

Ficha de Unidade Curricular LEQB

Unidade Curricular

Português

Termodinâmica

Inglês

Thermodynamics

Total de horas

Teóricas

45

Teórico-práticas

15

Práticas Laboratoriais

15

Docente Responsável

Nome completo

José Augusto Paixão Coelho

Outros Docentes

Nome completo 1

Ruben Anacoreta Seabra Elvas Leitão

Nome completo 2

Nelson Guerreiro Cortez Nunes

Nome completo 3

Angela Maria Pereira Martins Nunes

Objetivos de aprendizagem (conhecimentos, aptidões e competências a desenvolver pelos estudantes)

Learning outcomes of the curricular unit

1. Usar leis fundamentais da TM macroscópica para a resolução de problemas quantitativos, recorrendo a ferramentas matemáticas apropriadas para a determinação de variáveis e funções de estado;
2. Resolver e interpretar questões teóricas relativas aos conceitos fundamentais da TM, nomeadamente sobre funções e variáveis termodinâmicas e seu relacionamento com situações experimentais concretas;
3. Resolver problemas de complexidade média/avançada identificando os princípios subjacentes para interpretar e criticar os resultados com vista a uma aplicação correta dos conceitos termodinâmicos à engenharia química;
4. Interpretar a representação diagramática do comportamento termodinâmico de substâncias puras e misturas simples;
5. Aplicar os conhecimentos à interpretação de equilíbrios de fases em sistemas multicompetentes, ao equilíbrio químico e eletroquímico nomeadamente: constantes de equilíbrio, composição no equilíbrio, equação de Nernst.

1. Use the fundamental laws of macroscopic thermodynamics to solve quantitative problems, through the appropriate mathematical tools to determine state variables and functions.
2. Solve and interpret theoretical issues relating to fundamental concepts of TM, including functions and thermodynamic variables and their relationship with experimental concrete situations;
3. Solve problems of medium/advanced complexity by identifying the underlying principles to interpret and criticize the results in view of a correct application of chemical engineering thermodynamic concepts;
4. Interpret the diagrammatic representation of the thermodynamic behavior of pure substances and simple mixtures in real systems;
5. Apply the acquired knowledge to the interpretation of phase equilibria of multicomponent systems, chemical and electrochemical equilibria, in particular calculation of equilibrium constants, equilibrium composition and Nernst equation.

Conteúdos programáticos

Syllabus

1. Variáveis e funções de estado. Gás perfeito. Leis de Dalton. Gases reais: eqs. de estado de van der Waals, virial e outras. Coord. críticas e PEC
2. Lei zero: equilíbrio térmico. 1ª lei: proc. reversíveis e irreversíveis. U, H, Cp e Cv. Efeito de Joule-Thomson. Termoquímica.
3. 2ª e 3ª lei: proc. reversíveis e irreversíveis. Macro e micro entropia e probabilidade. Energias de Helmholtz e Gibbs. Eqs. de Gibbs, rel. de Maxwell, eqs. de Gibbs-Helmholtz.
4. Transformações físicas de substâncias puras. Eq. de Clausius-Clapeyron
5. Grandezas parciais molares. Eq. de Gibbs-Duhem. Fugacidade. Grandezas de mistura. Leis de Raoult e Henry, Diagr. T-x (destilação, L-L, S-L e V-L)
6. Misturas de líquidos reais. Funções de excesso: Coeficientes de atividade. A equação de Margules, Van Laar. Aplicações ao cálculo dos coeficientes de atividade.
7. Equil. Químico/electroquímico: Keq, eq. de Van't Hoff, pot. de eléctrodo, eq. de Nernst

1. Variables & state functions. Perfect gas. Dalton laws, eqns. of State. Critical coordinates, CSP
2. 0th law: thermal equilibrium. 1st law: reversible processes. U, H, Cp, Cv. Joule-Thomson effect. Thermochemistry
3. 2nd & 3rd laws: reversible & irreversible processes. Micro/macro entropy & probability. Helmholtz & Gibbs energies. Gibbs Eqns, Maxwell relations.
4. Pure substances physical transformations., Clausius-Clapeyron eqn, higher order phase transitions.
5. Simple mixtures. Partial molar quantities. Gibbs-Duhem eqn. Fugacity. Mixt. & excess Quantities, Raoult & Henry Laws, T-x diagrams (distillations, L-L & S-L diagr.)
6. Real liquids mixtures. Partial molar quantities, chemical potential and activity coefficient. Multicomponent systems, excess properties. Equation of Margules, Van Laar, Wilson
7. Chemical/electrochemical equilib.: Keq, Van't Hoff Eqn, electrode potentials, Nernst equation.

Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular *Demonstration of the syllabus coherence with the curricular unit's objectives*

Os tópicos do programa cobrem a totalidade das matérias que devem constar de uma UC introdutória de termodinâmica de um curso de licenciatura de engenharia química.

A sua ordem segue de perto o 1º livro da bibliografia o que facilita ao aluno a consulta para aprofundamento ou resolução de problemas fora das aulas.

Os conteúdos programáticos refletem uma termodinâmica basilar para qualquer curso de engenharia química e pretende com os objetivos já definidos, colocar aos alunos problemas e soluções característicos destas matérias, como se constata quer no programa quer pela literatura atualizada.

Os trabalhos práticos permitem uma maior perceção da matéria com os temas: Equação de estado de gás ideal; Curva de solubilidade fenol-água; Calor de reação; Calor de solução do ácido benzoico; Equivalente elétrico do calor, ou outros que podem variar no semestre.

The program topics cover all matters to be included in an introductory UC thermodynamics of a 1st cycle chemical engineering course.

Except for a small part of topics 1 and 6, topic's order follows closely the 1st book in the bibliography to facilitate the student to deepen theoretical matters, namely, interpretation or problem solving outside the classroom.

The contents reflect necessary thermodynamics for any chemical engineering course and going with their goals already set, put students with typical problems and solutions thereof, as it turns out either in the program or by the updated literature.

The laboratory work allows a greater perception of the topics, covering different themes: Ideal gas state equation; Phenol-water solubility curve; Heat of Reaction; Benzoic acid solution heat; Electric equivalent of heat, or others that may change in the semester.

Metodologias de ensino (avaliação incluída)
Teaching methodologies (including evaluation)

Aulas expositivas e de resolução de problemas. Os problemas ilustram todos os objetivos do programa bem como a interpretação dos resultados de vista a uma melhor compreensão das matérias e ao controlo de erros na resolução autónoma pelo aluno.

Os trabalhos experimentais complementam a aplicação à UC. Os estudantes são contínua e fortemente encorajados a procurar os professores da UC para orientação tutorial. Aprovação nas aulas laboratoriais, através da presença obrigatória e realização de todos os trabalhos práticos e respetivos relatórios com a nota de trabalho prático NP $\geq 9,5$. Discussão do (s) trabalhos quando necessário.

Avaliação no período letivo:

Duas fichas a colocar no Moodle para os alunos resolverem em 1,5 hora (F1e F2)

Nota de $F1+F2 \geq 9,5$

Dois testes parciais (T1 e T2): $T1 \geq 8,0$; $T2 \geq 8,0$

$NT = ((T1+T2)/2)*0,8 + ((F1+F2)/2)*0,2$:

$NT \geq 9,5$

Final: $NF = 0,75*NT + 0,25*NP$

No caso de em um semestre não se realizar as F1 e F2, a NT será contabilizado exclusivamente com $((T1+T2)/2)*1,0$.

Avaliação por exame:

Nota do exame (NE): $NE \geq 9,5$

Nota Global: $NG = NE*0,8 + ((F1+F2)/2)*0,2$:

$NF = 0,75*NG + 0,25*NP$

No caso de em um semestre não se realizar as F1 e F2, a NG será contabilizado exclusivamente com $NG = NE*1,0$.

Lectures and problem-solving classes. Problems illustrate the syllabus goals with a particular emphasis on a proper understanding of the addressed issues and to effectively guide autonomous resolution by the student focusing also on minimizing common resolution mistakes. The experimental work complements the application to UC. Students are strongly encouraged to seek continuous tutorial orientation by the CU teachers. Approval in the laboratory lessons, through the mandatory attendance and achievement of all assignments and respective reports with the practical work NP $\geq 9,5$. Discussion of the practical works when necessary.

Evaluation in school period:

Two mini tests to put in Moodle for students to solve in 1,5 hour (F1e F2)

The total score of $F1+F2 \geq 9,5$

Two partial tests (T1 e T2): $T1 \geq 8,0$; $T2 \geq 8,0$

$NT = ((T1+T2)/2)*0,8 + ((F1+F2)/2)*0,2$:

$NT \geq 9,5$

Final Grade: $NF = 0,75*NT + 0,25*NP$

If F1 and F2 are not performed in one semester, the NT will be counted exclusively with $((T1+T2)/2)*1,0$.

Final exam evaluation:

NE = Exam Grade: $NE \geq 9,5$

Global Theoretical grade : $NG = NE*0,8 + ((F1+F2)/2)*0,2$:

Final Grade: $NF = 0,75*NG + 0,25*NP$

If F1 and F2 are not carried out in one semester, NG will be counted exclusively with $NG = NE*1,0$.

Demonstração da coerência das metodologias de ensino com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular

Demonstration of the coherence between the teaching methodologies and the learning outcomes

A aprendizagem dos conteúdos programáticos é feita, por um lado, a partir das aulas onde são apresentados e desenvolvidos os tópicos do programa e, por outro, pela resolução autónoma em ambiente de sala de aula de um conjunto apropriado de problemas propostos aos alunos. Esta metodologia permite aos alunos a adequada aplicação das ferramentas fundamentais da termodinâmica, o desenvolvimento de espírito crítico relativamente aos valores encontrados, o controlo de erros na resolução dos problemas e a interpretação físico-química dos resultados obtidos.

A apresentação teórica com a demonstração de casos práticos do dia-a-dia da termodinâmica, pretende cativar os alunos para um programa sempre desafiante e primordial para a formação em engenharia.

A complementaridade dos trabalhos práticos com as aulas teóricas permite aos alunos constatar de uma forma imediata as aplicações práticas da UC.

Os objetivos definidos da UC e suas aprendizagens serão fundamentais para UCs mais avançadas nas ciências de engenharia como Processos de Engenharia Química e Biológica e Fenómenos de Transferência 1.

The learning process derives from, on the one hand, the classes where the program topics are presented and developed and, on the other hand, by the autonomous resolution in a classroom environment of an appropriate set of problems proposed to the students. This methodology allows students to properly apply the fundamental tools of thermodynamics, the development of critical spirit, errors detection in problem solving and physical-chemical interpretation of obtained results.

The theoretical presentation with the demonstration of practical cases of the day-to-day of thermodynamics, aims to captivate students for a program always challenging and primordial for engineering training.

The complementarity of practical work with theoretical classes allows students to immediately observe the practical applications of the curricular unit.

The defined curricular unit objectives and learning outcomes will be key to more advanced CUs in engineering sciences such as Chemical and Biological Engineering Processes and Transfer Phenomena 1.

Bibliografia Principal

Main Bibliography

1. de Azevedo, G. M., Termodinâmica Aplicada, 4ª ed., Escolar Editora, 2018.
2. Atkins, P. W., de Paula, J., Physical Chemistry, 10th ed., Oxford University Press, 2011.
3. Renuncio, J. A. R., Sánchez, J. J. R., Navarro, J. S. U., Termodinâmica Química, 2ª ed., Síntesis, 2000.
4. Barrow, G. M., Physical Chemistry, 6ª ed., McGraw-Hill, 1996.