



PME 3100 – Mecânica I

Introdução

Francisco J. Profito
fprofito@usp.br

Informações do Professor

❑ Formação

- Engenheiro Mecânico (2008), EPUSP
- Mestrado (2010), EPUSP
- Doutorado (2015), EPUSP + Imperial College London (UK)

❑ Linhas de Pesquisa

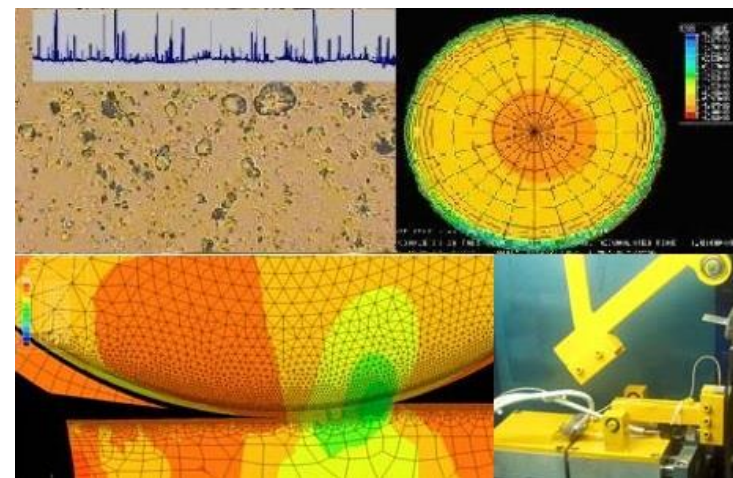
- Laboratório de Fenômenos de Superfícies (**LFS-EPUSP**);
- **Tribologia**: Atrito, Lubrificação e Desgaste de corpos em contato;
- Lubrificação e Mecânica do Contato
- Caracterização de Superfícies;
- Modelagem Matemática e Simulação Computacional
- Mancais de Deslizamento, Motores de Combustão Interna, Compressores Alternativos Herméticos, Turbinas Eólicas

Francisco José Profito

Departamento de Engenharia Mecânica (PME)
Escola Politécnica da Universidade de São Paulo

Sala: ES-23

E-mail: fprofito@usp.br



Informações Gerais da Disciplina

❑ Disciplina dividida em 3 partes (ver programa da disciplina no Moodle):

- Sistemas de Esforços e Estática;
- Cinemática da Partícula e do Corpo Rígido;
- Dinâmica da Partícula, Sistemas de Partículas e Corpo Rígido.

Datas das provas no programa da disciplina no Moodle.

