



Universidade Federal de Santa Catarina
Campus Araranguá - ARA
Centro de Ciências, Tecnologias e Saúde
Departamento de Energia e Sustentabilidade
Plano de Ensino

SEMESTRE 2020.2

I. IDENTIFICAÇÃO DA DISCIPLINA

| CÓDIGO | NOME DA DISCIPLINA | Nº DE HORAS-AULA SEMANAIS - TEÓRICAS | Nº DE HORAS-AULA SEMANAIS - PRÁTICAS |
|---------------------------------------|--------------------------------|---|---|
| EES7366 | Termodinâmica II | 2 | 0 |
| TOTAL DE HORAS-AULA SEMESTRAIS | HORÁRIO TURMAS TEÓRICAS | HORÁRIO TURMAS PRÁTICAS | MODALIDADE |
| 36 | 2.1620(2) | | Ensino Remoto Emergencial |

II. PROFESSOR(ES) MINISTRANTE(S)

Rogério Gomes de Oliveira

III. PRÉ-REQUISITO(S)

FQM7113 - Química geral

EES7350 - Termodinâmica I

IV. CURSO(S) PARA O(S) QUAL(IS) A DISCIPLINA É OFERECIDA

ENGENHARIA DE ENERGIA [Campus Araranguá]

V. JUSTIFICATIVA

O desenvolvimento das máquinas térmicas, dos refrigeradores e climatizadores, baseado no estudo da termodinâmica, causou importantes avanços tecnológicos, impulsionou a revolução industrial, permitiu um melhor armazenamento e distribuição dos alimentos, e proporcionou maior conforto térmico em edificações e veículos. O engenheiro de energia deve compreender as características tanto dos ciclos utilizados para geração de potência de trabalho quanto daqueles que consomem potência de trabalho para fins de refrigeração e climatização e desta forma, saber quais os fatores que impactam a eficiência energética dos sistemas operando com esses ciclos. No caso da análise dos sistemas para climatização, é importante o engenheiro de energia conhecer como utilizar as propriedades das misturas de gases, especialmente, da mistura do ar seco com vapor de água, pois grande parte da energia consumida nos processos de climatização está relacionada a retirada da umidade do ar. E além de conhecer as características desses ciclos termodinâmicos, o engenheiro de energia deve conhecer a termodinâmica das reações químicas para compreender os fatores que influenciam a combustão e saber como calcular o máximo trabalho reversível que é obtido numa célula de combustível.

VI. EMENTA

Ciclos de potência e refrigeração. Cogeração. Misturas de gases. Termodinâmica das reações químicas.

VII. OBJETIVOS

Objetivo Geral:

Fornecer os subsídios necessários para o aluno entender e analisar o funcionamento de ciclos para produção de potência de eixo e para bombeamento de calor, as misturas de gases nos processos termodinâmicos e as reações químicas de interesse na conversão de energia.

Objetivos Específicos:

- . Apresentar diferentes ciclos de produção de potência de eixo e de bombeamento de calor.
- . Demonstrar como calcular as propriedades termodinâmicas das misturas de gases e como utilizá-las em processos termodinâmicos.
- . Apresentar o processo de combustão sobre o ponto de vista da termodinâmica clássica.
- . Demonstrar como aplicar a primeira e segunda lei da termodinâmica em sistemas reagentes.

VIII. CONTEÚDO PROGRAMÁTICO

- . Ciclos de potência e ciclos de bombeamento de calor.
- . Cogeração.
- . Misturas de gases e aplicações.
- . Termodinâmica de reações químicas e aplicações.

IX. COMPETÊNCIAS/HABILIDADES

Espera-se que os estudantes que acertarem pelo menos, 70 % das respostas dos questionários que serão disponibilizados periodicamente, saibam:

diferenciar os diversos ciclos de produção de potência de eixo e de bombeamento de calor, e calcular seus consumos ou produções de determinadas formas de energia, assim como calcular suas eficiências;
demonstrar como calcular as propriedades termodinâmicas das misturas de gases e como utilizá-las em processos termodinâmicos;

compreender o processo de combustão sobre o ponto de vista da termodinâmica clássica;

demonstrar como aplicar a primeira e segunda lei da termodinâmica em sistemas reagentes.

