

**AGH**AGH UNIVERSITY OF SCIENCE  
AND TECHNOLOGY

Nazwa modułu: Termodynamika

Rok akademicki: 2013/2014 Kod: WIN-1-404-s Punkty ECTS: 6

Wydział: Wiertnictwa, Nafty i Gazu

Kierunek: Inżynieria Naftowa i Gazownicza Specjalność: -

Poziom studiów: Studia I stopnia Forma i tryb studiów: -

Język wykładowy: Polski Profil kształcenia: Ogólnoakademicki (A) Semestr: 4

Strona www:

Osoba odpowiedzialna: prof. dr hab. inż. Nagy Stanisław (nagy@agh.edu.pl)

Osoby prowadzące: dr inż. Klimkowski Łukasz (klimkowski@agh.edu.pl)  
prof. dr hab. inż. Nagy Stanisław (nagy@agh.edu.pl)  
mgr inż. Włodek Tomasz (twlodek@agh.edu.pl)

## Opis efektów kształcenia dla modułu zajęć

Kod EKM	Student, który zaliczył moduł zajęć wie/umie/potrafi	Powiązania z EKK	Sposób weryfikacji efektów kształcenia (forma zaliczeń)
Wiedza			
M_W002	Student będzie znał równania stanu: gaz doskonały, równanie stanu gazu doskonałego i półdoskonałego, równania stanu gazu rzeczywistego oraz będzie potrafił wykonać podstawowe obliczenia z zakresu równań stanu.	IN1A_W02	Kolokwium
M_W003	Student zna pojęcia i Zasadę Termodynamiki: (zasada zachowania energii, energia wewnętrzna, entalpia, I ZT dla układu zamkniętego i otwartego, energia wewnętrzna i entalpia jako funkcje stanu)	IN1A_W02	Kolokwium
M_W004	Student umie opisać własności roztworów gazowych (mieszaniny): roztwory gazów doskonałych i zna kaloryczne parametry stanu roztworu gazów doskonałych i półdoskonałych.	IN1A_W02	Kolokwium

M_W005	Student zna przemiany termodynamiczne; przemiany charakterystyczne gazów doskonałych i półdoskonałych, przemiany odwracalne i nieodwracalne	IN1A_W01, IN1A_W02	Kolokwium
M_W006	Student zna pojęcie obiegu termodynamicznego oraz II Zasadę Termodynamiki. Potrafi zdefiniować pojęcie obiegu i sprawność energetycznej. Zna podstawowe sformułowania II ZT i pojęcie entropii. Student umie opisać odwracalny obieg Carnota.	IN1A_W01, IN1A_W02, IN1A_W03	Kolokwium
M_W007	Student zna własności para nasycona i przegrzanej dla przemiany pary wodnej. Student zna równanie Clapeyrona - Clausiusa. Student umie narysować wykresy T-s oraz i-s dla pary wodnej). Zna podstawy równowagi fazowej układów jednoskładnikowych i wieloskładnikowych.	IN1A_W01, IN1A_W02, IN1A_W03	Kolokwium
M_W008	Student zna warunki przepływu krytycznego przez zwężkę ograniczającą Bendemanna oraz umie opisać zjawisko Joule'a-Thomsona.	IN1A_W01, IN1A_W02, IN1A_W24	Kolokwium
M_W009	Student zna podstawy ustalonej wymiany ciepła: przewodzenie, konwekcja i przenikanie, promieniowanie. Student zna zastosowania techniczne praw przepływu ciepła - izolacja i wymienniki ciepła	IN1A_W01, IN1A_W02, IN1A_W03, IN1A_W24, IN1A_W26	Kolokwium

## Matryca efektów kształcenia w odniesieniu do form zajęć

Kod EKM	Student, który zaliczył moduł zajęć wie/umie/potrafi	Forma zajęć										
		Wykład	Ćwiczenia audytoryjne	Ćwiczenia laboratoryjne	Ćwiczenia projektowe	Konwersatorium	Zajęcia seminaryjne	Zajęcia praktyczne	Inne	Zajęcia terenowe	Zajęcia	E-learning
Wiedza												
M_W002	Student będzie znał równania stanu: gaz doskonały, równanie stanu gazu doskonałego i półdoskonałego, równania stanu gazu rzeczywistego oraz będzie potrafił wykonać podstawowe obliczenia z zakresu równań stanu.	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-
M_W003	Student zna pojęcia I Zasadę Termodynamiki: (zasada zachowania energii, energia wewnętrzna, entalpia, I ZT dla układu zamkniętego i otwartego, energia wewnętrzna i entalpia jako funkcje stanu)	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-

M_W004	Student umie opisać własności roztworów gazowych (mieszaniny): roztwory gazów doskonałych i zna kaloryczne parametry stanu roztworu gazów doskonałych i półdoskonałych.	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-
M_W005	Student zna przemiany termodynamiczne; przemiany charakterystyczne gazów doskonałych i półdoskonałych, przemiany odwracalne i nieodwracalne	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-
M_W006	Student zna pojęcie obiegu termodynamicznego oraz II Zasadę Termodynamiki. Potrafi zdefiniować pojęcie obiegu i sprawność energetycznej. Zna podstawowe sformułowania II ZT i pojęcie entropii. Student umie opisać odwracalny obieg Carnota.	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-
M_W007	Student zna własności para nasycona i przegrzanej dla przemiany pary wodnej. Student zna równanie Clapeyrona - Clausiusa. Student umie narysować wykresy T-s oraz i-s dla pary wodnej). Zna podstawy równowagi fazowej układów jednoskładnikowych i wieloskładnikowych.	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-
M_W008	Student zna warunki przepływu krytycznego przez zwężkę ograniczającą Bendemanna oraz umie opisać zjawisko Joule'a-Thomsona.	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-
M_W009	Student zna podstawy ustalonej wymiany ciepła: przewodzenie, konwekcja i przenikanie, promieniowanie. Student zna zastosowania techniczne praw przepływu ciepła - izolacja i wymienniki ciepła	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-

## Treść modułu zajęć (program wykładów i pozostałych zajęć)

### Wykład

#### Termodynamika

1. Podstawy termodynamiki (bilans energii, energia wewnętrzna, ciepło, praca objętościowa i techniczna, entalpia, pojemność cieplna, entropia i funkcje termodynamiczne z nią związane, procesy nieodwracalne, udziały entropii, potencjał chemiczny, potencjał elektrochemiczny, kryteria równowagi układu w zmiennych

naturalnych, praca maksymalna i egzergia, bilans egzergii, bezwzględna wartość entropii,

2. Właściwości gazów i ich mieszanin – własności gazu doskonałego, dwu- i trójparametrowa zasada stanów odpowiadających sobie, przegląd stosowanych w praktyce równań stanu PVT, reguły mieszania, potencjał chemiczny, aktywność ciśnieniowa (fugatywność) substancji czystej i składnika w mieszaninie, funkcje termodynamiczne gazów rzeczywistych, przemiany charakterystyczne i wykresy termodynamiczne, właściwości gazów wilgotnych i para wodna, jako czynnik termodynamiczny.

3. Czynniki termodynamiczne i maszyny cieplne (zarys): Obiegi odwracalne prawo- i lewobieżne Carnota, obiegi silników spalinowych tłokowych (Otto, Diesla, Sabathe, Sterlinga), obiegi silników spalinowych turbinowych – Joule’a (turbina gazowa), gazowe obiegi chłodnicze – pompa ciepła, sprężarki, skraplanie gazów- chłodziarki (obieg Linde/Claude-Heylandta), obiegi siłowni parowych (Carnota, Clausiusa-Rankine’a).

4. Równowagi fazowe: odstawowy warunek równowagi fazowej, entalpia i entropia przemian fazowych, zależność potencjału chemicznego od temperatury i ciśnienia, linie współistnienia faz, zależność ciśnienia od temperatury na liniach równowagi, równowaga destylacyjna, roztwory cieczy rzeczywistej krzywa rosy, krzywa wrzenia, gazy wilgotne, punkt rosy pary wodnej w gazie, równowaga absorpcyjna, ograniczona rozpuszczalność gazów, rozpuszczalność cieczy w gazie, równowagi fazowe w układach wieloskładnikowych i wielofazowych, równowaga fazowa z reakcją chemiczną.