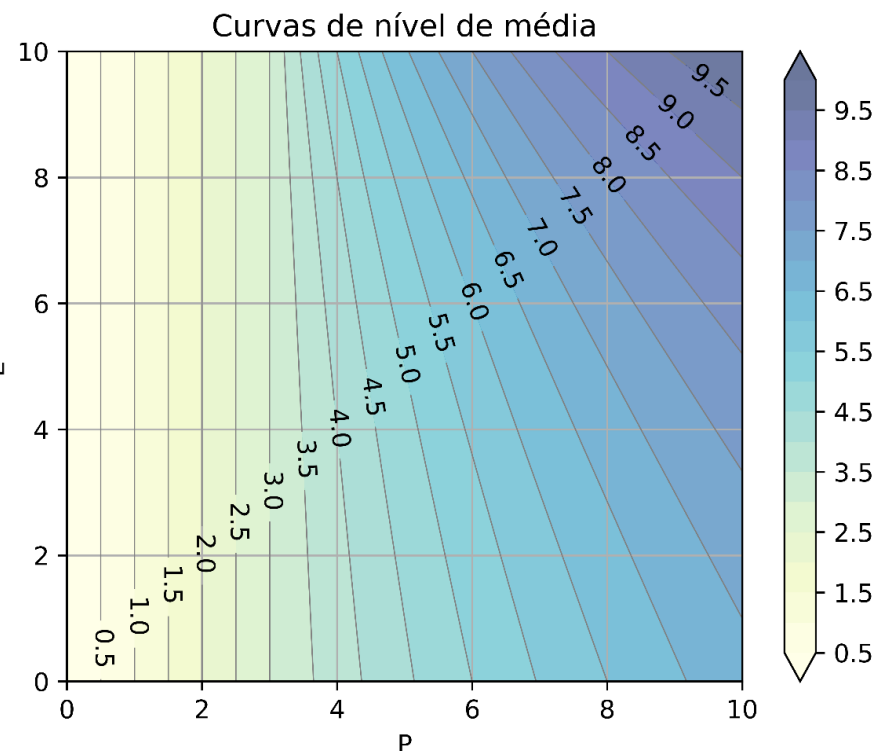
❑ Critério de avaliação

- Nota em primeira avaliação: $NF_1 \geq 5.0$ e $\text{Freq.} \geq 70\%$

$$NF_1(P, E) = \begin{cases} \frac{15P - 3E}{12 + P - E}, & \text{se } P > 3 \\ P, & \text{se } P \leq 3 \end{cases} \quad P = \frac{2P_1 + 2P_2 + 3P_3}{7}$$

E : média das (n-1) melhores notas de atividades realizadas remotamente*.

- Prova substitutiva **semiaberta**;
- Nota em segunda avaliação: $NF_2 = \max\left(\frac{NF_1 + P_{\text{REC}}}{2}, NF_1\right) \geq 5.0$



Informações Gerais da Disciplina

❑ Bibliografia

- 1) França, L. F., Matsumura, A. Z. **Mecânica Geral** (3ª ed.). Edgard Blücher, 2011.
- 2) Meriam, J. L., Kraige, L. G., Bolton, J. N. **Mecânica para Engenharia – Estática** (9ª ed.). LTC, 2022.
- 3) Meriam, J. L., Kraige, L. G., Bolton, J. N. **Mecânica para Engenharia – Dinâmica** (9ª ed.). LTC, 2022.
- 4) Tenenbaum, R. A. **Dinâmica Aplicada** (3ª ed.). Manole, 2006.
- 5) Beer, F. P., Jonhston, E. R., Mazurek, D. **Mecânica Vetorial para Engenheiros – Estática** (11ª ed.). AMGH, 2019.
- 6) Beer, F. P., Jonhston, E. R., Mazurek, D. **Mecânica Vetorial para Engenheiros – Dinâmica** (11ª ed.). AMGH, 2019.
- 7) Hibbeler, R.C. **Mecânica para Engenharia – Estática** (14ª ed.). Pearson Universidade, 2017.
- 8) Hibbeler, R.C. **Mecânica para Engenharia – Dinâmica** (14ª ed.). Pearson Universidades, 2017.
- 9) Giacaglia, G. E. **Mecânica Geral** (10ª ed.). Campus, 1982.
- 10) Boulos, P., Zagottis, D. **Mecânica e Cálculo: Um Curso Integrado – Volume 1** (2ª ed.). Edgard Blucher, 2000.

❑ Toda comunicação pelo Moodle da disciplina (canal de diálogo).

❑ Site da disciplina: <http://sites.poli.usp.br/d/pme3100/>

Informações Complementares

- ❑ Disciplina de caráter **CONCEITUAL e de FORMAÇÃO**; “*não irá se projetar um foguete*”, porém serão apresentados problemas de Mecânica mais próximos do mundo real de Engenharia.
- ❑ Carga didática muito elevada apesar dos 6 créditos.
- ❑ Responsabilidade do aluno:
 - Frequência nas aulas (será cobrada lista de presença);
 - Atitude proativa na aprendizagem: o aluno é protagonista de sua aprendizagem;
 - Resolução de exercícios (listas e provas passadas);
 - Revolver exercícios ao invés de tentar entender a solução (Mecânica Geral é uma disciplina ‘traíçoeira’);
 - NÃO focar somente nas equações e NÃO se satisfazer apenas em obter as respostas corretas; ou seja, verificar também se **entendeu fisicamente** a solução (interpretação dos resultados).

Objetivos da Disciplina

- ❑ Apresentar os conceitos fundamentais da Mecânica Clássica por meio de um formalismo matemático mais rigoroso (Álgebra Vetorial → Mecânica Vetorial).
- ❑ Generalizar os conceitos da Mecânica Clássica para a solução de problemas mais complexos de engenharia
- ❑ Analisar sistemas mecânicos e estruturas em equilíbrio estático.
- ❑ Apresentar os teoremas fundamentais da mecânica Newtoniana para partícula, sistemas de partículas e corpos rígidos:
 - Teorema da Quantidade de Movimento (TQM);
 - Teorema da Quantidade de Movimento Angular (TQMA)
 - Teorema da Energia Cinética (TEC)
 - Teorema da Quantidade de Impulso (TQI)
 - Teorema do Momento dos Impulsos (TQM)
- ❑ Desenvolver habilidades para a compreensão e interpretação física do movimento de corpos rígidos no espaço.

} Mecânica I

} Mecânica II



PME 3100 – Mecânica I

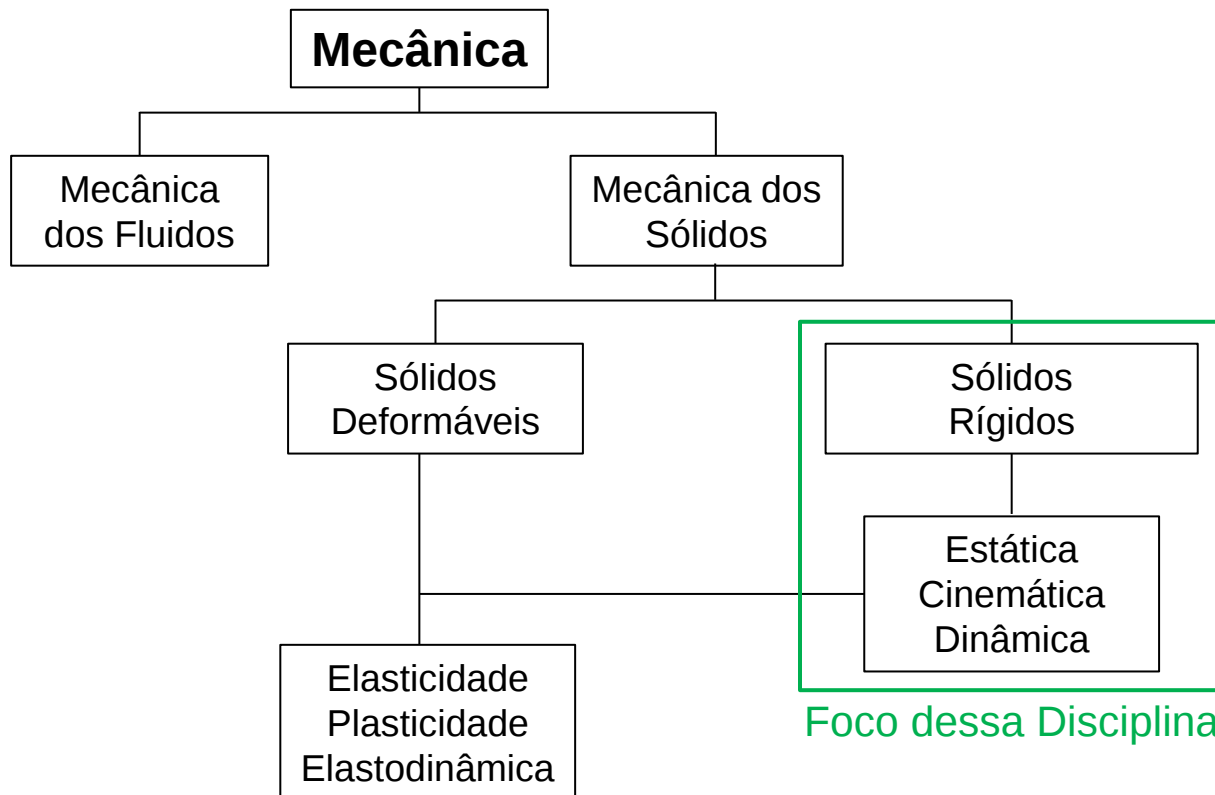
Introdução à Mecânica Clássica

Prof. Francisco J. Profito
fprofito@usp.br

Introdução à Mecânica

O que é Mecânica?

