



Universidade Federal de Santa Catarina
Centro Tecnológico
Departamento de Engenharia Mecânica



PLANO DE ENSINO

Em caráter excepcional e transitório, para substituição do ensino presencial pelo ensino não presencial, enquanto durar a pandemia do novo coronavírus (COVID-19), em atenção à Portaria MEC Nº 544, de 16 de junho de 2020, e à Resolução Normativa Nº 140/2020/CUn, de 21 de julho de 2020.

EMC 5405 – Fundamentos da Termodinâmica

1) Identificação

Carga horária: 72 horas-aula, das quais: Teóricas: 72 horas-aula.

Turma(s): 03203A; 04214A.

Nome do professor: Sergio Colle

sergio.colle@ufsc.br

Período: 1º semestre de 2020

2) Cursos

203 Engenharia Mecânica

214 Engenharia de Produção Mecânica

3) Requisitos

Engenharia Mecânica (203):

- (FSC5112 e FSC5137 e MTM5162), ou
- (FSC5112 e FSC5137 e MTM3101), ou
- (FSC5102 e MTM5162), ou
- (FSC5002 e MTM5161), ou
- (FSC5102 e MTM3102), ou
- (FSC5002 e MTM3102).

Engenharia de Produção Mecânica (214):

- (FSC5002), ou
- (FSC5137 e MTM5162).

4) Ementa

Sistemas e volume de controle. Estado e propriedades termodinâmicas. Pressão e temperatura. Escala absoluta de Kelvin. Diagrama de fases de substâncias puras. Equações de estado. Processos quasi-estáticos e processos reais. Trabalho de sistema termodinâmico. Primeira lei da termodinâmica para sistemas fechados. Energia interna e entalpia. Calores específicos. Efeito Joule-Thomson e ciclo de refrigeração. Segunda lei da termodinâmica para sistemas fechados. Motor térmico e refrigerador. Processos reversíveis. Ciclo de Carnot. Escala termodinâmica de temperatura. Entropia e a

desigualdade de Clausius. Trabalho perdido e rendimento. Primeira e Segunda lei para sistemas abertos. Geração de entropia e rendimento de processos. Ciclo de Rankine e ciclo de refrigeração por compressão mecânica de vapores.

5) Objetivos

Geral:

Subsidiar o estudante com as leis fundamentais no tocante a energia, de modo que ele possa resolver os problemas de transferência de calor e mecânica dos fluidos, à luz das propriedades termodinâmicas e suas relações funcionais.

Específicos:

1. Capacitar o aluno para compreender o que seja estado e processo, as propriedades termodinâmicas e suas relações funcionais.
2. Capacitar aluno para compreender a teoria e o significado das Leis da Termodinâmica e seu impacto na solução de problemas práticos envolvendo trabalho e calor.
3. Capacitar o aluno para compreender as limitações da conversão da energia, à luz da função entropia.
4. Encorajar o aluno a utilizar software para resolver problemas complexos de termodinâmica, de modo a compreender o papel dos dados sobre as incógnitas, num ambiente dinâmico onde o aluno poderá estabelecer relações funcionais entre dados e incógnitas, com interpretações geométricas afins.

6) Conteúdo Programático

(3h) Breve revisão dos conceitos apresentados nas aulas ministradas antes da paralisação.

(1h) Introdução: Definição e aplicação da termodinâmica na engenharia.

(6h) Definição de sistema termodinâmico e volume de controle. Estado de equilíbrio e propriedades termodinâmicas. Propriedades extensivas, intensivas e específicas. Pressão e temperatura ordinária.

(6h) Processo quasi-estático e processo real. Ciclos. Equação de estado de um gás ideal. Termômetro de Kelvin. Escalas absoluta e internacional.

(12h) Equilíbrio de fases das substâncias puras. Diagramas p-T, p-v e T-v. Volume específico e título. Equação de estado de Van der Waals e a carta de compressibilidade. Equações de Beattie – Bridgeman, Redlich – Kwong, Benedict – Webb – Rubin e de Lee-Kesler. Equações gerais e a base de dados EES. Exercícios de aula.

(8h) Trabalho de sistema termodinâmico. Trabalho de processo quasi-estático. Trabalho de processo isotérmico, isobárico e politrópico. Exercícios de aula.

(10h) Primeira lei da termodinâmica para sistemas fechados: Processo adiabático e lema de Joule. Energia interna e o princípio da conservação da energia mecânica. Calor e entalpia. Calores específicos. Efeito Joule-Thomson. Exercícios de aula.

(12h) Segunda lei da termodinâmica para sistema fechados. Motor térmico e refrigerador. Processos reversíveis. Ciclo de Carnot. Entropia e a desigualdade de Clausius. Trabalho perdido e rendimento. Exercícios de aula.

(4h) Variação da entropia para processos reversíveis e irreversíveis. Relações termodinâmicas importantes envolvendo a entropia - relações de Maxwell. Diagramas T-s, h-s (Mollier) e p-h. Cálculo da entropia para gases ideais, sólidos, líquidos e gases reais. Equação de Clausius – Clapeyron. Exercícios de aula.