X. METODOLOGIA DE ENSINO / DESENVOLVIMENTO DO PROGRAMA

Serão aplicadas diferentes metodologias de ensino remoto em ambiente virtual de aprendizagem, que incluirão:

1) a disponibilização de material de estudo em ambiente Moodle e indicação de links com material de estudo;

2) o diálogo através de fóruns no ambiente Moodle para que os alunos possam expressar suas dúvidas e tanto o professor quanto os demais alunos possam interagir para elucidar essas dúvidas;

3) atividades síncronas para elucidar dúvidas ou apresentar novos conteúdos.

XI. METODOLOGIA E INSTRUMENTOS DE AVALIAÇÃO

A verificação do rendimento escolar compreenderá frequência e aproveitamento nos estudos, os quais deverão ser atingidos conjuntamente. Será obrigatória a frequência às atividades correspondentes a cada disciplina, ficando nela reprovado o aluno que não realizar, no mínimo a 75% das horas-aulas (ha) de atividades descritas no cronograma.

A nota mínima para aprovação na disciplina será 6,0 (seis). (Art. 69 e 72 da Res. nº 17/CUn/1997).

O aluno com frequência suficiente (FS) e média das notas de avaliações do semestre entre 3,0 e 5,5 terá direito a uma nova avaliação no final do semestre (REC), exceto as atividades constantes no art.70, § 2º. A nota será calculada por meio da média aritmética entre a média das notas das avaliações parciais (MF) e a nota obtida na nova avaliação (REC). (Art. 70 e 71 da Res. nº 17/CUn/1997).

Ao aluno que não comparecer às avaliações ou não apresentar trabalhos no prazo estabelecido será atribuída nota 0 (zero). (Art. 70, § 4º da Res. nº 17/CUn/1997)

Avaliações

A nota final será obtida a partir da média aritmética simples de 2 avaliações assíncronas as quais os alunos terão 72 h para realizar.

#Registro de frequência

A frequência será aferida semanalmente através da visualização integral e por tempo mínimo de 50 minutos das atividades assíncronas indicadas no cronograma. No caso de atividade síncrona, o aluno obtém frequência ao participar da atividade ou ao ouvir integralmente o podcast dessa atividade, na semana em que for divulgado.

Pedido de Nova Avaliação - Art. 74 da Res. nº 17/CUn/97

O aluno, que por motivo de força maior e plenamente justificado, deixar de realizar avaliações previstas no plano de ensino, deverá fazer o pedido à Chefia do Departamento de Energia e Sustentabilidade (EES), dentro do prazo de 3 (três) dias úteis, apresentando documentação comprobatória. O pedido de Nova Avaliação deve ser formalizado na Secretaria Integrada de Departamentos (SID).

XII. CRONOGRAMA

| SEMANA | DATAS | ASSUNTO |
|---------------|-------------------------|--|
| 1 | 01/02/2021 a 07/02/2021 | Atividade síncrona sobre ciclos de refrigeração e apresentação da disciplina (1 ha síncrona) # Tópico 1 - Ciclos de refrigeração 1.1 O ciclo de Carnot Reverso e o Ciclo Rankine Reverso Ideal (1/2 ha assíncrona) Videoaula sobre ciclo Rankine reverso ideal (1/2 ha assíncrona) |
| 2 | 08/02/2021 a 14/02/2021 | 1.2 O Ciclo Rankine Reverso Real (1/2 ha assíncrona) 1.3 Alguns Ciclos de Refrigeração Avançados (1/2 ha assíncrona) Resolução de exercícios sobre ciclo Rankine reverso (1 ha assíncrona) |

