An arrow labeled 'Saída de massa' (mass output) points out of the CV from the bottom right.</p>
Massa	$\frac{dm}{dt} = (\dot{m})_{saindo} - (\dot{m})_{entrando}$	
Momento	$\sum \vec{F}_{VC} = \frac{d(m\vec{v})}{dt} \Big _{CV} + (\dot{m}\vec{v})_{saindo} - (\dot{m}\vec{v})_{entrando}$	
Energia	$\dot{Q}_{VC} - \dot{W}_{VC} = \frac{dE}{dt} \Big _{CV} + \dot{m} \left[h + \frac{v^2}{2} + gz \right]_{saindo} - \dot{m} \left[h + \frac{v^2}{2} + gz \right]_{entrando}$	
Entropia	$\frac{dS_{VC}}{dt} = \frac{\dot{Q}}{T} + \dot{I} + (s\dot{m})_{entrando} - (s\dot{m})_{saindo}$	

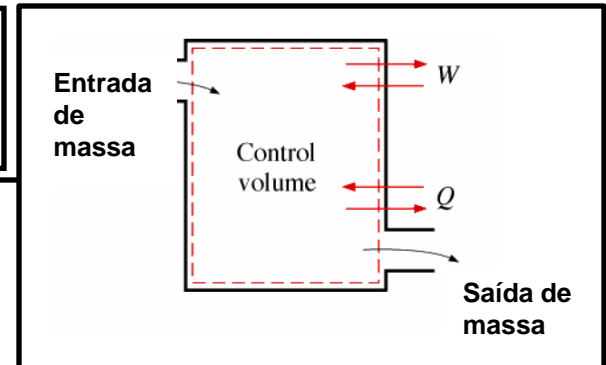
Conservação de massa

$$\frac{dm}{dt} = (\dot{m})_{\text{saindo}} - (\dot{m})_{\text{entrando}}$$

Fluxo de massa saindo no V.C.

Fluxo de massa entrando no V.C.

Taxa de mudança de massa no V.C.



Conservação de momento

$$\sum \vec{F}_{VC} = \frac{d(m\vec{v})}{dt} \Big|_{CV} + (\dot{m}\vec{v})_{saindo} - (\dot{m}\vec{v})_{entrando}$$

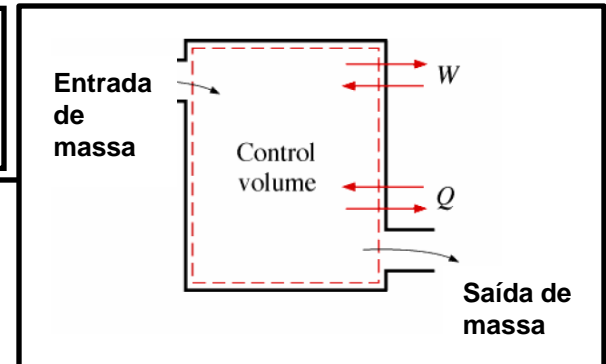
Quantidade de movimento
do fluido que entra no V.C.

Quantidade de movimento do fluido que sai do V.C.

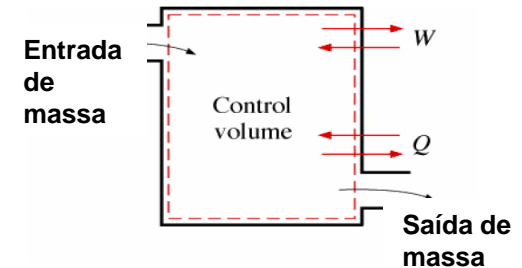
Taxa de mudança da quantidade de movimento
momento dentro do V.C.

Força líquida agindo sobre o fluido no V.C.

$$\sum \vec{F}_{VC} = F_{grav} + F_{pres} + F_{visc} \quad \text{ou} \quad \sum \vec{F}_{VC} = \rho g V + \iint_{SC} (-n)p dA + \iint_{SC} \tau dA$$



Conservação de energia



$$\dot{Q}_{VC} - \dot{W}_{VC} = \frac{d(m\vec{v})}{dt}\bigg|_{CV} + \dot{m} \left[\underbrace{h + \frac{v^2}{2} + gz}_{\text{saíndo}} \right] - \dot{m} \left[\underbrace{h + \frac{v^2}{2} + gz}_{\text{entrando}} \right]$$

Energia entrando no V.C. por unidade de massa

Energia saindo do V.C. por unidade de massa

Taxa de mudança de energia dentro do V.C.

Taxa de Trabalho realizado pelo fluido no V.C.

Taxa de Calor adicionado ao V.C.

Conservação de entropia

$$\frac{dS_{VC}}{dt} = \frac{\dot{Q}}{T} + \dot{I} + (s \dot{m})_{entrando} - (s \dot{m})_{saindo}$$

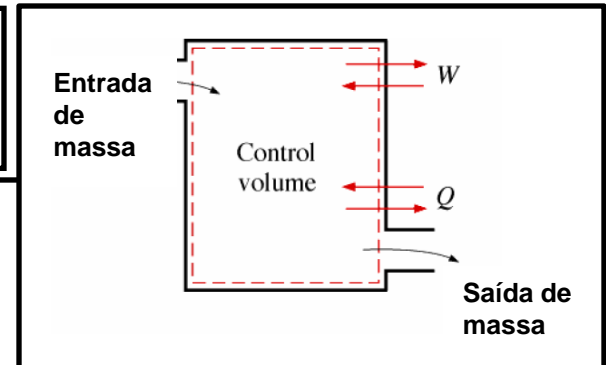
entropia saindo no V.C.

entropia entrando no V.C.