“É a ciência que estuda a interação entre corpos materiais sujeitos à ação de estímulos (e.g. forças, momentos, temperatura, etc.), bem como os efeitos provocados por tal interação (e.g. movimento, deformações, tensões internas etc.).”



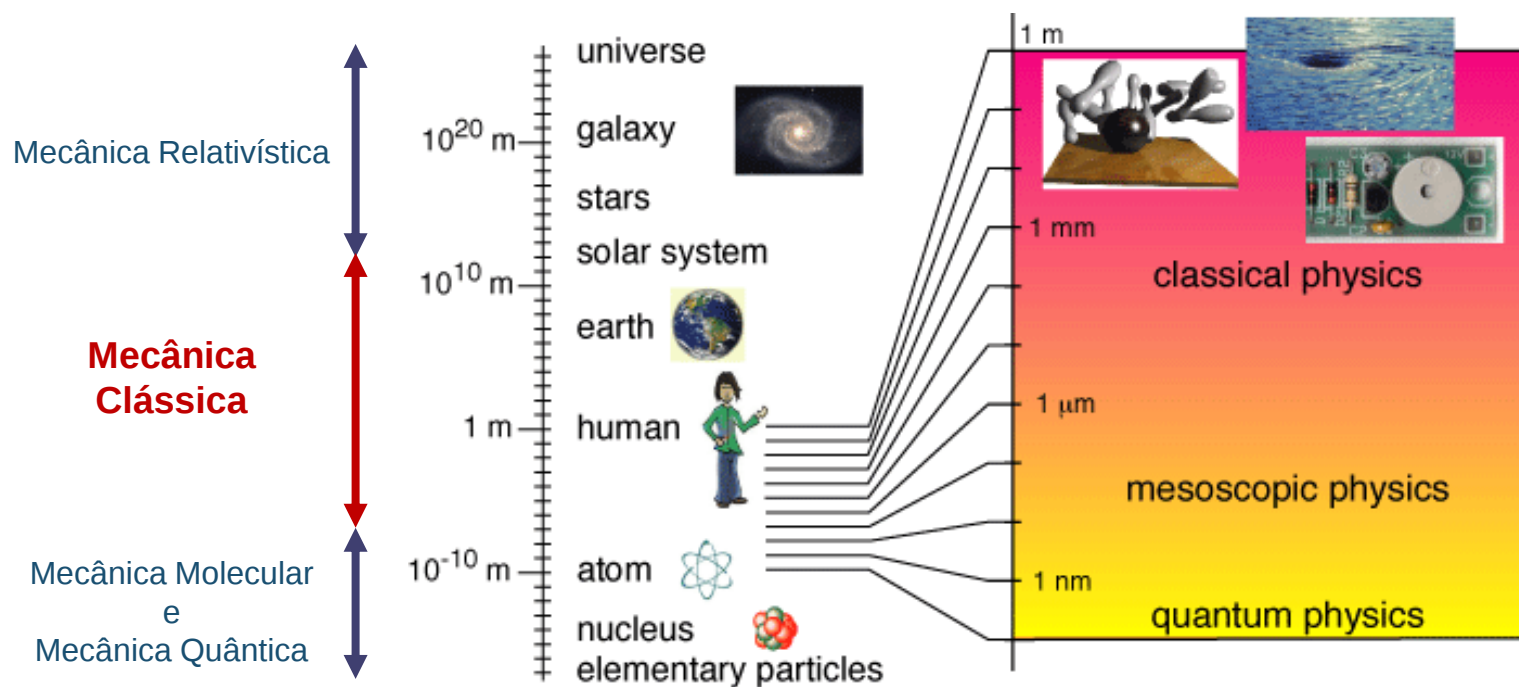
Foco dessa Disciplina

- **Estática:** estudo de sistemas mecânicos e estruturais em equilíbrio estático.
- **Cinemática:** descrição geométrica do movimento sem a preocupação com as causas do movimento.
- **Dinâmica:** estudo do movimento de corpos sujeitos à ação de esforços.

