



FICHA DE COMPONENTE CURRICULAR

CÓDIGO: FEMEC41060	COMPONENTE CURRICULAR: TRANSFERÊNCIA DE CALOR I	
UNIDADE ACADÊMICA OFERTANTE: FACULDADE DE ENGENHARIA MECÂNICA		SIGLA: FEMEC
CH TOTAL TEÓRICA: 60	CH TOTAL PRÁTICA: 15	CH TOTAL: 75

OBJETIVOS

Explicar os fenômenos de transferência de calor por condução e radiação. Empregar as equações básicas que representam esses fenômenos na solução de problemas térmicos.

EMENTA

Mecanismos de transferência de calor, transferência de calor por condução em regime permanente e transiente. Transferência de calor por radiação térmica. Leis básicas de troca de calor por radiação. Métodos de cálculo de radiação térmica.

PROGRAMA

1. INTRODUÇÃO
 - 1.1. Origens físicas e as equações das taxas
 - 1.1.1. Condução, convecção e radiação
 - 1.2. Princípios da Conservação de energia
 - 1.3. Propriedades térmicas
 - 1.4. Equação da condução
 - 1.5. Equação da difusão de calor
 - 1.6. Condições de contorno
2. CONDUÇÃO UNIDIMENSIONAL EM REGIME PERMANENTE
 - 2.1. Parede plana
 - 2.2. Resistência térmica
 - 2.3. Sistemas radiais
 - 2.3.1. Cilindro e esfera
 - 2.4. Condução com geração de calor
 - 2.5. Transferência de calor em superfícies expandidas
3. CONDUÇÃO BIDIMENSIONAL EM REGIME PERMANENTE
 - 3.1. Soluções exatas
 - 3.2. Soluções aproximadas
 - 3.2.1. Métodos Numéricos: Volumes finitos
 - 3.3. Discretização da Equação da difusão de calor
 - 3.4. Resolução das equações de diferenças finitas
 - 3.4.1. Interação Gauss-Seidel
4. CONDUÇÃO BIDIMENSIONAL EM REGIME TRANSIENTE

- 4.1. Método da Capacitância Global
- 4.2. Efeitos espaciais
- 4.3. Parede plana com convecção
- 4.4. Sistemas radiais com convecção
- 4.5. Sólido Semi-infinito
5. RADIAÇÃO: PROCESSOS E PROPRIEDADES
 - 5.1. Conceitos fundamentais
 - 5.2. Intensidade de radiação
 - 5.2.1. Definições: relação com a emissão; relação com a irradiação; relação com a radiosidade
 - 5.3. Radiação do corpo negro: Distribuição de Plank; Lei de Wien do deslocamento; A lei de Stefan-Boltzmann; Emissão numa banda
 - 5.4. Emissão de superfícies
 - 5.5. Absorção, reflexão e transmissão em superfícies: Absortividade; refletividade; transmissividade
 - 5.6. A lei de Kirchhoff
 - 5.7. A superfície Cinzenta
 - 5.8. A radiação ambiental
6. TROCA RADIATIVA ENTRE SUPERFÍCIES
 - 6.1. Fator de forma
 - 6.2. Troca radiativa entre superfícies negras
 - 6.3. Troca radiativa entre superfícies difusoras e cinzentas numa cavidade: Troca radiativa líquida numa superfície; Troca radiativa líquida entre superfícies; Blindagem de radiação
 - 6.4. Transferência de calor Multimodal
 - 6.5. Efeitos adicionais: Absorção volumétrica; Emissão e absorção de gases
7. LABORATÓRIOS:
 - 7.1. Termopares: princípio de funcionamento, calibração e erros de medição
 - 7.2. Medição de condutividade térmica: Método da placa quente compensada (Verificação da Eq. de Fourier)
 - 7.3. Análise de eficiência de aletas
 - 7.4. Obtenção do Número de Biot para placas planas e sólidos cilíndricos e esféricos
 - 7.5. Troca por radiação térmica: calibração de sensores infravermelhos
8. DETALHAMENTO DAS AULAS PRÁTICAS
 - 8.1. Aula 1 – Termopares
Objetivo: O aluno deverá: verificar o princípio de funcionamento dos termopares; proceder a calibração de um termopar, entendendo a função de um sistema de aquisição, de um padrão de referência e de um ajuste de curva de calibração; Identificar e estimar erros de medição usando termopares
 - 8.2. Aula 2 – Verificação da Lei de Fourier - Medição da Condutividade Térmica de Isolantes
Objetivo: O aluno deverá: Identificar a lei de Fourier; Através da medição de condutividade Térmica, obter a resistência térmica de materiais isolantes; Entender fisicamente os mecanismos de isolamento de uma placa quente compensada; Reconhecer fisicamente os mecanismos de obtenção da condutividade térmica de materiais condutores.
 - 8.3. Aulas 3 e 4 - Análise de eficiência de aletas
Objetivo: O aluno deverá: Ser capaz de obter experimentalmente ou por simulação numérica a perda de calor por convecção em uma aleta; Obter o coeficiente de convecção de uma aleta; Determinar a eficiência de uma aleta
 - 8.4. Aula 5 - Obtenção do Número de Biot para placas planas
Objetivo: O aluno deverá: Ser capaz de obter experimentalmente ou por simulação obter o número de Biot de uma placa plana; Verificar teoricamente o campo de temperatura de uma placa plana; Obter a temperatura da superfície através das cartas de Heisler e do número de Biot obtido
 - 8.5. Aula 6 e 7 - Obtenção do Número de Biot para sólidos cilíndricos e esféricos
Objetivo: O aluno deverá: Ser capaz de obter experimentalmente ou por simulação obter o número de Biot de um sólido cilíndrico e esférico; Verificar teoricamente o campo de temperatura dos sólidos; Obter a temperatura da superfície dos sólidos através das cartas de Heisler e do número de Biot obtido
 - Aula 8 - Troca de calor por radiação térmica: calibração de sensores infravermelho

