instituto superior de engenharia de lisboa

Ficha de Unidade Curricular A3ES
Termodinâmica
Licenciatura em Engenharia Química e Biológica

2025-26

1. Designação da unidade curricular

[4417] Termodinâmica / Thermodynamics

2. Sigla da área científica em que se insere	CEE
3. Duração	Unidade Curricular Semestral
4. Horas de trabalho	135h 00m
5. Horas de contacto	Total: 67h 30m das quais T: 42h 00m | TP: 13h 30m | P: 12h 00m
6. % Horas de contacto a distância	Sem horas de contacto à distância
7. ECTS	5
8. Docente responsável e respetiva carga letiva na Unidade Curricular	[858] José Augusto Paixão Coelho | Horas Previstas: N/D
9. Outros docentes e respetivas cargas letivas na unidade curricular	Não existem docentes definidos para esta unidade curricular

10. Objetivos de aprendizagem e a sua compatibilidade com o método de ensino (conhecimentos, aptidões e competências a desenvolver pelos estudantes).

1. Usar leis fundamentais da termodinâmica (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 multicomponentes, ao equilíbrio químico nomeadamente: constantes de equilíbrio, composição no equilíbrio.

10. Intended Learning objectives and their compatibility with the teaching method (knowledge, skills and competences by the students).

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 criticise the results, given a correct application of chemical engineering thermodynamic concepts.

4. Interpret the diagrammatic representation of the thermodynamic behaviour of pure substances and simple mixtures in real systems.

5. Apply the acquired knowledge to the interpretation of multicomponent, systems and chemical, equilibria's phase equilibria, in particular calculation of equilibrium constants, equilibrium composition.

11. Conteúdos programáticos

1. Variáveis e funções de estado. Gás perfeito. Leis de Dalton. Gases reais: eqs. de estado de van der waals, virial e outras. Coorden. 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-Helmlhotz.

4. Transf. 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: Keq, eq. de Van`t Hoff. Influencia de diverso parâmetros no equilíbrio.

11. Syllabus

1. Variables & state functions. Perfect gas. Dalton's laws, equations of State. Critical coordinates, CSP.
2. Zero 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 equation, 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 diagrams).
6. Real liquid mixtures. Partial molar quantities, chemical potential and activity coefficient. Multicomponent systems, excess properties. Equation of Margules, Van Laar, Wilson.
7. Chemical: Keq, Van?t Hoff Eqn. Influence of several parameters on equilibrium.

12. Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular

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 e biologia.
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 biologia pretende com os seus objetivos, já definidos, colocar os alunos com 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.

12. Evidence of the syllabus coherence with the curricular unit´s intended learning outcomes	Except for a small part of topics 1 and 6, the order of topics closely follows the first book in the bibliography to facilitate students in deepening their theoretical understanding, namely, interpretation or problem-solving outside the classroom. The contents reflect the necessary thermodynamics for any chemical and biological engineering course, and following their established goals, present students with typical problems and their solutions, as they are either addressed within the program or updated in the literature. The practical work allows for a greater improvement in the matter, focusing on the following themes: Ideal gas state equation, Phenol-water solubility curve, Heat of Reaction, Benzoic acid solution heat, and Electric equivalent of heat.
13. Metodologias de ensino e de aprendizagem específicas da unidade curricular articuladas com o modelo pedagógico	A unidade curricular será desenvolvida por meio de aulas expositivas teóricas (T), interativas e focadas na análise e discussão de problemas, com exemplos aplicados à resolução de questões teórico-práticas (TP). Nas sessões TP, os estudantes serão incentivados a participar ativamente, promovendo o desenvolvimento das competências previstas na unidade curricular. As aulas práticas laboratoriais (PL), de caráter obrigatório, incluirão diversos momentos de avaliação, com o objetivo de reforçar a compreensão dos conteúdos e complementar a sua aplicação prática no contexto da unidade curricular.
13. Teaching and learning methodologies specific to the curricular unit articulated with the pedagogical model	The course will be delivered through theoretical (T) lectures that are interactive and centred on analysing and discussing problems. These sessions will include applied examples for solving theoretical-practical (TP) exercises. During TP sessions, students will be encouraged to participate actively, promoting the development of the skills outlined in the course. Laboratory practical classes (PL), which are mandatory, will include various assessment points designed to reinforce the understanding of the subject matter and complement its practical application within the scope of the course unit.

