Module Description, available in: EN, FR

Advanced Thermodynamics

General Information

Number of ECTS Credits

3

Module code

TSM_AdvTherm

Valid for academic year

2026-27

Last modification

2025-10-17

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 specified for each location and module execution.
- Documentation is available in the language(s) listed for each location and module execution. If the documentation is in multiple languages, the percentage distributed is indicated (100% = all documentation provided).
- The examination, including both questions and answers, is provided entirely (100%) in the language(s) specified for each location and module execution. The exams are on-site.

	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

Profile Recommendations

This module is recommended for the following profiles:

	Lausanne	Zurich
Profile	EnEn	EnEn

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, the module reviews the basics of engineering thermodynamics (the properties of pure and real fluids, the fundamental equations of energy, entropy, and mass balances, and important thermodynamic cycles) and expands on this knowledge to address real fluids in mixtures, phase and chemical equilibria, system stability, and processes with chemical transformation.

Then, in Part B, students learn to establish connections between detailed thermodynamic formulas and complete thermodynamic systems. The fundamental tools of thermodynamics will be used to model complex thermodynamic systems. 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:

- Deepen understanding of certain areas of Part A, by applying the knowledge acquired in terms of system analysis.
- Understand examples showing how advanced thermodynamics is applied in practice to the modeling of complex thermomechanical processes (e.g., the organic Rankine cycle) and reactive processes (e.g., chemical stability of metal oxides, or electrochemical applications, such as in fuel cells).
- Students can analyze and interpret the differences of basic cycles with mixtures as compared to performance with pure fluids

Module content with weighting of different components

Part A:

Part A begins 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 shown and used as the basis for calculating deviations from ideal gas behavior using a cubic equation of state or the corresponding states theory. The concept of fugacity is defined and employed to solve phase equilibrium. The necessity for partial molar properties to describe real mixtures is shown and the chemical potential of components in fluid mixtures is introduced. Conditions for phase and chemical equilibrium are derived and employed in mixtures under ideal and real conditions. Finally, the thermodynamic fundamentals of processes with chemical reactîons are also covered: energy and material balances in chemical reactors, adiabatic flame temperatures, chemical equilibrium states.

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

Part B:

Part B begins with a review and consolidation of selected topics from Part A, putting the knowledge acquired into practice with, on the one hand, applications of non-reactive binary fluid mixtures (e.g. in refrigeration/heat pumps or power generation processes) and, on the other hand, applications of reactive fluid mixtures in thermochemical systems (e.g. the Ellington diagram for metallurgical systems, processes in power to gas applications).

The fundamentals of processes with chemical reactions are summarized and extended to electrochemical applications and the energetic efficiency of fuel cells. A potentially additional and last topic will be absorption heat pumps.

Teaching and learning methods

Lectures with discussion, interactive derivations, supported by PPT slides, weekly problem sets with solutions. In Part A some exercises will be solved using Excel spreadsheets. (Other tools are demonstrated and provided (e.g. Matlab-based), but not necessary for course completion.)

Literature

Sandler, S.I..(1940). Chemical and Engineering Thermodynamics, 2017, ISBN 978-1-119-32128-6, Wiley.

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

2026-27

Dernière modification

2025-10-17

Coordinateur/coordinatrice du module

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

Explications concernant les langues d'enseignement par site :

- L'enseignement est dispensé dans la langue indiquée ci-dessous pour chaque site et chaque exécution du module.
- Les supports de cours sont disponibles dans les langues indiquées ci-dessous pour chaque site et chaque exécution du module. Lorsque plusieurs langues sont utilisées, la proportion de contenu disponible dans chaque langue est précisée (100 % = ensemble des supports de cours).
- Les examens (questions et réponses) sont entièrement rédigés dans la langue indiquée ci-dessous pour le site et l'exécution du module concernés. Ils se déroulent en présentiel.

	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

Recommandations de profil

Ce module est recommandé pour les profils suivants :

	Lausanne	Zurich
Profil	EnEn	EnEn

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