BIBLIOGRAFIA BÁSICA

ÇENGEL, Y. A. **Transferência de calor e massa**. 3. ed. São Paulo: McGraw-Hill, 2009.
INCROPERA, F. P.; DEWITT, D. P. **Fundamentos de transferência de calor e massa**. 6. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2008
PITTS, D. R., SISSOM, L. E. **Fenômenos de transporte**. São Paulo: McGraw-Hill, 1979.

BIBLIOGRAFIA COMPLEMENTAR

ECKERT, E. R. G. **Analysis of heat and mass transfer**. Tokyo: McGraw-Hill, 1972.
HOLMAN, J. P. **Heat Transfer**. 10. ed. São Paulo: Mc Graw-Hill, 2010.
KREITH, F. ; BOHN, M. S. **Princípios da transferência de calor**. 6. ed. São Paulo: Thompson, 2003.
MALISKA, C. R. **Transferência de calor e mecânica dos fluidos computacional**. 2. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2004.
OZISIK, M. N. **Heat transfer**. New York: J. Willey, 1993.

APROVAÇÃO

____/____/____

Carimbo e assinatura do Coordenador do Curso

____/____/____

Carimbo e assinatura do Diretor da
Unidade Acadêmica



FICHA DE COMPONENTE CURRICULAR

CÓDIGO: FEMEC41062	COMPONENTE CURRICULAR: MECÂNICA DOS FLUIDOS II	
UNIDADE ACADÊMICA OFERTANTE: FACULDADE DE ENGENHARIA MECÂNICA		SIGLA: FEMEC
CH TOTAL TEÓRICA: 45	CH TOTAL PRÁTICA: 00	CH TOTAL: 45

OBJETIVOS

Compreender fisicamente as bases da mecânica dos fluidos. O aluno deve ter capacidade de análise e formulação de problemas envolvendo a mecânica dos fluidos através do uso de modelos teóricos, empíricos e computacionais.

EMENTA

Introdução à turbulência. Teoria fenomenológica. Equações básicas. Análise com correlações empíricas. Dinâmica dos Fluidos Computacional – Simulação numérica e experimentação. Introdução aos escoamentos compressíveis. Escoamentos compressíveis unidimensionais. Choques normais e oblíquos. Dimensionamento de bocais e difusores. Escoamento compressíveis em dutos. Escoamentos compressíveis multidimensionais.

PROGRAMA

1. ESCOAMENTOS TURBULENTOS

- 1.1. Introdução: exemplos de sistemas dinâmicos; exemplos de escoamentos turbulentos em aplicações industriais e geofísicas; características fundamentais da turbulência.
- 1.2. Origem da turbulência: critérios de estabilidade para escoamentos livres, parietais, com rotação e com troca de calor; desprendimento de vórtice em esteiras; turbilhões longitudinais; efeito da aceleração da gravidade.
- 1.3. Teorias Fenomenológicas: teoria de Kolmogorov. Turbilhões coerentes. Introdução à turbulência bidimensional.
- 1.4. Equações Básicas: continuidade, quantidade de movimento e energia.
- 1.5. Simulação Numérica de Escoamentos Turbulentos: Simulação Numérica Direta; Modelagem da Turbulência: Equações de Reynolds; Tensor de tensões de Reynolds.
- 1.6. Técnicas Experimentais: Medidas de pressão e velocidade. Transdutores de pressão. Termoanemometria. Velocimetria laser Doppler. Aquisição e tratamento de dados.
- 1.7. Turbulência em aerodinâmica: descolamento de camada limite; controle do descolamento; transição ao regime turbulento; controle da transição; Ondas onoras e coques. Aerodinâmica subsônica e supersônica. Desprendimento de vórtices em motores a propulente sólido.
- 1.8. Turbulência no Meio Ambiente: circulação na atmosfera terrestre. Circulação oceânica. Poluição em rios e lagos. Difusão turbulenta.
- 1.9. Turbulência em aplicações industriais: otimização da transferência de calor em feixe de barras e em

trocadores de calor. Influência da turbulência na qualidade do ar em salas limpas.

1.10. Problemas de interação fluido estrutura: problema físico; causas e consequências das vibrações promovidas por e promotoras de instabilidades dinâmicas; modelagem; experimentação; como modelar; como experimentar.

