

|                                              |                          |
|----------------------------------------------|--------------------------|
| <b>DISCIPLINA:</b> Termodinâmica dos Sólidos | <b>CÓDIGO:</b> 2EMAT.019 |
|----------------------------------------------|--------------------------|

**VALIDADE:** Início: agosto/2010

**Eixo:** Materiais

**Carga Horária: Total:** 75 horas / 90 horas-aula

**Semanal:** 6 aulas **Créditos:** 6

**Modalidade:** Teórica

**Integralização:** Obrigatória

**Classificação do Conteúdo pelas DCN:** Profissionalizante

**Ementa:**

Sinopse das leis da Termodinâmica; forma combinada da 1ª e 2ª leis; noções de reversibilidade; relações de definição, de coeficientes e de Maxwell para a termodinâmica dos sólidos; conceito de energia livre; termodinâmica de reações químicas; quantidades parciais molares; critérios de equilíbrio e espontaneidade; termodinâmica de soluções; termodinâmica de superfícies e interfaces; diagramas de fase; relação entre a termodinâmica e as propriedades físicas e microestrutura.

| <b>Curso(s)</b>          | <b>Período</b> |
|--------------------------|----------------|
| Engenharia dos Materiais | 6º             |

Departamento/Coordenação: Departamento de Engenharia de Materiais

**INTERDISCIPLINARIEDADES**

|                                                                 |
|-----------------------------------------------------------------|
| <b>Pré-requisitos</b>                                           |
| Termodinâmica Química                                           |
| <b>Co-requisitos</b>                                            |
| Não possui                                                      |
| <b>Disciplinas para as quais é pré-requisito / co-requisito</b> |
|                                                                 |
|                                                                 |
| <b>Transdisciplinaridade (inter-relações desejáveis)</b>        |
|                                                                 |

|                                                                  |                                                                                                    |
|------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Objetivos: A disciplina deverá possibilitar ao estudante:</b> |                                                                                                    |
| 1                                                                | Conceito de energia livre ( <b>Gibbs, Helmholtz</b> ) <b>energia interna, entropia e entalpia.</b> |
| 2                                                                | Critérios de espontaneidade e equilíbrio de processos.                                             |
| 3                                                                | Conservação da energia e variação de entropia nos fenômenos relacionados às                        |

|   |                                                                                                               |
|---|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|   | transformações dos estados de agregação (sólido, líquido e gás) e de fases (alotropias).                      |
| 4 | <b>Propiciar os conceitos básicos relacionados aos diagramas de fase, fenômenos superficiais dos sólidos.</b> |

| Unidades de Ensino |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | Carga-horária<br>Horas/aula |
|--------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------|
| 1                  | Revisão das leis da termodinâmica<br>Primeira lei da termodinâmica e conservação de energia<br>Definição de propriedades termodinâmicas e variáveis de processo (calor e trabalho)<br>Segunda lei da termodinâmica e definição de entropia<br>Noções de reversibilidade de processos.<br>Processos reversíveis e irreversíveis<br>Equações de estado para a 1ª e 2ª leis da termodinâmica<br>Forma combinada da 1ª e 2ª leis                                                                                                                                                                                                                                                            | 15                          |
| 2                  | Relações termodinâmicas<br>Relações de definição para os potenciais termodinâmicos de interesse (energia interna, entalpia, energias livres de Gibbs e de Helmholtz)<br>Relações de coeficientes<br>Capacidades caloríficas e coeficientes volumétricos dos materiais<br>Relações de Maxwell aplicadas na termodinâmica de materiais reais<br>Expressão de propriedades termodinâmicas de interesse como função de duas (2) propriedades experimentalmente mensuráveis<br>Expressão de propriedades termodinâmicas de interesse como função de propriedades não experimentalmente mensuráveis<br>Aplicação dos princípios da termodinâmica e comportamento térmico de materiais sólidos | 30                          |
| 3                  | Termodinâmica de reações químicas<br>Cálculos de calores de reação ou variações de entalpia de reações químicas em diferentes temperaturas<br>Cálculos de variação de entropia de reações e aplicação da 2ª lei<br>Conceito de atividade, relação entre equilíbrio químico e energia livre<br>Cálculos de energia livre de reações químicas<br>Energia livre como critério de espontaneidade                                                                                                                                                                                                                                                                                            | 10                          |
| 4                  | Termodinâmica das transições de fase de substâncias puras<br>Conceito de energia livre e equilíbrio de fases puras em transição<br>Critérios de equilíbrio e espontaneidade                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | 10                          |



|              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |           |
|--------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
|              | A equação de Clapeyron para a transição de fases de substâncias puras<br>Equilíbrio entre fases condensadas puras<br>Equilíbrio entre uma fase condensada pura e sua fase gasosa (equação de Clausius-Clapeyron na forma derivada e integrada)<br>Influência da pressão externa sobre a pressão de vapor de uma fase condensada pura                                                                                                                                          |           |
| 5            | Os diagramas de fase<br>Critérios de equilíbrio de fases em um sistema isolado<br>O diagrama de fases unário para uma substância pura<br>A regra das fases e cálculo do número de graus de liberdade<br>O diagrama de fases binário<br>O diagrama de fases para uma liga metálica eutética<br>O diagrama de fases para uma liga metálica não-eutética<br>A regra da alavanca e cálculo da proporção das fases em equilíbrio<br>Leitura e interpretação dos diagramas de fase. | 10        |
| 6            | Termodinâmica de superfícies e interfaces<br>Tensão superficial em líquidos e em sólidos<br>Fenômenos de adsorção química em sólidos                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | 10        |
| 7            | Relação entre a termodinâmica e as propriedades físicas e microestrutura                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | 6         |
| <b>Total</b> |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | <b>90</b> |

#### **Bibliografia Básica**

|   |                                                                                                     |
|---|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1 | PAULA, J.; ATKINS, P. <b>Físico-química</b> . 8 ed. Rio de Janeiro: LTC, 2008. v 1. 609p.           |
| 2 | PAULA, J.; ATKINS, P. <b>Físico-química</b> . 8 ed. Rio de Janeiro: LTC, 2008. v 2. 448p.           |
| 3 | DEHOFF, R. T. <b>Thermodynamics in materials science</b> . 2 ed. New York: McGraw-Hill, 2006. 624p. |

#### **Bibliografia Complementar**

|   |                                                                                                                                                     |
|---|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1 | LEE, H. <b>Chemical thermodynamics for metals and materials</b> . New Jersey: World Scientific Publishing, 1999. 309p.                              |
| 2 | PORTER, D. A.; EASTERLING, K. E.; SHERIF, M. <b>Phase transformations in metals and alloys</b> . 3 ed. London: Pennsylvania: CRC Press. 2009. 520p. |
| 3 | SANTOS, R. G. <b>Transformações de fases em materiais metálicos</b> . Campinas: UNICAMP, 2006. 432p.                                                |
| 4 | KORETSKY, M. D. <b>Termodinâmica para engenharia química</b> . Rio de Janeiro: LTC, 2007. 502p.                                                     |
| 5 | HUDSON, J. B. <b>Thermodynamics of materials: classical and statistical synthesis</b> . New York: John Wiley Professional, 1996. 384p.              |