Module Description, available in: EN, FR

Advanced Thermodynamics

General Information

Number of ECTS Credits

3

Module code

TSM_AdvTherm

Valid for academic year

2025-26

Last modification

2018-11-06

Coordinator of the module

Timothy Griffin (FHNW, timothy.griffin@fhnw.ch)

Explanations regarding the language definitions for each location:

- Instruction is given in the language defined below for each location/each time the module is held.
- Documentation is available in the languages defined below. Where documents are in several languages, the percentage distribution is shown (100% = all the documentation).
- The examination is available 100% in the languages shown for each location/each time it is held.

	Lausanne			Lugano	Zurich		
Instruction		**X** F 100%			**X** E 100%		
Documentation		**X** F 100%	**X** E 100%		**X** E 100%		
Examination		**X** F 100%	**X** E 100%		**X** E 100%		

Module Category

TSM Technical scientific module

Lessons

2 lecture periods and 1 tutorial period per week

Entry level competences

Prerequisites, previous knowledge

Successful completion of a bachelor degree course on basic engineering thermodynamics

Brief course description of module objectives and content

In Part A this module reviews the subjects of basic engineering thermodynamics (energy, entropy and material balances, fluid properties, and important thermodynamic cycles) and extends knowledge to deal with real fluids, phase and chemical equilibria, system stability, and processes with chemical transformation.

Additionally, in Part B the students will learn to draw connections between detailed, thermodynamic formulae and full thermodynamic systems. The basic tools of thermodynamics (balances of conservative quantities) will be employed to model any complex, thermodynamic system. Selected examples will illustrate the utility of applying thermodynamics in various practical fields.

Aims, content, methods

Learning objectives and competencies to be acquired

Part A:
The achievement of the main goals in Part A is associated with the following competencies:

- Ability to set up and solve energy and entropy balances for open and closed thermodynamic systems.
- Ability to determine the properties of non-ideal gases and gas mixtures using corresponding states and/or a cubic equation of state.
- Understanding the Gibbs free energy and chemical potential and to be able to calculate conditions for thermal, phase and chemical equilibrium.

Part B:

- Intensify the understanding of some areas from Part A, by applying the gained knowledge in terms of model building of dynamic systems (e.g.: chemically reacting systems, irreversible levelling processes)
- Understand examples of how Advanced Thermodynamics is applied in practice (modeling of complex thermo-chemical processes, e.g. wood gasification, Richardson Ellingham diagram, analysis of cycle processes)

Module content with weighting of different components

Part A:
Part A starts with a review of basic principles, conservation equations for mass, energy and entropy and their application. Important thermodynamic cycles are analyzed and the Gibbs Free Energy is introduced. The interrelations between thermodynamic variables are introduced and used as the basis for calculating deviations from ideal gas behavior using a cubic equation of state. The necessity for partial molar properties to describe real mixtures is shown and the chemical potential is introduced. Conditions for phase and chemical equilibrium are derived and employed in simple systems.

Weekly problem sets dealing with the topics are distributed and solutions discussed with the class.

Part B:
Part B starts with the repetition and consolidation of selected fields from part A by transferring the knowledge to application via modelling thermodynamic systems. Introducing and using a System Dynamic methodology (supported by the software Berkeley Madonna, to model interacting systems (e.g.: chemically reacting species, irreversible levelling), two goals are achieved:

- Students get a visualized impression of dependencies
- Students can connect detailed formulae with a large scale system overview.

As part B progresses, application examples from practice are presented:

- The structure of modern thermodynamic equilibrium solvers in the context of modelling complex thermo-chemical processes (e.g. wood gasification)
- The Richardson Ellingham, its connection to the learned content and its wide spread application within metallurgy
- Analysis of basic and more advanced cycle processes (e.g.: Diesel cycle, Stirling cycle)

The thermodynamic basics of chemical reactor engineering (heat-, mass balancing in tank- and tube reactors, reaction- and flame temperatures) are discussed as well.

Teaching and learning methods

Lectures with discussion, Interactive derivations on blackboard, supported by PPT slides, weekly problem sets with solutions. In Part A some exercises will be solved using Matlab and/or Excel software. In Part B exercises require the System Dynamic software Berkeley Madonna. Trial versions (sufficient for the course) available online for free.

Literature

Sandler, S.I..(1940). Chemical and Engineering Thermodynamics, 1989, ISBN 978-0-471-66174-0

Dunn I.J., et., al. (2003). Appendix: Using the Berkeley Madonna Language, in Biological Reaction Engineering: Dynamic Modelling Fundamentals with Simulation Examples. 2003, Doi: 10.1002/3527603050.app1

Boiger, G., (2014). System Dynamic modeling approach for resolving the thermo-chemistry of wood gasification. Int. J. Mult. Ph. 2015.

Assessment

Additional performance assessment during the semester

The module does not contain an additional performance assessment during the semester

Basic principle for exams

As a rule, all standard final exams are conducted in written form. For resit exams, lecturers will communicate the exam format (written/oral) together with the exam schedule.

Standard final exam for a module and written resit exam

Kind of exam

Written exam

Duration of exam

120 minutes

Permissible aids

Aids permitted as specified below:

Permissible electronic aids

No electronic aids permitted

Other permissible aids

Notes and printed course presentations, course textbooks

Exception: In case of an electronic Moodle exam, adjustments to the permissible aids may occur. Lecturers will announce the final permissible aids prior to the exam session.

Special case: Resit exam as oral exam

Kind of exam

Oral exam

Duration of exam

30 minutes

Permissible aids

No aids permitted

Description du module, disponible en: EN, FR

Thermodynamique avancée

Informations générales

Nombre de crédits ECTS

3

Code du module

TSM_AdvTherm

Valable pour l'année académique

2025-26

Dernière modification

2018-11-06

Coordinateur/coordinatrice du module

Timothy Griffin (FHNW, timothy.griffin@fhnw.ch)

Explications concernant les langues d'enseignement par site :

- Les cours se dérouleront dans la langue définie ci-dessous par lieu/exécution.
- Les documents sont disponibles dans les langues définies ci-dessous. Pour le multilinguisme, voir la répartition en pourcentage (100% = documents complets)
- L'examen est disponible à 100% dans chaque langue sélectionnée pour chaque lieu/exécution.

	Lausanne			Lugano	Zurich		
Leçons		**X** F 100%			**X** E 100%		
Documentation		**X** F 100%	**X** E 100%		**X** E 100%		
Examen		**X** F 100%	**X** E 100%		**X** E 100%		

Catégorie de module

TSM approfondissement technico-scientifique

Leçons

2 leçons et 1 leçon de pratique par semaine

Compétences préalables

Connaissances préalables, compétences initiales

Avoir suivi avec succès le cours de niveau Bachelor en Thermodynamique de base

Brève description du contenu et des objectifs

Dans la partie A, le module revient sur les bases de l'ingénierie thermodynamique (les bilans d'énergie, d'entropie et de masse, les propriétés des fluides et les principaux cycles thermodynamiques) et élargit les connaissances pour aborder les fluides réels, l'équilibres entre phases et l'équilibres chimiques, la stabilité des systèmes, et les processus de transformation chimique.

Ensuite, au cours de la partie B, les étudiants apprennent à établir des connexions entre des formules thermodynamiques détaillées et des systèmes thermodynamiques complets. Les outils fondamentaux de thermodynamique seront utilisés pour modéliser tout système thermodynamique complexe. Des exemples choisis viendront illustrer l'utilité de la thermodynamique dans différents domaines d'application pratiques.

Objectifs, contenus, méthodes

Objectifs d'apprentissage, compétences à acquérir

Partie A:
La réalisation des principaux objectifs de la partie A est liée à l'acquisition des compétences suivantes :

- Être capable d'établir et de résoudre des bilans énergétiques et entropiques pour des systèmes thermodynamiques ouverts et fermés.
- Être en mesure de déterminer les propriétés des gaz et des mélanges gazeux non idéaux en utilisant la théorie des états correspondants et/ou une équation d'état cubique.
- Comprendre l'énergie libre de Gibbs et être capable de calculer les conditions d'équilibre thermique, entre phases et chimique.

Partie B:

- Approfondir la compréhension de certains domaines de la partie A en appliquant les connaissances acquises en termes de modélisation de systèmes.
- Comprendre les exemples montrant comment la thermodynamique avancée s'applique dans la pratique à la modélisation de processus thermomécaniques complexes (p. ex. machines trithermes à cycles avancés) et des processus réactifs (p. ex. installations de piles à combustible).

Contenu des modules avec pondération du contenu des cours

Partie A:
La partie A commence par une révision des principes fondamentaux, les équations de conservation de masse, d'énergie et d'entropie ainsi que leur application. Les principaux cycles thermodynamiques sont analysés et on introduit l'énergie libre de Gibbs. Les corrélations entre les variables thermodynamiques sont présentées et utilisées comme bases pour calculer les déviations d'un gaz par rapport au comportement idéal, à l'aide d'une équation cubique d'état. La nécessité d'utiliser des grandeurs molaires partielles pour décrire des mélanges réels est présentée et le potentiel chimique est introduit. Les conditions d'équilibre entre phases et d'équilibre chimique sont dérivées et ensuite utilisées dans des systèmes simples.

Des problèmes en lien avec les sujets abordés sont distribués chaque semaine aux étudiants et les solutions sont discutées en cours.

Partie B:
La partie B commence par une révision et une consolidation de thèmes choisis de la partie A passant par une mise en pratique des connaissances acquises avec d'une part les applications de mélange de fluides binaires non-réactifs dans les installations à processus thermomécaniques de chauffage, réfrigération et de production d'électricité et d'autre part les applications de mélange de fluides réactifs dans les systèmes thermochimiques de combustion et de piles à combustible.
L'introduction est une revue des systèmes thermomécaniques avancés à fluides binaires (p. ex : Le cycle de pompe à chaleur de Lorenz, les cycles à mélange de fluides organiques de Rankine), Ainsi:

- Les étudiants peuvent analyser et interpréter les différences par rapport aux cycles de base à fluides purs ;
- Les étudiants peuvent connecter des formules détaillées vues dans la partie A à une vue d'ensemble des systèmes à grande échelle.

Au fur et à mesure de la progression dans la partie B, les étudiants peuvent utiliser les diagrammes avancés pour résoudre des problèmes complexes en thermodynamiques:

- Le diagramme d'Ellingham, son rapport avec le contenu d'apprentissage et son vaste champ d'application au sein de la métallurgie;
- Les diagrammes de Oldham et de Merkel et ses applications dans les installations de machines à absorption, de transformateurs de chaleur et de machines à cycle de Kalina pour les installations géothermiques de production d'électricité.

En fin, les fondements thermodynamiques de l'ingénierie de la réaction chimique sont également abordés:

- Transferts thermiques et de masse dans les réacteurs tubulaires, températures de réaction et d'inflammation
- L'analyse des processus réactifs de base et plus avancés (p. ex.: Les processus de combustion pour les applications de moteurs à Gaz ou Diesel, les processus d'oxydo-réduction pour les applications de piles à combustible

Méthodes d'enseignement et d'apprentissage

Cours avec discussion, dérivations interactives au tableau, à l'appui de diapositives PPT, présentations de problèmes chaque semaine avec solutions. Au cours de la partie A, certains exercices seront résolus en utilisant des feuilles Excel.

Bibliographie

Sandler, S.I..(1940). Chemical and Engineering Thermodynamics, Thermodynamique chimique et ingénierie thermodynamique, 1989, ISBN 978-0-471-66174-0

Lucien Borel & Daniel Favrat,PPUR.(2005). Thermodynamique et Energétique, Tome 1 : De l'énergie à l'exergie, 2005, ISBN 2-88074-545-4

Evaluation

Évaluation supplémentaire pendant le semestre

Le module ne comprend pas d'évaluation supplémentaire pendant le semestre

Principe pour les examens

En règle générale, tous les examens réguliers de fin de module se déroulent sous forme écrite. Concernant les examens de répétition, leur format (écrit ou oral) sera communiqué par l'enseignant-e en même temps que le calendrier des examens.

Examen de fin de module régulier et examen écrit de répétition

Type de l'examen

Examen écrit

Durée de l'examen

120 minutes

Aides autorisées

Les aides suivantes sont autorisées:

Aides électroniques autorisées

Aucune aide électronique autorisée

Autres aides autorisées

Notes et présentations de cours imprimées, manuels de cours

Exception : En cas d'examen électronique sur Moodle, des modifications des aides autorisées peuvent survenir. Dans ce cas, les aides autorisées seront annoncées par les enseignant-e-s avant l'examen.

Cas spécial: examen de répétition oral

Type de l'examen

Examen oral

Durée de l'examen

30 minutes

Aides autorisées

Sans aides