2. ESCOAMENTO COMPRESSÍVEL UNIDIMENSIONAL

2.1. A velocidade do som

2.2. Equação da propagação de uma onda de perturbação em um meio

2.3. Propagação dessa onda em um gás perfeito e em um processo adiabático

2.4. Número de Mach e cone de Mach

2.5. Comportamento da propagação da onda de perturbação (som), com a fonte de perturbação estática e com velocidade inferior, igual ou superior à do som ($M < 1$, $M = 1$ e $M > 1$)

2.6. Correlação da velocidade de propagação da fonte e a do som, definição do número de Mach e cone de Mach

2.7. Equações governantes

2.8. Equações de conservação de massa, de quantidade de movimento e energia para um processo isentrópico de escoamento de um gás perfeito compressível

2.9. Escoamento isentrópico num duto com área variável

2.10. Equações governantes do processo

2.11. Correlação entre a área de uma seção e a área crítica

2.12. Escoamento em bocais e difusores

2.13. Ondas de choques

2.14. Definição do lugar geométrico para um escoamento adiabático com atrito (linha de Fanno)

2.15. Definição do lugar geométrico para um escoamento de um fluido invisido com transferência de calor (escoamento Rayleigh)

2.16. Escoamento adiabático com atrito (Escoamento Fanno): Equações governantes

2.17. Definição do comprimento máximo de duto

2.18. Comportamento do escoamento subsônico

2.19. Comportamento do escoamento supersônico

2.20. Ocorrência de choque normal no duto

BIBLIOGRAFIA BÁSICA

FOX, R. W.; MCDONALD, A.T. **Introdução à mecânica dos fluidos**. 6. ed. Rio De Janeiro: Guanabara, 2006.

MUNSON, B.R.; YOUNG, D.F.; OKIISHI, T. H. **Fundamentos de mecânica dos fluidos**. São Paulo: Blucher. 2004.

WHITE, F. M. **Mecânica dos fluidos**. São Paulo: Mc Graw Hill, 2002.

BIBLIOGRAFIA COMPLEMENTAR

BIRD, R. B.; STEWART, W. E.; LIGHTFOOT, E. N. **Fenômenos de transporte**. Rio de Janeiro: LTC, 2004.

BIRD, R. B.; STEWART, W. E.; LIGHTFOOT, E. N. **Fenômenos de transporte: un estudio sistematico de los fundamentos del transporte de materia, energia y cantidad de movimiento**. Barcelona: Reverté, 1982. BRUNETTI, F. **Mecânica dos fluidos**. 2.ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2008.

ÇENGEL, Y. A., CIMBALA, J. M. **Mecânica dos fluidos- fundamentos e aplicações**. São Paulo: McGraw Hill, 2007.

POPE, S. B. **Turbulent flows**. Cambridge: Cambridge University Press, 2000.

SHAMES, I. H. **Mecânica dos fluidos**. São Paulo: E. Blucher, 1973.

APROVAÇÃO

____/____/____

Carimbo e assinatura do Coordenador do Curso

____/____/____

Carimbo e assinatura do Diretor da
Unidade Acadêmica



FICHA DE COMPONENTE CURRICULAR

CÓDIGO: FEMEC41063	COMPONENTE CURRICULAR: SISTEMAS TÉRMICOS	
UNIDADE ACADÊMICA OFERTANTE: FACULDADE DE ENGENHARIA MECÂNICA		SIGLA: FEMEC
CH TOTAL TEÓRICA: 60	CH TOTAL PRÁTICA: 00	CH TOTAL: 60

OBJETIVOS

Aplicar as equações de conservação da energia, massa e entropia para analisar o rendimento dos ciclos térmicos de potência e refrigeração em uso na indústria, analisando as formas de otimização e aumento de rendimento a problemas de operação.

EMENTA

Estudo do ciclo de Carnot. Estudo de ciclos de potência com uso de vapor de água (Ciclo Rankine), métodos de otimização. Estudos de ciclos de potência com uso de ar com fluido de trabalho (Ciclo Joule ou Bryton), métodos de otimização, simulação. Estudos de ciclos de refrigeração por compressão de vapor, fluidos de trabalho, operação controlada, rendimento, simulação. Estudos de ciclos de absorção utilizando amônia ou outros fluidos de trabalho, rendimento simulação, simulação de operações térmicas (processos).

PROGRAMA

1. APRESENTAÇÃO DA DISCIPLINA
 - 1.1. Objetivo geral da disciplina
 - 1.2. Bibliografia consultada
 - 1.3. Sistema de avaliação
2. CICLOS TÉRMICOS
 - 2.1. Instalação térmica
 - 2.2. Considerações sobre o segundo princípio da termodinâmica
 - 2.3. Reversibilidade e irreversibilidade
 - 2.4. Rendimento térmico de um ciclo
3. CICLO DE CARNOT
 - 3.1. Idealização de Carnot
 - 3.2. Componentes de operação do ciclo
 - 3.3. Transformações termodinâmicas
 - 3.4. Diagrama (T-S) e (P-h)
 - 3.5. Calor, trabalho
 - 3.6. Rendimento térmico do ciclo de Carnot
 - 3.7. Exercício de aplicação
4. CICLO DE RANKINE

- 4.1. Transformações termodinâmicas nos equipamentos
 - 4.2. Transformações reversíveis e irreversíveis na turbina, bomba e tubulações
 - 4.3. Comparação entre o ciclo de Carnot e o de Rankine
 - 4.4. Maneiras de aumentar o rendimento do ciclo de Rankine
 - 4.5. Exercício de aplicação
 5. CICLO COM REAQUECIMENTO DO VAPOR
 - 5.1. Considerações sobre a necessidade do reaquecimento nos casos reais
 - 5.2. Equipamentos de operação, transformações termodinâmicas e rendimento térmico
 6. CICLO REGENERATIVO
 - 6.1. Ciclo regenerativo ideal. Transformações termodinâmicas. Impossibilidade na prática
 - 6.2. Ciclo regenerativo na prática. Aquecedores de mistura e de superfície
 - 6.3. Drenagem do condensado nos aquecedores de superfície
 - 6.4. Purgadores
 - 6.5. Aplicação de um ciclo regenerativo com aquecedores de mistura e de superfície
 - 6.6. Exercícios e aplicação
 7. CICLOS A GÁS
 - 7.1. Ciclo Joule com regeneração e pre-aquecimento, métodos de otimização, usos e características técnicas
 - 7.2. Simulação de operação
 - 7.3. Projeto de sistemas de absorção.
 8. CICLOS DE REFRIGERAÇÃO A VAPOR
 - 8.1. Ciclos frigoríficos de compressão à vapor
 - 8.2. Ciclos de compressão ideal e irreversível
 - 8.3. Coeficiente de performance
 - 8.4. Fluidos e trabalho para sistemas de compressão, “retrofitting”, substituição de fluidos
 - 8.5. Afastamento do ciclo real, de compressão em relação ao ciclo ideal
 - 8.6. Ciclo frigorífico de absorção (Amônia e outros fluidos), obtenção de coeficiente de performance, projeto, simulação
 - 8.7. Exercícios e aplicação
 9. AULAS PRÁTICAS INSERIDAS AO LONGO DO CURSO
 - 9.1. Visita a indústrias que sejam produtores de potência via uso do ciclo de Rankine ou Joule
 - 9.2. Ensaio de sistema de refrigeração por compressão de vapor. Determinação de curvas de operação do compressor para diferentes temperaturas de evaporação e condensação
 - 9.3. Determinação do poder calorífico de combustíveis líquidos e sólidos
- Análise de gases de combustão, com aquecedor de água operando com combustível líquido. Fazer cálculos estequiométricos e medições experimentais

BIBLIOGRAFIA BÁSICA

- ÇENGEL, Y. A.; BOLES, M. A. **Termodinâmica**. 5. ed. São Paulo: Mc Graw Hill, 2013.
- MORAN, M. J. et al. **Introdução à engenharia de sistemas térmicos**: termodinâmica, mecânica dos fluidos e transferência de calor rio de Janeiro: LTC, 2005.
- VAN WYLEN, G. J. **Fundamentos da termodinâmica clássica**. 4. ed. São Paulo: Edgard Blucher, 1988.

BIBLIOGRAFIA COMPLEMENTAR

- BEIRES, J. S. **Motores de explosão e combustão interna**. São Paulo: LEP, 1955.
- BLACKMORE, D. R. **Fuel economy of the gasoline engine**: fuel, lubricant and other effects. London: Macmillan, 1979.
- CHAPMAN, S. J. **Programação em MATLAB para engenheiros**. 2. ed. São Paulo: Thomson, 2003.
- EASTOP, T. D.; MCCONKEY, A. **Applied thermodynamics for engineering technologists**. 5. ed. Harlow: Prentice Hall, 1993.

MORAN, M. J.; SHAPIRO, H. N. **Princípios de termodinâmica para engenharia**. 4. ed. Rio de Janeiro: LTC 2013.

SANDLER, S. I. **Chemical and engineering thermodynamics**. 2. ed. Singapore: John Wiley & Sons, 1989.

ZEMANSKY, M. W. **Calor e termodinâmica**. 5.ed. Rio de Janeiro: Guanabara Dois,1978. 5 ed.

APROVAÇÃO

____/____/____

Carimbo e assinatura do Coordenador do Curso

____/____/____

Carimbo e assinatura do Diretor da
Unidade Acadêmica



FICHA DE COMPONENTE CURRICULAR

CÓDIGO: FEMEC42060	COMPONENTE CURRICULAR: CONTROLE DE SISTEMAS LINEARES	
UNIDADE ACADÊMICA OFERTANTE: FACULDADE DE ENGENHARIA MECÂNICA		SIGLA: FEMEC
CH TOTAL TEÓRICA: 60	CH TOTAL PRÁTICA: 15	CH TOTAL: 75

OBJETIVOS

Permitir ao aluno ter o conhecimento da área de controle de sistemas lineares no tempo contínuo, envolvendo o controle clássico e introdução ao controle moderno. Estudar aplicações para sistemas mecânicos e eletromecânicos. Apresentar e utilizar programas computacionais para simular sistemas lineares e controladores.

EMENTA

Conceitos fundamentais. Ações de controle básicas. Aplicações industriais. Critérios de estabilidade e lugar das raízes. Posicionamento de pólos. Controladores PID. Técnicas de projeto de sistema de controle pelo método do lugar das raízes. Técnicas de projeto de sistema de controle pelo método da resposta em frequência. Técnicas de projeto de sistemas de controle no espaço de estados.

PROGRAMA

1. INTRODUÇÃO
 - 1.1. Conceitos fundamentais sobre sistemas de controle automático: Histórico. Aplicações.
 - 1.2. Diagramas de blocos
 - 1.3. Conceito e comparação entre sistemas em malha aberta e fechada.
 - 1.4. Vantagens da realimentação.
 - 1.5. Análise dinâmica de sistemas: aspectos gerais
 - 1.6. Modelagem de sistemas dinâmicos
 - 1.7. Análise e projeto de sistemas dinâmicos
 - 1.8. Sistemas lineares e não lineares, linearização
 - 1.9. Simulação de sistemas de controle em malha fechada.
 - 1.10. Controle PID: funcionamento; regras de sintonia para controladores PID; variantes de controladores PID
2. PROJETO DE SISTEMAS DE CONTROLE PELO MÉTODO DO LUGAR DAS RAÍZES
 - 2.1. O gráfico do lugar das raízes e análise de estabilidade
 - 2.2. Posicionamento de pólos e zeros.
 - 2.3. Pólos dominantes.
 - 2.4. Critérios de desempenho do sistema no domínio do tempo.
 - 2.5. Compensadores por avanço de fase.
 - 2.6. Compensadores por atraso de fase.
 - 2.7. Compensadores por avanço e atraso de fase.
 - 2.8. Compensação em paralelo.
3. ANÁLISE DE SISTEMAS LINEARES NO DOMÍNIO DO TEMPO

- 3.1. Resposta transiente de sistemas de 1ª ordem
 - 3.2. Resposta transiente de sistemas de 2ª ordem
 - 3.3. Resposta impulsiva de sistemas mecânicos
 - 3.4. Sistemas de ordem superior
 - 4. PROJETO DE SISTEMAS DE CONTROLE PELO MÉTODO DA RESPOSTA EM FREQUÊNCIA
 - 4.1. Diagrama de Bode
 - 4.2. Diagrama polar
 - 4.3. Diagrama de módulo em dB x ângulo de fase
 - 4.4. Critério de estabilidade de Nyquist
 - 4.5. Critérios de desempenho do sistema no domínio da frequência
 - 4.6. Compensadores por avanço de fase
 - 4.7. Compensadores por atraso de fase.
 - 4.8. Compensadores por avanço e atraso de fase
 - 5. PROJETO DE SISTEMAS DE CONTROLE NO ESPAÇO DE ESTADOS.
 - 5.1. Controlabilidade e observabilidade.
 - 5.2. Alocação de polos.
 - 5.3. Observadores de estado.
 - 5.4. Projeto de sistemas reguladores com observadores.
 - 5.5. Projeto de sistemas de controle com observadores
- ATIVIDADES DE LABORATÓRIO
- 1 – Introdução
 - 1.1 – Componentes mecânicos e eletrônicos de um sistema de controle ativo
 - 1.2 – Identificação experimental de sistemas dinâmicos
 - 1.3 – Obtenção dos dados experimentais
 - 1.4 – Identificação experimental da função de transferência da planta
 - 2 – O sinal de erro e a polaridade da realimentação
 - 2.1 – A influência do ganho
 - 2.2 – Efeito do ganho sobre a velocidade e exatidão da resposta à entrada degrau
 - 2.3 – Efeito do ganho sobre a estabilidade
 - 3 – Realimentação de velocidade
 - 3.1 – Descrição e funcionamento
 - 3.2 – Efeitos da realimentação de velocidade sobre a estabilidade do sistema e o erro em regime permanente
 - 4 – Sistemas seguidores
 - 4.1 – Efeito do ganho sobre a resposta à entrada rampa
 - 4.2 – O efeito da realimentação de velocidade sobre sistemas seguidores
 - 5 – Sistemas instáveis
 - 5.1 – Efeito de atrasos do sinal na malha de controle
 - 5.2 – Combinação de atraso com ganho alto: instabilidade
 - 6 – Sistema de controle de velocidade
 - 6.1 – Efeito do carga e do ganho sobre a exatidão da resposta
 - 7 – Introdução ao controlador Proporcional + Integral + Derivativo (PID)
 - 7.1 – Derivação do sinal de erro com amplificador operacional
 - 7.2 – Integração do sinal de erro com amplificador operacional
 - 7.3 – Testes iniciais do controlador PID
 - 8 – Aplicação do PID
 - 8.1 – Controle de posição (entradas degrau e rampa)
 - 8.2 – Controle de velocidade
 - 8.3 – Eliminação de distúrbios
 - 8.4 – PID com amplificador operacional único
 - 9 – Controle de nível e temperatura de líquido
 - 9.1 – Calibração dos sensores de nível e temperatura
 - 9.2 – Ajuste da malha de controle de nível e temperatura

BIBLIOGRAFIA BÁSICA

DORF, R. C.; BISHOP, R. H. **Modern control systems**. 11th ed. ed. Upper Saddle River: Prentice Hall, 2008.

NISE, N. **Engenharia de sistemas de controle**. 3. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2002.

OGATA, K. **Engenharia de controle moderno**. 5. ed. ed. Rio de Janeiro: Prentice Hall. São Paulo., 2010.

BIBLIOGRAFIA COMPLEMENTAR

BOTTURA, C. P. **Análise linear de sistemas**. Rio de Janeiro: Guanabara Dois, 1982.