14. Avaliação

As PL são de presença obrigatória, assim como a realização dos quatro trabalhos práticos e respetivos momentos de avaliação. Os momentos de avaliação da PL são o desempenho do aluno, relatórios e discussão, folhas de análise de resultados e testes de 10 minutos (TL). Estes elementos são considerados de avaliação pedagogicamente fundamentais para obter aprovação na UC com nota final TL >= 9,50 valores, assim como a apresentação/discussão do (s) trabalhos.

A componente laboratorial (PL) é calculada considerando a média dos testes de cada trabalho(TL), media do resultado das folhas de análise de resultados (FR), desempenho nas aulas (D), resultando numa nota parcial para a PL como:

NPL = ((0,2*TL) +(0,2*FR)+(0,1*D))/0,5

Finalmente o relatório (R) e discussão (D) contribuem para a nota final PL como:

PL = (NPL+(R+D)) /2

Avaliação distribuída com exame final.
Um teste global TG >= 9,50.
Sendo EF a classificação do exame final, EF >= 9,50.
Nota final (NF): NF=0,75TG+0,25 PL ou NF=0,75EF+0,25PL, NF >= 9,50.

14. Assessment

Attendance at the laboratory practical sessions (PL) is mandatory, as is the completion of the four practical assignments and their corresponding assessment components. The evaluation of the PL includes student performance, written reports, oral discussions, data analysis sheets, and 10-minute tests (TL). These components are considered pedagogically essential for the successful completion of the course unit. A minimum final TL score of 9.50, along with the presentation and discussion of the practical assignments, is required to pass.

The laboratory component (PL) is calculated based on the average of the tests for each assignment (TL), the average score of the result analysis sheets (FR), and class performance (D), resulting in a partial grade for the PL component as follows:

NPL = ((0.2*TL) +(0.2*FR)+(0.1*D))/0.5

Finally, the report (R) and the discussion (D) contribute to the final PL grade as follows:

PL = (NPL+(R+D)) /2

Continuous assessment with a final exam.

A global test (TG) with a minimum score of 9.50 is required.
Let EF be the final exam grade, with EF ? 9.50.
Final grade (FG) is calculated as:
FG = 0.75 × TG + 0.25 × PL, or FG = 0.75 × EF + 0.25 × PL, with FG ? 9.50.

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

A aprendizagem dos conteúdos programáticos é feita, por um lado, a partir das aulas teóricas onde são apresentados e desenvolvidos os tópicos do programa e, por outro, a partir da resolução, em ambiente de sala de aula e autonomamente, de um conjunto apropriado de problemas propostos aos alunos na sequência da apresentação teórica dos vários tópicos, o que 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.
As complementaridades dos trabalhos práticos permitem ao alunos constatar de uma forma imediata as aplicações práticas laboratoriais da UC. Com os objetivos definidos da UC e sua aprendizagem serão fundamentais para UC mais avançadas nas ciências de engenharia como Processos de Engenharia Química e Biológica e Fenómenos de Transferência 1.

15. Evidence of the teaching methodologies coherence with the curricular unit´s intended learning outcomes

The program topics encompass all aspects to be included in an introductory UC thermodynamics course for a 1st-cycle chemical engineering student.
Except for a small part of topics 1 and 6, the order of topics closely follows the 1st book in the bibliography to facilitate students in deepening their theoretical understanding, namely, interpretation or problem-solving outside the classroom.
The contents reflect fundamental thermodynamics for any chemical engineering course, and, given their goals, put students with typical problems and solutions thereof, as it turns out, either in the program or by the updated literature.
The complementarity of the practical work enables students to observe immediate applications of UC laboratory practices. With the objectives defined in the UC, your learning will be key to UC's most advanced engineering science, such as Chemical and Biological Process Engineering and Transport Phenomena 1.

16. Bibliografia de consulta/existência obrigatória

1. de Azevedo, G. M. (2018). Termodinâmica Aplicada (4ª ed.). Escolar Editora.
2. Atkins, P. W., & de Paula, J. (2011). Physical Chemistry (10th ed.). Oxford University Press.
3. Renuncio, J. A. R., Sánchez, J. J. R., & Navarro, J. S. U. (2000). Termodinámica Quimica (2ª ed.).

17. Observações

Unidade Curricular Obrigatória

Data de aprovação em CTC:

Data de aprovação em CP: