

# Fenômenos de Transporte – FEN03-02040

José Pontes<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Engenharia Mecânica  
Faculdade de Engenharia/UERJ  
jopontes@uerj.br

2º período, 2016



# Conteúdo

## O curso

Conteúdo da disciplina

Normas

Bibliografia

## Introdução histórica

Etapas do desenvolvimento da ciência moderna

Idade Média

Renascimento, Períodos Clássico e Barroco

O Século XVIII - Alto Barroco, Iluminismo e o apogeu da Mecânica

O Século XIX

O Século XX



# Conteúdo da disciplina

1. Introdução histórica;
2. Revisão de conceitos do cálculo vetorial;
3. Revisão de conceitos da termodinâmica clássica;
4. Mecânica dos Fluidos;
  - ▶ Conservação da massa;
  - ▶ Conservação da quantidade de movimento;
  - ▶ Conservação da energia;
  - ▶ Escoamentos viscosos;
  - ▶ Escoamentos compressíveis;
5. Transferência de calor e massa;



# Normas do curso

## Avaliações :

1. 3 provas + prova de reposição , opcional, na última semana (**reposição substitui uma das três provas**);
2. Aprovação :
  - ▶  $(P1 + P2 + P3)/3 \geq 7$
  - ou:
  - ▶  $\frac{(P1 + P2 + P3)/3 + \text{Prova final}}{2} \geq 5$
3. Condição para exame final: Média das 4 provas  $\geq 3$
4. Para a realização das provas: identificar-se por cart. identidade, ou cart. motorista, etc.








# Bibliografia I

-  Pontes, José e Mangiavacchi, Norberto  
*Fenômenos de Transferência – Com Aplicações às Ciências Físicas e à Engenharia. Volume 1: Fundamentos*  
Submetido: Soc. Bras. Matemática, 2016  
Versão disponível: 20012.
-  G. K. Batchelor.  
*An Introduction to Fluid Mechanics.*  
Cambridge, 1994.
-  Panton, R. L..  
*Incompressible Fluid Flow.*  
Wiley, 2005.
-  L. D. Landau and E. M. Lifshitz.  
*Fluid Mechanics.*  
Pergamon, New York, 1959.



# Bibliografia II

-  Bird, R. B., Stewart, W. E. e Lightfoot, E. N.  
*Transport Phenomena.*  
Wiley, 1960.
-  White, F. M.  
*Fluid Mechanics.*  
McGraw-Hill, 1994.
-  Fox, R. W., McDonald, A. T. e Pritchard, P. J.  
*Introdução à Mecânica dos Fluidos.*  
Livros Técnicos e Científicos, 2006.
-  Incropera, F. P. e De Witt, D. P.  
*Fundamentos de Transferência de Calor e Massa.*  
Livros Técnicos e Científicos, Rio de Janeiro, 1998.
-  Geiger, G. H. e Poirier, D. R.  
*Transport Phenomena in Metallurgy.*  
Addison-Wesley, 1973.



# Bibliografia III



Szekely, J. e Themelis, N. J.

*Rate Phenomena in Process Metalurgy.*

Wiley, 1971.



Prigogine, Ilya e Stengers, Isabelle

*A Nova Aliança (Order out of Chaos, Man's New Dialogue with Nature).*

Gradiva, 1987.



Truesdell, C.

*História da Mecânica Clássica – Parte I, até 1800.*

*J. of the Braz. Soc. of Mech. Sci. & Eng.*, 4(2):3–17, 1982.



# Bibliografia IV



Truesdell, C.

*História da Mecânica Clássica – Parte II, os séculos XIX e XX.*

*J. of the Braz. Soc. of Mech. Sci. & Eng.*, 4(3):3–21,1982.



Lighthill, J.

*The recently recognized failure of predictability in Newtonian dynamics.*

*Proc. R. Soc. Lond.*, A(407):35–50,1986.





# Etapas do desenvolvimento da ciência moderna

1. Idade Média;
2. Séculos XV - XVI: Renascimento;
3. Séculos XVII - XXVIII: Períodos Clássico/Barroco, a Revolução Industrial e a Revolução Francesa);
4. Século XVIII: Racionalismo e Iluminismo;
5. Século XIX: Romantismo/Impressionismo;
6. Século XX.



# Séculos. XIII e XIV

- ▶ **Jordanus de Nemore – Sec. XIII:**
  - ▶ O peso de um corpo diminui quando o mesmo cai em uma direção oblíqua em relação à vertical;
  - ▶ Estudo da resistência ao movimento de corpos imersos na água e no ar.
- ▶ **William Heytesbury, Richard Swinshead e John of Dumbleton – Sec. XIV:**
  - ▶ Estudo da cinemática e da Dinâmica: descrição do movimento e de suas causas;
  - ▶ Noção de **velocidade instantânea**.

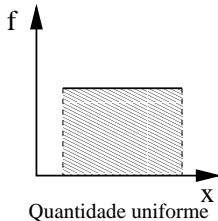
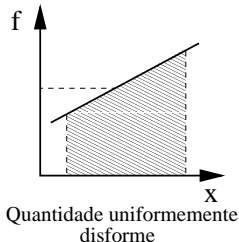


# Século XIV

## ► Nicolas Orème – Sec. XIV:

- Representação gráfica de grandezas físicas;
- Primeiras noções de integral:

Uma *Quantidade Uniformemente Disforme* produz o mesmo efeito que uma *Quantidade Uniforme*, de mesmo valor médio:



# Séculos XV a XVII

## Séculos XV a XVII: Os fundamentos da mecânica.

- ▶ **Leonardo da Vinci (1452-1519):** Projeto de máquinas;
- ▶ **Kepler (1571 – 1630):** Leis do movimento planetário – Os corpos celestes varrem áreas iguais em tempos iguais;
- ▶ **Galileu Galilei (1564-1642):**
  - ▶ Heliocentrismo;
  - ▶ Movimento dos corpos sob ação do peso;
  - ▶ Fundação da **Mecânica Racional**:

$$v = f(h) \quad \Longleftrightarrow \quad h = f(v)$$

- ▶ **Isaac Newton (1643-1727):** Leis do movimento;



## Leonhard Euler (1707-1783):

- ▶ Os princípios de conservação da quantidade de movimento linear e angular;
- ▶ Noção de pressão em um ponto;
- ▶ Equação de Bernoulli;
- ▶ Equação da continuidade (conservação da massa);
- ▶ Equação de Euler (conservação da quantidade de movimento sem efeitos viscosos).



# O Século XVIII

**Século XVIII:** Predominância da escola de matemáticos franceses – o barroco da ciência e o apogeu da mecânica.

- ▶ **Daniel Bernoulli (1700-1782):** invenção do termo *Hidrodinâmica*;
- ▶ **Johann Bernoulli (1667-1748):** invenção do termo *Hidráulica*;
- ▶ **Jean D'Alembert (1717-1783):**
  - ▶ Noção de equação a derivadas parciais;
  - ▶ Resolução de equações diferenciais a derivadas parciais (EDP);
  - ▶ Descoberta da equação de ondas:  $\frac{\partial^2 f}{\partial t^2} = a^2 \frac{\partial^2 f}{\partial x^2}$



# O Século XIX

## Século XIX: Declínio da mecânica.

- ▶ **Na política:** Laplace é ministro de Napoleão ;
- ▶ **Nas ciências:** surgimento da Termodinâmica, do Eletromagnetismo e da Física Moderna;
- ▶ **Nas artes:** O Romantismo, como reação ao Iluminismo, o Impressionismo.



# O Século XIX

- ▶ **Joseph Fourier (1768-1803):**

- ▶ Condução de Calor em Sólidos;
- ▶ Lei de Fourier (1806) – fundação da **Termodinâmica**:

$$q = -\kappa \frac{dT}{dx};$$

- ▶ **Stokes (1819-1903):** Equação do movimento de fluidos viscosos (**Equação de Navier-Stokes**).





# Fim do Século XIX – Século XX

- ▶ **1897:** Descoberta do eletron;
- ▶ **1900:** A existência de átomos era bastante difundida, mas não totalmente aceita;
- ▶ **Henry Poincaré (1819-1903):**
  - ▶ Condições suficientes para a periodicidade do movimento de corpos celestes – Fim do determinismo mecanicista;
  - ▶ Noção de **Espaço de Fases**;
- ▶ **1925 – Heisenberg:** O princípio de incerteza e a Mecânica Quântica.



# Século XX

## **Mecânica dos fluidos:**

- ▶ Sustentação aerodinâmica (Lanchester-Prandtl);
- ▶ Camada Limite (Prandtl);
- ▶ Limite de estabilidade dos escoamentos (Reynolds);
- ▶ Hipótese sobre a origem da turbulência (Landau – 1944).

## **Matemática:**

- ▶ Teoria de sistemas dinâmicos: caos determinístico.