D'AZZO, J. J., HOUPIS, C. H. **Análise e projeto de sistemas de controle lineares**. 2. ed. Rio de Janeiro: Guanabara, 1988.

FRANKLIN, G. E. POWELL, J. D. EMAMI-NAEINI, A. **Feedback control of dynamic systems**. 3rd ed. Reading: Addison Wesley, 1994.

KUO, B. C. **Sistemas de controle automático**. Rio de Janeiro: LTC, 1982

WOLOVICH, W. A. **Linear multivariable systems**. New York: Springer, 1974.

APROVAÇÃO

____ / ____ / ____

Carimbo e assinatura do Coordenador do Curso

____ / ____ / ____

Carimbo e assinatura do Diretor da
Unidade Acadêmica



FICHA DE COMPONENTE CURRICULAR

CÓDIGO: FEMEC43060	COMPONENTE CURRICULAR: ESTRUTURAS DE AERONAVES II	
UNIDADE ACADÊMICA OFERTANTE: FACULDADE DE ENGENHARIA MECÂNICA		SIGLA: FEMEC
CH TOTAL TEÓRICA: 60	CH TOTAL PRÁTICA: 15	CH TOTAL: 75

OBJETIVOS

Capacitar o aluno para realizar a análise de tensões, deformações e deslocamentos com vistas ao dimensionamento de componentes estruturais de aeronaves.

EMENTA

Flexão de vigas de parede fina. Cisalhamento de vigas de parede fina. Torção de vigas de parede fina. Vigas de seções compostas abertas-fechadas. Análise de tensões em componentes de aeronaves. Análise estrutural de fuselagens. Análise estrutural de asas.

PROGRAMA

APRESENTAÇÃO DA DISCIPLINA

- 1.1 Objetivos
- 1.2 Conteúdo programático
- 1.3 Bibliografia
- 1.4 Sistema de avaliação
2. FLEXÃO DE VIGAS DE SEÇÕES ABERTAS E FECHADAS DE PAREDE FINA
 - 2.1 Flexão simétrica
 - 2.2 Flexão assimétrica
 - 2.3 Flexão anticlástica
 - 2.4 Distribuições de tensões devidas à flexão
 - 2.5 Deflexões devidas à flexão
3. CISALHAMENTO DE VIGAS DE SEÇÕES ABERTAS E FECHADAS DE PAREDE FINA
 - 3.1 Relações gerais de tensões, deformações e deslocamentos
 - 3.2 Vigas de seção aberta
 - 3.3 Centro de cisalhamento
 - 3.4 Vigas de seção fechada
 - 3.5 Distorção e empenamento
 - 3.6. Centro de cisalhamento
4. TORÇÃO DE VIGAS DE SEÇÕES ABERTAS E FECHADAS DE PAREDE FINA
 - 4.1 Torção de vigas de seção fechada
 - 4.2 Deslocamentos associados com of fluxo cisalhante de Bredt-Batho
 - 4.3 Condição para a não-ocorrência de empenamento
 - 4.4 Torção de vigas de seção aberta
 - 4.5 Empenamento da seção transversal

- 5. SEÇÕES COMPOSTAS ABERTAS-FECHADAS
 - 5.1 Flexão
 - 5.2 Cisalhamento
 - 5.3 Torção
- 6. ANÁLISE DE TENSÕES EM COMPONENTES DE AERONAVES
 - 6.1 Longarinas de asas e vigas-caixão
 - 6.2 Longarinas de seção variável
 - 6.3 Vigas-caixão de seção aberta e fechada
 - 6.4 Vigas- caixão com reforçadores de seção variável
- 7. FUSELAGENS
 - 7.1 Flexão
 - 7.2 Cisalhamento
 - 7.3 Torção
 - 7.4 Efeito de aberturas em fuselagens
- 8. ASAS
 - 8.1 Flexão
 - 8.2 Cisalhamento
 - 8.3 Torção
 - 8.4 Centro de cisalhamento
 - 8.5 Deflexões
 - 8.6 Efeito de aberturas em fuselagens
- 9. PRÁTICAS DE LABORATÓRIO
 - 9.1 Flexão de vigas de seção fechada de parede fina
 - 9.2 Flexão de vigas de seção aberta de parede fina
 - 9.3 Torção de vigas de seção fechada de parede fina
 - 9.4 Torção de vigas de seção aberta de parede fina
 - 9.5 Flexão de vigas-caixão
 - 9.6 Torção de vigas-caixão
 - 9.7 Flexão de painéis reforçados

BIBLIOGRAFIA BÁSICA

- MEGSON, T. H. G. **Aircraft structures for engineering students**. 4th ed. Oxford: Butterworth-Heinemann, 2013.
- SUN, C. T. **Mechanics of aircraft structures**. 2nd ed. Hoboken: Wiley-Interscience, 2006.
- JOHNSTON, E. R.; BEER, F. P. **Resistência dos materiais**. 4. ed. Sao Paulo: Makron Books, 1996.

