

**PME 3330 - MECÂNICA DOS FLUIDOS II - GRANDE ÁREA MECÂNICA / NAVAL**  
**Programa detalhado tentativo – 1º Semestre de 2017**  
**Turmas 02, 03**

|                        | <b>Segunda feira, 09:20-11h</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | <b>Quinta feira, 13:10-14:50h</b>                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>06/03<br/>09/03</b> | <i>Cinemática da partícula fluida:</i> Noção de campo, descrição euleriana, derivada material. Movimento da partícula fluida: tensores de gradiente do campo de velocidades, taxa de deformação e vorticidade. Taxa de variação de volume. Equação da continuidade.<br><b>Referência para estudo: White, 1º e 4º Capítulo.</b>                  | Exercícios de aplicação.                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| <b>13/03<br/>16/03</b> | <i>Dinâmica da partícula fluida:</i> Forças volumétricas, de área e de contato. Tensor de tensões: pressão e tensões viscosas. Fluido ideal: equações de Euler e equação de Bernoulli.<br><b>Referência para estudo: White, 4º Capítulo.</b>                                                                                                    | Exercícios de aplicação.                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| <b>20/03<br/>23/03</b> | <i>Equações de Navier-Stokes:</i> Fluido newtoniano, equações de Navier-Stokes. Escalas, ordens de magnitude e adimensionais (números de Reynolds, Froude, Strouhal).<br><b>Referência para estudo: White, 4º e 5º Capítulos.</b>                                                                                                               | <i>Equações de Navier-Stokes (continuação):</i> Soluções analíticas: problemas de Couette, Poiseuille e Rayleigh.<br>Exercícios de aplicação.<br><b>Referência para estudo: White, 4º e 5º Capítulos.</b>                                                                                                   |
| <b>27/03<br/>30/03</b> | <i>Equações de Navier-Stokes (continuação):</i> Escoamentos de inércia desprezível. Lubrificação. Problema de Stokes.<br><b>Referência para estudo: White, 4º e 5º Capítulos.</b>                                                                                                                                                               | Exercícios de aplicação.                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| <b>03/04<br/>06/04</b> | <i>Vorticidade:</i> Equações de vorticidade de Helmholtz. Leis de vorticidade de Helmholtz.                                                                                                                                                                                                                                                     | <i>Vorticidade (continuação).</i> Teorema de circulação de Kelvin. Escoamentos secundários.<br>Exercícios de aplicação.                                                                                                                                                                                     |
| <b>10/04<br/>13/04</b> | <b>Semana Santa (não haverá aula).</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | <b>Semana Santa (não haverá aula).</b>                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| <b>17/04<br/>20/04</b> | <b>1ª PROVA</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | <i>Camada limite laminar:</i> Equações de Prandtl. Separação da camada limite. <b>Referência para estudo: White, 7º Capítulo.</b>                                                                                                                                                                           |
| <b>24/04<br/>27/04</b> | <i>Camada limite laminar (continuação):</i> Solução de Blasius. Espessura de deslocamento, espessura de momento.                                                                                                                                                                                                                                | Exercícios de aplicação.                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| <b>01/05<br/>04/05</b> | <b>Dia do Trabalho (não haverá aula)</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | <i>Turbulência:</i> Equações médias da turbulência. Tensão de Reynolds. Problema de fechamento. Conceitos de modelos de turbulência.<br><b>Referência para estudo: White, 6º e 7º Capítulos.</b>                                                                                                            |
| <b>08/05<br/>11/05</b> | <i>Camada limite turbulenta:</i> Estrutura turbulenta de cisalhamento. Hipótese de Boussinesq, comprimento de mistura de Prandtl, lei da parede, perfil logarítmico universal.<br><b>Referência para estudo: White, 6º e 7º Capítulos.</b>                                                                                                      | Exercícios de aplicação.                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| <b>15/05<br/>18/05</b> | <i>Camada limite:</i> Equação integral de Von Karman. Aplicações a camadas limite laminar e turbulenta em placa plana.                                                                                                                                                                                                                          | <i>Camada limite (continuação):</i> Influência da turbulência na camada limite: força de arrasto da placa plana, coeficiente de resistência de dutos e rugosidade da parede.<br><b>Referência para estudo: White, 7º Capítulo.</b>                                                                          |
| <b>22/05<br/>25/05</b> | <i>Força de arrasto:</i> Relação entre a força de arrasto e a espessura da esteira, formas aerodinâmicas. Arrasto de atrito, arrasto de forma. Arrasto de cilindros circulares e esferas. Emissão de vórtices na esteira de corpos rombudos.<br><b>Referência para estudo: White, 6º e 7º Capítulos.</b>                                        | Exercícios de aplicação.                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| <b>29/05<br/>01/06</b> | Exercícios de aplicação.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | <b>2ª PROVA</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| <b>05/06<br/>08/06</b> | <i>Escoamento irrotacional:</i> Propriedades matemáticas. Soluções singulares: polos, dipolos e vórtices pontuais no plano. Sobreposição de escoamentos planos elementares.<br><b>Referência para estudo: White, 8º Capítulo.</b>                                                                                                               | <i>Escoamento irrotacional (continuação):</i> Sobreposição de escoamentos planos elementares. Escoamento em torno de cilindro circular com circulação, efeito Magnus. Teorema de Kutta-Joukowski. Paradoxo de D'Alembert.<br>Exercícios de aplicação.<br><b>Referência para estudo: White, 8º Capítulo.</b> |
| <b>12/06<br/>15/06</b> | <i>Teoria das superfícies de sustentação:</i> Teoria de fôlios, condição de Kutta, posição do CA, coeficiente de sustentação e momento. Estimativa das dimensões da empenagem de aviões. Características geométricas do fôlio, estol, família NACA, comparação teoria – experimento.<br><b>Referência para estudo: White, 7º e 8º Capítulo.</b> | <b>Corpus Christi (não haverá aula)</b>                                                                                                                                                                                                                                                                     |

|                        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                          |
|------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|
| <b>19/06<br/>22/06</b> | <i>Teoria das superfícies de sustentação (continuação):</i><br>Asas de grande razão de aspecto: caráter bi-dimensional do escoamento. Vórtice de ponta, “downwash”, estimativa da força de sustentação e estol; arrasto induzido. Asas de pequena razão de aspecto. Expressões aproximadas para o $C_L$ , $C_D$ e posição do CA.<br>Exercícios de aplicação.<br><b>Referência para estudo: White, 7º e 8º Capítulo.</b> | Exercícios de aplicação. |
| <b>26/06<br/>29/06</b> | Exercícios de aplicação.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | <b>3ª PROVA</b>          |
| <b>03/07<br/>06/07</b> | <b>Prova Substitutiva.</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | <b>Não haverá aula</b>   |

**Critério de aprovação :**

**$M = (P_1 + P_2 + P_3) / 3$  , onde M é a média final e  $P_i$  é a prova.**

**Bibliografia:**

F. M. White, “Mecânica dos Fluidos”

Potter & Wiggert, “Mecânica dos Fluidos”.

Y. A. Çengel & J. M. Cimbala, “Mecânica dos Fluidos. Fundamentos e Aplicações”, Mc Graw-Hill.

J. A. Fay, “Introduction to Fluid Mechanics”, MIT Press

F. M. White, “Viscous Fluid Flow”, 3a. Edição, McGraw-Hill, 2006

Site da disciplina:

Moodle

[sites.poli.usp.br/d/PME2330t2](http://sites.poli.usp.br/d/PME2330t2)