| | | |
|----|-------------------------|---|
| 3 | 15/02/2021 a 21/02/2021 | # Tópico 2 - Ciclos de potência 2.1 Introdução aos ciclos de potência (1/2 ha assíncrona) 2.2 O Ciclo de Carnot com mudança de fase e o Ciclo Rankine Ideal (1/2 ha assíncrona) Videoaula sobre ciclo Rankine Ideal (1/2 ha assíncrona) 2.3 Efeito das Condições de Operação no Ciclo Rankine, Modificações no Ciclo Rankine e Desvios da Idealidade (1/2 ha assíncrona) Videoaula sobre ciclo Rankine com reaquecimento (1/2 ha assíncrona) Videoaula com resolução de exercício sobre ciclo Rankine com reaquecimento (1/2 ha assíncrona) |
| 4 | 22/02/2021 a 28/02/2021 | Videoaula sobre ciclo Rankine regenerativo (1/2 ha assíncrona) Videoaula com resolução de exercício sobre ciclo Rankine regenerativo (1/2 ha assíncrona) Resolução de exercícios sobre ciclos de potência Rankine (1 ha assíncrona) Atividade síncrona sobre ciclo Rankine (1 ha síncrona) |
| 5 | 01/03/2021 a 07/03/2021 | 2.4 Ciclos de potência a gás (ar) do tipo Brayton e Ericsson (1/2 h ha assíncrona) Videoaula sobre ciclo Brayton Ideal (1/2 h ha assíncrona) Videoaula sobre ciclo Brayton regenerativo (1/2 h ha assíncrona) Atividade síncrona sobre ciclos de potência Brayton (1 ha síncrona) |
| 6 | 08/03/2021 a 14/03/2021 | Atividade síncrona sobre ciclo Brayton (1 ha síncrona) Resolução de exercícios sobre ciclo Brayton (1 ha assíncrona) 2.5 Ciclos em motores recíprocos (alternativos): Ciclo Otto e Ciclo Diesel (1/2 ha assíncrona) Videoaula sobre ciclo Otto Ideal (1/2 ha assíncrona) Videoaula sobre ciclo Diesel Ideal (1/2 ha assíncrona) |
| 7 | 15/03/2021 a 21/03/2021 | Resolução de exercícios sobre ciclos Otto, Diesel (1 ha assíncrona) 2.6 Outros ciclos a gás (combustão interna e externa) (1/2 ha assíncrona) Resolução de exercícios sobre outros ciclos de potência a gás (1 ha assíncrona) |
| 8 | 22/03/2021 a 28/03/2021 | 2.7 Cogeração (1/2 ha assíncrona) Resolução de exercícios sobre cogeração (1 ha assíncrona) Atividade síncrona sobre ciclo Otto, diesel e outros a gás e cogeração (1 ha síncrona) |
| 9 | 29/03/2021 a 04/04/2021 | 1a Avaliação (2ha assíncrona) |
| 10 | 05/04/2021 a 11/04/2021 | Tópico 3 - Mistura de gases e psicrometria 3.1 Mistura de gases ideais (1/2 ha assíncrona) 3.2 As propriedades do ar úmido (1/2 ha assíncrona) Videoaula sobre utilização da carta psicrométrica (1/2 ha assíncrona) Resolução de exercícios sobre mistura de gases e psicrometria (1 ha síncrona) |
| 11 | 12/04/2021 a 18/04/2021 | 3.3 Processos com ar úmido para condicionamento de ar (1/2 ha assíncrona) Atividade síncrona sobre mistura de gases e psicrometria (1 ha síncrona) Resolução de exercícios sobre psicrometria e processos com ar úmido (1 ha síncrona) |
| 12 | 19/04/2021 a 25/04/2021 | Tópico 4 - Termodinâmica das reações químicas 4.1 Combustíveis e o processo de combustão (1/2 ha assíncrona) 4.2 Entalpia de formação e entropia absoluta (1/2 ha assíncrona) Resolução de exercícios sobre combustão, entalpia de formação e entropia absoluta (1 ha síncrona) |

| | | |
|----|-------------------------|--|
| 13 | 26/04/2021 a 02/05/2021 | 4.3 Entalpia e energia interna de combustão, calor de reação, temperatura adiabática de chama (1/2 ha assíncrona) Resolução de exercícios sobre entalpia e energia interna de combustão, calor de reação, temperatura adiabática de chama (1 ha síncrona) 4.4 Aplicação da 2a Lei em sistemas reagentes (trabalho reversível) e células de combustível (1/2 ha assíncrona) |
| 14 | 03/05/2021 a 09/05/2021 | Resolução de exercícios sobre Aplicação da 2a Lei em sistemas reagentes, trabalho reversível e células de combustível (1 ha síncrona) Atividade síncrona sobre termodinâmica das reações químicas (1ha assíncrona) |
| 15 | 10/05/2021 a 16/05/2021 | 2a Avaliação (2 ha assíncrona) |
| 16 | 17/05/2021 a 23/05/2021 | Exame de recuperação (assíncrono) |

Obs: O calendário está sujeito a pequenos ajustes de acordo com as necessidades das atividades

XIII. FERIADOS PREVISTOS PARA O SEMESTRE

| | |
|------------|-------------------------------|
| 15/02/2021 | Ponto facultativo Carnaval |
| 16/02/2021 | Carnaval |
| 02/04/2021 | Sexta-feira Santa |
| 03/04/2021 | Aniversário de Araranguá |
| 21/04/2021 | Tiradentes |
| 01/05/2021 | Dia do Trabalho |
| 04/05/2021 | Dia da Padroeira de Araranguá |
| 03/06/2021 | Corpus Christi |