BIBLIOGRAFIA COMPLEMENTAR

- DONALDSON, B. K. **Analysis of aircraft structures**. 2nd ed. Cambridge: Cambridge University Press, 2008.
- CUTLER, J.; LIBER, J. **Understanding aircraft structures**. 4th ed. Malden: Blackwell, 2006.
- MEGSON, T. H. G. **Introduction to aircraft structural analysis**. Amsterdam: Butterworth-Heinemann, 2010.
- NASH, W. A. **Resistência dos materiais**. São Paulo: McGraw-Hill, 1961.
- TIMOSHENKO, S. P.; GERE, J. M. **Mecânica dos sólidos**. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 1983. v. 2 .

APROVAÇÃO

____/____/____

Carimbo e assinatura do Coordenador do Curso

____/____/____

Carimbo e assinatura do Diretor da
Unidade Acadêmica



FICHA DE COMPONENTE CURRICULAR

CÓDIGO: FEMEC43061	COMPONENTE CURRICULAR: DINÂMICA DE ESTRUTURAS AERONÁUTICAS	
UNIDADE ACADÊMICA OFERTANTE: FACULDADE DE ENGENHARIA MECÂNICA		SIGLA: FEMEC
CH TOTAL TEÓRICA: 45	CH TOTAL PRÁTICA: 15	CH TOTAL: 60

OBJETIVOS

Capacitar o aluno para: a) modelar sistemas vibratórios contínuos encontrados em sistemas aeronáuticos; b) caracterizar analiticamente, numericamente e experimentalmente o comportamento dinâmico de componentes estruturais aeronáuticos.

EMENTA

Modelos matemáticos de sistemas discretos de vários graus de liberdade. Características vibratórias de sistemas discretos de vários graus de liberdade. Princípio da superposição modal. Respostas dinâmicas de sistemas contínuos. Síntese de componentes modais. Introdução à Análise Modal Experimental.

PROGRAMA

1. APRESENTAÇÃO DA DISCIPLINA
 - 1.1. Objetivos
 - 1.2. Conteúdo programático
 - 1.3. Bibliografia
 - 1.4. Sistema de avaliação
2. MODELOS MATEMÁTICOS DE SISTEMAS VIBRATÓRIOS DE VÁRIOS GRAUS DE LIBERDADE
 - 2.1. Aplicação das Equações de Lagrange
 - 2.2. Discretização de sistemas contínuos: Método dos Modos Assumidos
 - 2.3. Modelos matemáticos de aeronaves flexíveis
3. CARACTERÍSTICAS VIBRATÓRIAS DE SISTEMAS DE VÁRIOS G.D.L.
 - 3.1. Frequências naturais e modos naturais de vibração
 - 3.2. Modelos reduzidos: métodos de Rayleigh, Rayleigh-Ritz e Modos Assumidos
 - 3.3. Sistemas amortecidos: tipos de amortecimento. Auto-soluções complexas.
4. RESPOSTAS DINÂMICAS DE SISTEMAS DE VÁRIOS GRAUS DE LIBERDADE POR SUPERPOSIÇÃO MODAL
 - 4.1. Coordenadas principais
 - 4.2. Respostas livres
 - 4.3. Respostas harmônicas
 - 4.4. Respostas transitórias
 - 4.5. Respostas dinâmicas de aeronaves flexíveis
5. RESPOSTAS DINÂMICAS DE SISTEMAS VIBRATÓRIOS CONTÍNUOS
 - 5.1. Vibrações longitudinais de barras
 - 5.2. Vibrações de flexão de vigas
 - 5.3. Vibrações torcionais de eixos
 - 5.4. Vibrações transversais de placas

6. SÍNTESE DE COMPONENTES MODAIS
 - 6.1. Tipos de modos componentes
 - 6.2. Procedimentos de acoplamento de sub-estruturas
 - 6.3. Aplicações à modelagem de aeronaves
7. INTRODUÇÃO À ANÁLISE MODAL EXPERIMENTAL
 - 7.1. Técnica de ensaios dinâmicos de estruturas
 - 7.2. Métodos de identificação de parâmetros modais no domínio do tempo e da frequência
 - 7.3. Aplicações a estruturas de aeronaves
8. AULAS PRÁTICAS
 - 8.1. Ensaios dinâmicos de sistemas vibratórios contínuos: barras, vigas e placas
 - 8.2. Identificação de parâmetros modais de sistemas contínuos: barras, vigas e placas
 - 8.3. Ensaios dinâmicos de aeronaves em escala reduzida
 - 8.4. Identificação de parâmetros modais de aeronaves em escala reduzida
 - 8.5. Ensaios dinâmicos de componentes de aeronaves em escala real
 - 8.6. Identificação de parâmetros modais de aeronaves em escala real

BIBLIOGRAFIA BÁSICA

CRAIG Jr., R. R., KURDILA, A. J. **Fundamentals of structural dynamic. 2nd ed.** Hoboken: Wiley, 2nd ed. 2006.
HODGES, D.H., PIERCE, G. A. **Introduction to structural dynamics and aeroelasticity**, Cambridge: Cambridge University Press, 2002.
RAO, S. S. **Vibrações mecânicas**. 4. ed. São Paulo: Prentice-Hall, 2009.

BIBLIOGRAFIA COMPLEMENTAR

CHOPRA, A. K. **Dynamics of structures**. 3rd ed. Englewood Cliffs: Prentice Hall, 2006.
PAZ, M., LEIGH, W. **Structural dynamics: theory and computation**. 5. ed. Boston: Kluwer Academic Publishers.
DOYLE, J. F. **Nonlinear analysis of thin-walled structures: statics, dynamics, and stability**, 1st ed., New York: Springer, 2001.
BISMARCK-NASR, M. N, **Structural dynamics in aeronautical engineering**. Reston: AIAA, 1999.
THOMSON, W. T.; DAHLEH, M. D. **Theory of vibration with applications**. 5th ed, Upper Saddle River: Prentice-Hall, 1997.

APROVAÇÃO

____ / ____ / ____

Carimbo e assinatura do Coordenador do Curso

____ / ____ / ____

Carimbo e assinatura do Diretor da
Unidade Acadêmica



UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA

FICHA DE COMPONENTE CURRICULAR

CÓDIGO: FEMEC43062	COMPONENTE CURRICULAR: PROCESSOS DE FABRICAÇÃO AERONÁUTICA	
UNIDADE ACADÊMICA OFERTANTE: FACULDADE DE ENGENHARIA MECÂNICA		SIGLA: FEMEC
CH TOTAL TEÓRICA: 45	CH TOTAL PRÁTICA: 15	CH TOTAL: 60

OBJETIVOS

Ao cursar a disciplina, o aluno deverá ser capaz de selecionar os processos de fabricação mais adequados para a confecção de componentes aeronáuticos em função dos principais materiais utilizados em estruturas aeronáuticas.

EMENTA

Emprego dos principais processos não-tradicionais de fabricação em estruturas aeronáuticas; Processamento de Ligas Metálicas de Uso Aeronáutico (Usinagem e União); Processamento de Polímeros (Produção, Usinagem e União); Processamento de Materiais Compostos (Produção, Usinagem e União); Processamento de Cerâmicos (Produção, Usinagem e União); Prototipagem Rápida; Revestimentos para uso aeronáutico e Introdução à Nanofabricação.

PROGRAMA

1. Emprego dos principais processos não-tradicionais de fabricação em estruturas aeronáuticas (9 aulas teóricas)
2. Processamento de Ligas Metálicas de Uso Aeronáutico (aços ligados, alumínio, titânio e níquel): Introdução, Usinagem e União (processos modernos de soldagem a arco, processos híbridos e soldagem no estado sólido) apresentando os conceitos, aplicações, princípios físicos, características gerais, funcionamento e parâmetros do processo. (aulas teóricas e práticas)
3. Processamento de Polímeros: Introdução, Produção (Extrusão, Injeção, Conformação), Usinagem e União (colagem, química e soldagem), apresentando os conceitos, aplicações, princípios físicos, características gerais, funcionamento e parâmetros do processo. (aulas teóricas e práticas)
4. Processamento de Materiais Compostos: Introdução, Produção (Moldagem, Conformação), Usinagem e União (colagem, química e brasagem), apresentando os conceitos, aplicações, princípios físicos, características gerais, funcionamento e parâmetros do processo. (aulas teóricas e práticas)
5. Processamento de Cerâmicos: Introdução, Produção (Metalurgia do Pó), Usinagem e União (colagem, química e brasagem), apresentando os conceitos, aplicações, princípios físicos, características gerais, funcionamento e parâmetros do processo. (aulas teóricas e práticas)
6. Prototipagem Rápida: conceitos, aplicações, formas de processamento, princípios físicos, características gerais, funcionamento e parâmetros do processo. (aulas teóricas)
7. Revestimentos para uso aeronáutico: conceitos, aplicações, formas de processamento, princípios físicos, características gerais, funcionamento e parâmetros do processo. (aulas teóricas)
8. Introdução à nanofabricação (aulas teóricas)

BIBLIOGRAFIA BÁSICA

- CAMPBELL Jr., F. C. **Manufacturing technology for aerospace structural materials**. Amsterdam: Elsevier Science, 2006.
- BENEDICT, G. F. **Nontraditional manufacturing processes**. New York: Marcel Dekker, 1987.
- GROOVER, M. P. **Fundamentals of modern manufacturing**. 4th ed., New Jersey: John Wiley & Sons, 2010.
- STRONG, B. A. **Fundamentals of composites manufacturing: materials, methods and applications** 2nd ed. Dearborn: SME, 2008.

BIBLIOGRAFIA COMPLEMENTAR

- CALLISTER, W. **Ciência e engenharia de materiais: uma introdução**. 7. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2008.
- DEGARMO, E. P. et al. **Materials and processes in manufacturing**. 9th ed. New York: John Wiley & Sons, 2003.
- FIELDING, J. P. **Introduction to aircraft design**. New York: Cambridge University, 1999. v. 1.
- KALPAKJIAN, S.; SCHMID. S. R. **Manufacturing engineering and technology**. 7th ed., Prentice Hall, 2014.
- LESKO, J. **Design industrial: materiais e processos de fabricação**. 1.ed. São Paulo: Edgard Blucher, 2004.
- PORTO, A. J. V. (Org.). **Usinagem de ultraprecisão**. São Carlos: Rima, 2004.
- MAZUMDAR, S. **Composites manufacturing: materials, product, and process engineering**. Boca Raton: CRC Press 2001.

APROVAÇÃO

____ / ____ / ____

Carimbo e assinatura do Coordenador do Curso

____ / ____ / ____

Carimbo e assinatura do Diretor da
Unidade Acadêmica