(4h) Primeira lei para sistemas abertos: Teorema da conservação de propriedade extensiva de Reynolds. Regime permanente e transiente. Aplicações da primeira lei para turbina de vapor, compressor de ar, bocal e difuso. Exercícios de aula.

(4h) A segunda lei da termodinâmica para sistemas abertos. Produção de entropia e a desigualdade de Clausius – Duhem. Regime permanente. Trabalho perdido e eficiência. Princípio do aumento da entropia para volume de controle. Aplicações para turbinas, compressores, bocais e difusores. Exercícios de aula.

7) Metodologia

A disciplina será oferecida por meios síncronos e assíncronos. Aulas serão ministradas e gravadas de forma síncronas nas quartas e sexta feiras, entre 10h10min e 12h00min, posteriormente serão disponibilizadas no YouTube aos alunos matriculadas na disciplina. Os alunos receberão pela plataforma MOODLE os links para essas aulas ao longo do curso. As aulas síncronas terão por objetivo apresentar os conceitos teóricos listados na ementa da disciplina.

Eventuais dúvidas dos alunos com relação ao conteúdo poderão ser sanadas diretamente com o professor, imediatamente antes das aulas, nas quartas e sexta feiras, entre 09h30min e 10h10min, através de ferramenta síncrona.

8) Avaliação

Ocorrerá através de 4 (quatro) avaliações, a saber: 2 avaliações síncronas (P1 e P2), 1 avaliação oral (AO) e a entrega de listas de exercícios (L). A média final (MF) será calculada da seguinte forma:

$$MF = ((P1 \times 4 + P2 \times 4 + L \times 2) / 10) \times (AO)$$

Conforme parágrafo 2º do artigo 70 da Resolução 17/CUn/97, o aluno com frequência suficiente (FS) e média final no período (MF) entre 3,0 e 5,5 terá direito a uma nova avaliação ao final do semestre (REC), sendo a nota final (NF) calculada conforme parágrafo 3º do artigo 71 desta resolução, ou seja: $NF = (MF + REC) / 2$.

Notas de esclarecimento:

- Os alunos que demonstrarem assiduidade nas aulas terão atitude complacente do professor no quesito do arredondamento das notas.
- Avaliação oral: 10 alunos serão escolhidos aleatoriamente para inquirição a respeito de toda a matéria lecionada, e dos exercícios entregues durante o semestre. Se o aluno não mostrar conhecimento sobre o que diz ter feito por ele próprio, suas notas serão anuladas, e ele será reprovado.
- Espera-se que o aluno trabalhe individualmente na solução dos problemas da avaliação, com a consulta livre ao material do MOODLE.
- Para ser aprovado, além do requisito da nota, o aluno deverá ter frequência igual a superior a 75%, que será aferida pela participação nas atividades síncronas.

9) Cronograma

1. As aulas síncronas serão realizadas nas quartas e sexta feiras, entre 10h10min e 11h50min.
2. Avaliação de recuperação para os que não atingirem o quesito mínimo da aprovação.
3. As duas (2) avaliações online (não presenciais) serão agendadas com a turma, sendo realizadas em horário de aula. As avaliações serão online e sem supervisão. As questões estarão disponíveis às 10h10 e as respostas, na forma de um texto escaneado, ou fotografado, deverão ser entregues no MOODLE (por *upload*) até às 14h00.
4. As avaliações baseadas em ferramentas assíncronas serão realizadas através de listas de exercício, postadas no MOODLE, realizadas pelos alunos, com o tema selecionado pelo professor.

10) Bibliografia Básica

1. Colle, S., **Lições de Termodinâmica Clássica (Lições I, II, III e IV e Apêndices A e B)**, EMC/UFSC, versão 2019.

Notas de esclarecimento:

- Os slides serão disponibilizados no ambiente MOODLE da disciplina, bem como os links de acesso para as videoaulas no YOUTUBE.
- Solicita-se que os vídeos não sejam enviados para outras pessoas, diferentes daquelas matriculadas nessa disciplina e turma, com o risco de ferir direitos autorais.

11) Bibliografia Complementar

2. Van Wylen, G. J., Sonntag, R. E. & Borgnakke, C., **Fundamentos da Termodinâmica Clássica**, Traduções da 4ª, 5ª e 6ª edições norte-americanas, Editora Edgard Blücher Ltda, São Paulo, 1998.
3. Reynolds, W. C., **Thermodynamic Properties in SI**, Department of Mechanical Engineering, Stanford University, 1979.
4. Obert, E. F., **Concepts of Thermodynamics**, McGraw Hill, 1960.
5. Stephan, K. e Meyinger, **Thermodynamik – Band 1 Einstoffsysteme**, Springer Verlag, Berlin, 1990.

6. Beckman, W., et all, **EES – Engineering Equation Solver**, University of Winsconsin, 2009.
7. Zemansky, M. W., **Calor e Termodinâmica**, 5^a Edição (Tradução da edição original **Heat and Thermodynamics**, McGraw Hill, 1968), Ed. Guanabara 2, 1978.
8. Sears, F. W., **An Introduction to Thermodynamics**, Addison – Wesley, 1952.