Irreversibilidade produzidas dentro do V.C.

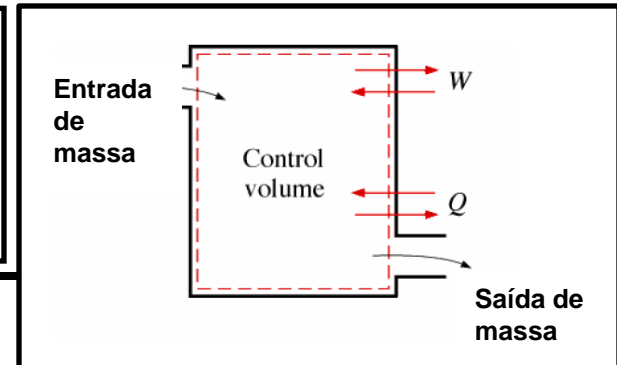
Razão entre a taxa de transferência de calor para o V.C. pela temperatura da superfície de transferência.

Taxa de mudança de entropia dentro do V.C.



Leis de Conservação - Volume de Controle

Regime Permanente



Massa	$(\dot{m})_{saíndo} = (\dot{m})_{entrando}$
Momento	$\sum \vec{F}_{VC} = (\dot{m} \vec{v})_{saíndo} - (\dot{m} \vec{v})_{entrando}$
Energia	$\frac{\dot{Q}_{VC}}{\dot{m}} - \frac{\dot{W}_{VC}}{\dot{m}} = \left[h + \frac{v^2}{2} + gz \right]_{saíndo} - \left[h + \frac{v^2}{2} + gz \right]_{entrando}$
Entropia	$(s \dot{m})_{saíndo} - (s \dot{m})_{entrando} = \frac{\dot{Q}}{T} + \dot{I}$

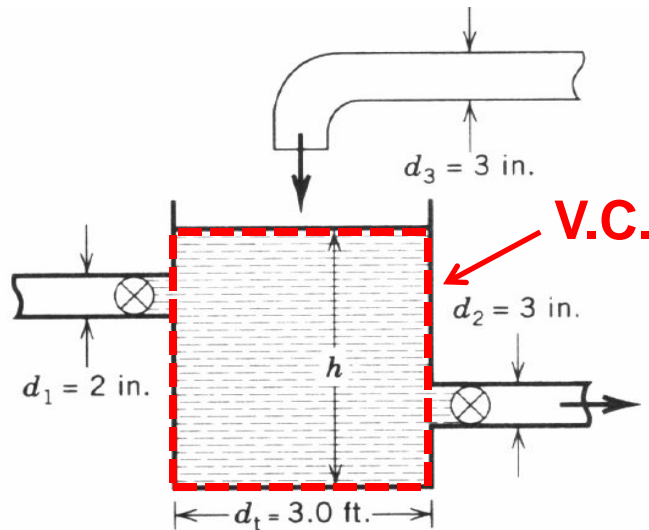
Exemplo 5.9

Figure P5-9 Water distribution tank.

Dados:

$$V_1 = 10 \text{ ft/s}$$

$$Q_3 = 0.35 \text{ ft}^3/\text{s}$$

Pede-se:

$$V_2 = ?$$

$$(\rho VA)_2 - (\rho VA)_1 - (\rho VA)_3 = 0$$

$$\therefore V_2 = \frac{V_1 d_1^2 + V_3 d_3^2}{d_2^2}$$

Conceitos Necessários:

- *Balanço de Massa*

*Soluções na lousa e
no livro-texto!*

Aula 12

Livro Texto:

- Schmidt, F. W., Henderson, R. E., Wolgemuth, C. H., "Introduction to Thermal Sciences - Thermodynamics, Fluid Dynamics, Heat Transfer", John Wiley, 1993.
- Schmidt, F. W., Henderson, R. E., Wolgemuth, C. H., "Introdução às Ciências Térmicas", Editora Edgar Blücher Ltda, 1996. **Cap. 5.**

Outros livros sobre o assunto:

- Moran, Shapiro, Munson and Dewitt, "Introdução à Engenharia de Sistemas Térmicos", LTC, 2005
- Potter and Scott, "Ciências Térmicas: Termodinâmica, Mecânica dos Fluidos e Transmissão de Calor", Thomson, 2007
- Turner and Cengel, "Fundamentals of Thermal-Fluid Sciences", McGraw Hill, 2004
- Sissom and Pitts, "Fenômenos de Transporte", LTC, 1979
- Livenspiel, O., "Termodinâmica Amistosa para Engenheiros", Editora Edgar Blucher Ltda, 2002.
- Fox and McDonald, "Introdução à Mecânica dos Fluidos", 5ed, LTC editora, 1998.
- Çengel and Boles, "Thermodynamics: an Engineering Approach", 4th ed, McGraw Hill 2002.