XIV. BIBLIOGRAFIA BÁSICA

- MOREIRA, J.R.S. Aplicações da Termodinâmica - notas de aula de PME3240 -Termodinâmica I(PARTE II). São Paulo:USP, 2017. Disponível em <http://www.usp.br/sisea/wp-content/uploads/2017/06/APOSTILA-TERMO-PARTE-2.pdf>, último acesso em 04/08/2020.
- Strobel, C. Máquinas Térmicas I - Ciclos térmicos a vapor. Curitiba:UFPR, 2012. Disponível em http://ftp.demec.ufpr.br/disciplinas/EngMec_NOTURNO/TM364/Material%20de%20Aula/Aula%2001%20-%20Ciclos%20T%20E9rmicos%20a%20Vapor%20-%20M%20E1quinas%20T%20E9rmicas%20I.pdf, último acesso em 04/08/2020.
- Módulo VII -Mistura de Gases Ideais. Relações p-v-T. Entalpia, Energia Interna, Entropia e Calores Específicos. Sistemas com Misturas. Disponível em https://adm.online.unip.br/img_ead_dp/33399.PDF, último acesso em 04/08/2020.
- Martinelli Jr, L.C. Refrigeração e Ar-Condicionado. Parte IV - Psicrometria. Disponível em http://wiki.sj.ifsc.edu.br/images/7/72/RAC_IV.pdf, último acesso em 04/08/2020.
- BORGNAKKE, Claus; SONNTAG, Richard Edwin. Reações Químicas (Cap. 15) - Fundamentos da termodinâmica. 7. ed. São Paulo: Edgard Blucher, 2009. Disponível em <https://www.blucher.com.br/termo>, último acesso em 04/08/2020.
- BORGNAKKE, Claus; SONNTAG, Richard Edwin. Apêndice A - Fundamentos da termodinâmica. 7. ed. São Paulo: Edgard Blucher, 2009. Disponível em <https://www.blucher.com.br/termo>, último acesso em 04/08/2020.
- BORGNAKKE, Claus; SONNTAG, Richard Edwin. Apêndice B - Fundamentos da termodinâmica. 7. ed. São Paulo: Edgard Blucher, 2009. Disponível em <https://www.blucher.com.br/termo>, último acesso em 04/08/2020.
- BORGNAKKE, Claus; SONNTAG, Richard Edwin. Apêndice E - Fundamentos da termodinâmica. 7. ed. São Paulo: Edgard Blucher, 2009. Disponível em <https://www.blucher.com.br/termo>, último acesso em 04/08/2020.

XV. BIBLIOGRAFIA COMPLEMENTAR

1. Kroos, K.A.; Potter, M.C. Termodinâmica para engenheiros. São Paulo:Cengage Learning, 2015. Disponível em <http://portal.bu.ufsc.br/bases-de-dados-em-teste-3/> e <https://cengagebrasil.vstbridge.com/>
2. BORGNAKKE, Claus; SONNTAG, Richard Edwin. Fundamentos da termodinâmica. 7. ed. São Paulo: Edgard Blucher, 2009.
3. ÇENGEL, Y.A.; BOLES, M.A. Termodinâmica. 7. ed. Porto Alegre:AMGH, 2013. 1018 p.
4. Luz, M.L.G. S. Motores a combustão interna. Pelotas:UFPEL, 2011. Disponível em <https://wp.ufpel.edu.br/mlaura/files/2013/01/Apostila-de-Motores-a-Combust%C3%A3o-Interna.pdf>, último acesso em 04/08/2020.
5. TARDIOLI, P. W. Termodinâmica para Engenharia: Um curso Introdutório. São Carlos, UAB-UFSCar, 2013. Disponível em http://livresaber.sead.ufscar.br:8080/jspui/bitstream/123456789/2703/1/EA_Tardioli_Termodinamica.pdf, último acesso em 04/08/2020.
6. Schürhaus, P. Termodinâmica. União da Vitória, Centro Universitário de União da Vitória, 2007. Disponível em <http://engmadeira.yolasite.com/resources/Termodin%C3%A2mica.pdf>, último acesso em 04/08/2020.

Professor(a):

Aprovado pelo Colegiado do Curso em 09/02/2021 Presidente do Colegiado: