



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.

### EMC6713 – Termodinâmica de Materiais

#### 1) Identificação

Carga horária: 72 horas-aula, das quais: Teóricas: 72 horas-aula, Práticas: 00 horas-aula.  
Turma(s): 04236  
Nome(s) do(s) professor(es): Rodrigo Perito Cardoso, Email: rodrigo.perito@ufsc.br  
Período: 2º semestre de 2020

#### 2) Cursos

236 Engenharia de Materiais - Semestral

#### 3) Requisitos

Engenharia de Materiais (236): MTM3102

#### 4) Ementa

Estado gasoso, calor, temperatura e pressão. Variáveis de estado e equações de estado. As propriedades dos materiais. Sistemas termodinâmicos. Leis da termodinâmica. Termoquímica. Capacidades caloríficas. Entropia. Potenciais termodinâmicos. Critérios de espontaneidade de processos. Estabilidade de óxidos e sulfetos e os Diagramas de Ellingham.

#### 5) Objetivos

Geral:

Desenvolver uma compreensão intuitiva da termodinâmica com apropriação efetiva do conhecimento a partir dos princípios básicos da termodinâmica. Contextualizar estes princípios na área de Ciências e Engenharia de Materiais deixando clara sua aplicação na atuação profissional do Engenheiro de Materiais.

Específicos:

- 1 - Relacionar leis e propriedades gerais dos gases ideais e reais.
- 2 - Enunciar os princípios básicos da termodinâmica em termos de sua fundamentação teórica; desenvolver as equações que relacionam  $\Delta E$ ,  $\Delta H$ ,  $\Delta S$ ,  $\Delta G$ , e outras funções termodinâmicas;

aplicar os princípios termodinâmicos às transformações dos sistemas; aplicar as equações da termodinâmica para calcular as trocas de energia entre o sistema e o meio, nas formas de calor e trabalho.

3 - Enunciar e aplicar os critérios termodinâmicos de equilíbrio e espontaneidade; prever os efeitos da temperatura e da pressão sobre a energia livre de Gibbs; descrever os critérios de espontaneidade para que uma transformação termodinâmica ocorra naturalmente.

4 - Prever a estabilidade de óxidos e sulfetos com auxílio do diagrama de Ellingham, relacionar valores de propriedades termodinâmicas com espontaneidade de processos.

## 6) Conteúdo Programático

- 6.1. Sistemas, Propriedades e Processos Termodinâmicos. Variável de estado e equação de estado. Diferencial exata e inexata. Gás ideal. Pressão. Gases reais. Equação de van der Waals. Variáveis experimentais importantes para os materiais: O coeficiente de expansão térmica, o coeficiente de compressibilidade, a capacidade calorífica a volume constante e a capacidade calorífica a pressão constante. [08 horas-aula]
- 6.2. A primeira lei da termodinâmica. As leis da termodinâmica. O conceito de equilíbrio termodinâmico. Calor, trabalho e energia interna. A função entalpia. Processos termodinâmicos de especial interesse. A termoquímica e suas aplicações aos materiais. A lei de Kirchhoff. Efeito Joule e efeito Joule-Thomson, o princípio de funcionamento dos refrigeradores. [10 horas-aula]
- 6.3. A segunda lei da termodinâmica. Entropia. Regra de Trouton e de Richards. A combinação das duas leis. O Ciclo de Carnot. Máquinas térmicas. - Entropia de um gás ideal. A terceira lei da termodinâmica. Misturas de gases. Escala absoluta de temperatura. [08 horas-aula]
- 6.4. Critérios de espontaneidade e equilíbrio. Função de trabalho de Helmholtz e energia livre de Gibbs. As equações de Maxwell. A entropia e o volume como função de T e P. A equação de Gibbs-Helmholtz. Misturas. Propriedades de soluções. Diagramas de fases de sistemas binários [28 horas-aula]
- 6.5. A energia livre de uma reação e sua constante de equilíbrio. Equilíbrios homogêneos e heterogêneos. A estabilidade de óxidos e sulfetos e os Diagramas de Ellingham. Redução de óxidos metálicos pelo monóxido de carbono. O equilíbrio entre o carbono e seus óxidos. A redução de óxidos metálicos pelo hidrogênio. [8 horas-aula]

## 7) Metodologia

O MOODLE será utilizado como base para interface entre professores e alunos e para registro das atividades no período de aulas não presenciais. O processo de ensino e aprendizagem ocorrerá através de aulas expositivas interativas **síncronas**, por videoconferência, nos horários da disciplina (ver cronograma). Os estudantes deverão ser participativos, acompanhando o desenvolvimento das ideias e conteúdos expostos, contribuindo para o raciocínio lógico. Como complementação deste processo os alunos deverão ler a bibliografia recomendada. Ainda faz parte do processo de aprendizagem a resolução de problemas e exercícios de forma **assíncrona**.

## 8) Avaliação

Ocorrerá através de 3 (três) provas, P1, P2 e P3. A média final (MF) será calculada pela média das provas, ou seja:

$$MF = (P1 + P2 + P3) / 3$$

Obs: As provas serão individuais, não presenciais e disponibilizada no MOODLE, todas terão duração de 2h e serão disponibilizadas aos alunos por um período de 48h (ver cronograma).

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

## 9) Cronograma

Semana	Dia	Atividade	Dia	Atividade
1	02/02/2021	Funcionamento das aulas remotas e Gases	04/02/2021	Gases
2	09/02/2021	Trabalho, calor e energia Energia interna	11/02/2021	Trabalho de expansão Trocas térmicas (capacidade calorífica)
3	<b>16/02/2021</b>	<b>Feriado</b>	18/02/2021	Entalpia Transformações adiabáticas
4	23/02/2021	Variação de entalpia padrão Entalpia-padrão de formação	25/02/2021	Funções de estado
5	02/03/2021	Segunda Lei - Introdução Entropia	04/03/2021	Variação de entropia Terceira lei
			<b>Assíncrona</b>	<b>Prova 1 (duração de 2h) Entre 05/03/2021 (0:00h) e 06/02/2021 (23:59h)</b>
6	09/03/2021	Funções do sistema Energia de Helmholtz e Gibbs	11/03/2021	Energia Livre padrão de Gibbs
7	16/03/2021	Combinações entre a primeira e a segunda leis	18/03/2021	Estabilidade de fase Equilíbrio e transição de fase
8	<b>23/03/2021</b>	<b>Feriado</b>	25/03/2021	Diagramas de fase
9	30/03/2021	Aspectos termodinâmicos da transformação de fases	01/04/2021	Mistura - Grandezas molares
10	06/04/2021	Termodinâmica de misturas	08/04/2021	Propriedades de Soluções
			<b>Assíncrona</b>	<b>Prova 2 (duração de 2h) Entre 09/04/2021 (0:00h) e 10/04/2021 (23:59h)</b>
11	13/04/2021	Diagramas de fases de sistemas binários	15/04/2021	Diagramas de fases de sistemas binários
12	20/04/2021	Diagramas de fases de sistemas binários	22/04/2021	Reações espontâneas
13	27/04/2021	Resposta do equilíbrio às condições do sistema	29/04/2021	A energia livre de uma reação e sua constante de equilíbrio
14	04/05/2021	Diagramas de Ellingham	06/05/2021	Diagramas de Ellingham
15	11/05/2021	Demonstração de Thermocalc	<b>Assíncrona</b>	<b>Prova 3 (duração de 2h) Entre 13/05/2021 (0:00h) e 14/05/2021 (23:59h)</b>
16	18/05/2021	Preparação para recuperação	20/05/2021	<b>Recuperação (duração de 2h) Entre 20/05/2021 (0:00h) e 21/05/2021 (23:59h)</b>

## 10) Bibliografia Básica

1. Atkins, P. W., de Paula, J., FÍSICO-QUÍMICA, Rio de Janeiro: LTC, Nona Edição, 2012 ou qualquer outra edição disponível.
- A leitura do livro é de extrema importância. Mas o conteúdo dos slides e vídeos elaborados para esta disciplina serão suficientes como fonte de referência para o aluno estudar, aprender e se preparar para as avaliações.
  - Os slides e os vídeos serão disponibilizados no ambiente MOODLE da disciplina.
  - Solicita-se que os vídeos não sejam enviados para outras pessoas, diferentes daquelas matriculadas nessa disciplina, com o risco de ferir direitos autorais.

## 11) Bibliografia Complementar

1. Callister, Jr., William D., CIÊNCIA E ENGENHARIA DE MATERIAIS: UMA INTRODUÇÃO, Rio de Janeiro: LTC, 2008.
2. Atkins, P. W., de Paula, J., FÍSICO-QUÍMICA, Rio de Janeiro: LTC, Sétima Edição, 2003, ou qualquer outra edição disponível.
3. DeHoff, Robert, T., THERMODYNAMICS IN MATERIALS SCIENCE, Taylor & Francis Group, 2006
4. Çengel, Y. A.; Boles, M.A., Termodinâmica; McGraw Hill Co.2006.
5. Pilla, Luiz, FÍSICO-QUÍMICA, Livros Técnicos e Científicos, vol. 1.
6. Adamian, R.; Almendra, E., Físico-Química uma aplicação aos materiais, Rio de Janeiro, COPPE/UFRJ,2002.