



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, à Resolução Normativa No 140/2020/CUn, de 21 de julho de 2020, à Portaria Normativa No 379/2020/GR, de 9 de novembro de 2020, e à Resolução N° 30/2020/CUn, de 1° de dezembro 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: Jader Riso Barbosa Junior
jrb@polo.ufsc.br

Período: 2º 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 programas de computador 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

1. **Introdução.** 1.1) Termodinâmica e suas aplicações; 1.2) Dimensões e unidades; 1.3) Sistemas e vizinhança; 1.4) Propriedades de um sistema; 1.5) Estado e equilíbrio; 1.6) Processos e ciclos; 1.7) Densidade; 1.8) Temperatura e a Lei Zero; 1.9) Pressão. [4 h.a.]
2. **Trabalho, Calor e Energia.** 2.1) Trabalho mecânico; 2.2) Energia mecânica; 2.3) Energia interna; 2.4) Calor; 2.5) Balanço de energia; 2.6) Outros trabalhos; 2.7) Transporte de massa; 2.8) Eficiência de conversão entre formas de energia. [6 h.a.]
3. **Propriedades de substâncias puras.** 3.1) Fases de uma substância pura e processos de mudança de fase; 3.2) Diagramas de propriedades (T-v; p-v; p-T); 3.3) Tabelas de propriedades; 3.4) O gás ideal; 3.5) Teoria cinética dos gases e o modelo de gás ideal; 3.6) Fator de compressibilidade; 3.7) Equações de estado. [8 h.a.]
4. **Primeira lei da termodinâmica para sistemas fechados.** 4.1) Trabalho de fronteira móvel; 4.2) Balanço de energia em sistemas fechados; 4.3) Calores específicos; 4.4) Energia interna, entalpia e calores específicos de gases ideais; 4.5) Energia interna, entalpia e calores específicos de líquidos e sólidos. [10 h.a.]

5. **Primeira lei da termodinâmica para volumes de controle.** 5.1) Conservação da massa; 5.2) Trabalho de fluxo e energia de escoamento; 5.3) Balanço de energia em regime permanente; 5.4) Dispositivos de engenharia; 5.5) Balanço de energia em regime transiente. [8 h.a.]
6. **Segunda lei da termodinâmica.** 6.1) Introdução à segunda lei; 6.2) Máquinas térmicas, Enunciado de Kelvin-Planck; 6.3) Refrigeradores e bombas de calor, Enunciado de Clausius, Equivalências dos enunciados; 6.4) Processos reversíveis e irreversíveis; 6.5) Ciclo de Carnot; 6.6) Princípios de Carnot; 6.7) Escala termodinâmica de temperatura; 6.8) Máquina térmica e refrigerador de Carnot. [10 h.a.]
7. **Entropia.** 7.1) Definição; 7.2) Princípio do aumento da entropia; 7.3.) Variação da entropia de substâncias puras, diagramas; 7.4) Identidades termodinâmicas (relações TdS); 7.5) Variação da entropia de líquidos e sólidos; 7.6) Variação da entropia de gases ideais; 7.7) Trabalho reversível em regime permanente; 7.8) Balanço de entropia. [10 h.a.]
8. **Relações entre propriedades termodinâmicas.** 8.1) Cálculo de várias variáveis aplicado à Termodinâmica; 8.2) Energias livres de Gibbs e Helmholtz; 8.3) Relações de Maxwell; 8.4) Equação de Clapeyron; 8.5) Coeficientes termodinâmicos; 8.6) Relações gerais para cálculo de propriedades. [8 h.a.]

7) Metodologia

A disciplina será oferecida por meios síncronos e assíncronos. Aulas serão ministradas e gravadas de forma síncronas nas quartas e sextas-feiras, entre 10h10min e 12h00min. Posteriormente, os *links* de acesso aos vídeos serão disponibilizados para os alunos matriculadas na disciplina, via MOODLE. As aulas síncronas terão por objetivo apresentar os conceitos teóricos listados na ementa da disciplina.