Introdução à Mecânica

O que é Mecânica Clássica?

*“É o ramo da Mecânica fundamentado nas Leis de Newton...(Euler, Lagrange, Hamilton...).
Não considera efeitos relativísticos e quânticos.”*



Mecânica Clássica → satisfatória para a solução da maioria dos problemas reais de Engenharia.

Modelagem Matemática

O que é um modelo matemático?

❑ **engenheiro = especialista em modelagem**

- Qual a tarefa primordial do engenheiro? **Resolver problemas!**
- Como? **Através da melhor compreensão da realidade física, geralmente complexa.**
- Ferramenta: **Uso de 'modelos' simplificados que aproximam a realidade.**

❑ Modelagem matemática consiste em descrever os fenômenos físicos relevantes de um dado sistema por meio de equações matemáticas.

❑ Tais equações são definidas a partir de princípios físicos fundamentais, tais como: conservação da massa, princípio da quantidade de movimento, princípio da quantidade de movimento angular, conservação da energia, etc.

Modelagem Matemática

Para que servem os modelos matemáticos? ‘Por que complicar as coisas’?

- ☐ Melhor compreensão do comportamento de sistemas físicos (e.g. mecânicos)
- ☐ Previsão do funcionamento de sistemas quando seus parâmetros são alterados (e.g. suspensão de automóvel)
- ☐ Essencial para a aplicação de sistemas de controle (e.g. suspensões ativas, controle de injeção de MCIs, controle de aeronaves, robótica, etc.).
- ☐ Otimização de sistemas (e.g. aumento de eficiência energética de MCIs, aumento da resistência mecânica e diminuição da massa de componentes, etc.).
- ☐ Análise da propensão a falhas em sistemas quando sujeitos a diferentes condições de operação.
- ☐ Diminuição de testes laboratoriais e do custo/tempo de projetos de engenharia (simulação computacional).

Modelagem Matemática

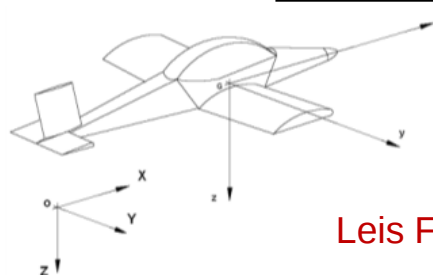
Modelagem Matemática em Engenharia

Sistema Físico Real



Hipóteses

Sistema Físico Idealizado

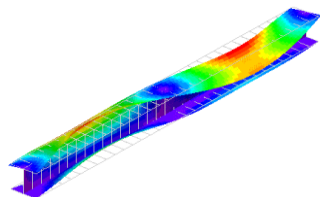
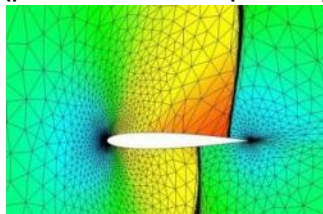
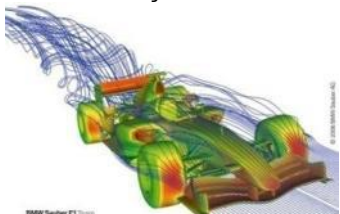


Leis Físicas

Nesta disciplina:
foco apenas em
problemas de
Mecânica
Clássica

Solução do problema matemático:

- soluções analíticas (problemas simples)
- soluções numéricas (problemas complexos)



Modelo Matemático

$$\begin{aligned} \frac{\partial \eta}{\partial t} + \frac{\partial(\eta u)}{\partial x} + \frac{\partial(\eta v)}{\partial y} &= 0 \\ \frac{\partial(\eta u)}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\eta u^2 + \frac{1}{2} g \eta^2 \right) + \frac{\partial(\eta u v)}{\partial y} &= 0 \\ \frac{\partial(\eta v)}{\partial t} + \frac{\partial(\eta u v)}{\partial x} + \frac{\partial}{\partial y} \left(\eta v^2 + \frac{1}{2} g \eta^2 \right) &= 0 \end{aligned}$$

Condições de
Contorno