Aulas assíncronas serão gravadas em vídeo e disponibilizadas pelo professor na plataforma MOODLE com a finalidade de complementar a carga horária e o conteúdo programático do curso.

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

8) Avaliação

Ocorrerá através de 3 (três) avaliações escritas síncronas (P1-P3) aplicadas na Plataforma MOODLE. A média final (MF) será calculada da seguinte forma:

$$MF = (0,9*P1 + 1,05*P2 + 1,05*P3) / 3$$

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: $NF = (MF + REC) / 2$.

Com relação à aplicação das avaliações e à frequência, esclarece-se o seguinte:

- As avaliações ocorrerão *online*, atendendo a Resolução Normativa 140/2020/CUn.
- As avaliações constarão do Cronograma, e serão detalhadas, registradas e divulgadas no MOODLE.
- As avaliações são individuais e com consulta apenas ao material bibliográfico da disciplina (livros-texto, anotações pessoais e material repassado pelo Professor).
- A frequência suficiente ao curso é obrigatória. A frequência será registrada pelo docente, ou pelo próprio aluno, em cada acesso às aulas síncronas, utilizando o registro de frequência do MOODLE. Para ter direito a fazer a prova REC, o aluno deverá ter atingido 75% de frequência nas aulas síncronas.

9) Cronograma

1. As aulas síncronas serão realizadas nas quartas e sextas-feiras, entre 10h10min e 11h50min, via aplicativo *Google Meets* (*link* disponibilizado antecipadamente aos estudantes).
2. As avaliações *online* serão realizadas nos dias **3/3 (P1)**, **7/4 (P2)**, **12/5 (P3)**, na Plataforma MOODLE. As provas terão início às 10h00min e término às 12h30min. A REC será realizada em **21/5** também de 10h00min às 12h30min.

O cronograma detalhado da disciplina é apresentado abaixo, em conformidade com a Resolução Normativa 140/2020/CUn.

Semana - Dia	Conteúdo	Semana - Dia	Conteúdo
1 – 3/2	Cap. 1	1 – 5/2	Cap. 1
2 – 10/2	Cap. 2	2 – 12/2	Cap. 2
3 – 17/2	Cap. 3	3 – 19/2	Cap. 3
4 – 24/2	Cap. 3/4	4 – 26/2	Cap. 4
5 – 3/3	P1	5 – 5/3	Cap. 4
6 – 10/3	Cap. 4	6 – 12/3	Cap. 4/5
7 – 17/3	Cap. 5	7 – 19/3	Cap. 5
8 – 24/3	Cap. 5	8 – 26/3	Cap. 6
9 – 31/3	Cap. 6	9 – 2/4	Feriado
10 – 7/4	P2	10 – 9/4	Cap. 6
11 – 14/4	Cap. 7	11 – 16/4	Cap. 7
12 – 21/4	Feriado	12 – 23/4	Cap. 7
13 – 28/4	Cap. 7	13 – 30/4	Cap. 7
14 – 5/5	Cap. 8	14 – 7/5	Cap. 8
15 – 12/5	Cap. 8	15 – 14/5	P3
16 – 18/5	-	16 – 21/5	REC

10) Bibliografia Básica

1. Termodinâmica, ÇENGEL, Y.A.; BOLES, M.A., 7ª Ed., McGraw-Hill, 2013. (5ª Ed. 2006)

Notas de esclarecimento:

- As anotações do professor serão disponibilizadas 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. Fundamentos da Termodinâmica, Van WYLEN, G.J.; SONNTAG, R.E.; BORGNAKKE, C.; 8ª Ed., Editora Edgard Blücher, 2013. (6ª Ed. 2003)
3. Princípios de Termodinâmica para Engenharia, MORAN, M.J.; SHAPIRO, H.N.; 6ª Ed., LTC, 2008.