Plan wykładów

5. Układ termodynamiczny i parametry stanu: intensywne i ekstensywne parametry stanu, Zerowa Zasada Termodynamiki, pojęcia ciepła i pracy oraz ich związek z energią, podstawy bilansowania – 2 h

6. Czynniki termodynamiczne i równanie stanu: gaz doskonały, równanie stanu gazu doskonałego i półdoskonałego, równania stanu gazu rzeczywistego – 4 h

7. Ciepło właściwe: ciepło właściwe gazów doskonałych, pojemność cieplna, zależność ciepła właściwego od temperatury i średnie ciepło właściwe – 2 h

8. I Zasada Termodynamiki: zasada zachowania energii, energia wewnętrzna, entalpia, I ZT dla układu zamkniętego i otwartego, energia wewnętrzna i entalpia jako funkcje stanu – 4 h

9. Roztwory gazowe (mieszaniny): roztwory gazów doskonałych, kaloryczne parametry stanu roztworu gazów doskonałych i półdoskonałych – 2 h

10. Przemiany termodynamiczne; przemiany charakterystyczne gazów doskonałych i półdoskonałych, przemiany odwracalne i nieodwracalne – 3 h

11. Obiegi termodynamiczne i II Zasada Termodynamiki: pojęcie obiegu i sprawność energetyczna, sformułowanie II ZT i pojęcie entropii, odwracalny obieg Carnota, termodynamiczna skala temperatur – 3 h

12. Para nasycona i przegrzana: przemiany pary wodnej, równanie Clapeyrona – Clausiusa, wykresy T-s oraz i-s dla pary wodnej) – 3 h

13. Podstawy równowagi fazowej układów jednoskładnikowych i wieloskładnikowych – 3 h

14. Podstawy ustalonej wymiany ciepła: przewodzenie, konwekcja i przenikanie, promieniowanie, zastosowania techniczne praw przepływu ciepła – izolacja i wymienniki ciepła – 2 h

### **Ćwiczenia audytoryjne**

#### Termodynamika

1. Równanie stanu gazu doskonałego i półdoskonałego, równania stanu gazu rzeczywistego.

2. I Zasada Termodynamiki: (zasada zachowania energii, energia wewnętrzna, entalpia, I ZT dla układu zamkniętego i otwartego, energia wewnętrzna i entalpia jako funkcje stanu).
3. Własności roztworów gazowych (mieszanin): roztwory gazów doskonałych, kaloryczne parametry stanu roztworu gazów doskonałych i półdoskonałych
4. Przemiany termodynamiczne; przemiany charakterystyczne gazów doskonałych i półdoskonałych, przemiany odwracalne i nieodwracalne.
5. Pojęcie obiegu termodynamicznego oraz II Zasada Termodynamiki. Omówienie definicji pojęć obiegu i sprawności energetycznej. Sformułowania II ZT i pojęcie entropii. Opis odwracalnego obiegu Carnot'a.
6. Własności pary nasyconej i przegrzanej dla przemiany pary wodnej. Równanie Clapeyrona – Clausiusa. Wykresy T-s oraz i-s dla pary wodnej. Podstawy równowagi fazowej układów jednoskładnikowych i wieloskładnikowych.
7. Warunki przepływu krytycznego przez zwężkę ograniczającą Bendemanna.
8. Efekt Joule'a Thomsona
9. Podstawy ustalonej wymiany ciepła: przewodzenie, konwekcja i przenikanie, promieniowanie. Zastosowania techniczne praw przepływu ciepła – izolacja i wymienniki ciepła.

### **Sposób obliczania oceny końcowej**

70% egzamin + 30% zaliczenie ćwiczeń audytoryjnych

### **Wymagania wstępne i dodatkowe**

Warunki uczestnictwa w przedmiocie:

- zaliczone przedmioty: matematyka, fizyka, chemia.

### **Zalecana literatura i pomoce naukowe**

1. Dawidowicz: Zarys termodynamiki gazu ziemnego, Skrypt AGH, Kraków 1989
2. Staniszewski B.: Termodynamika. PWN W-wa 1982.
3. Szargut J.: Termodynamika techniczna. Wyd. Polit. Śląskiej, Gliwice 1998.
4. Wiśniewski S: termodynamika Techniczna, Wyd. WNT, różne wydania
5. Michałowski S., Wańkowicz K., Termodynamika procesowa, WNT, Warszawa, 1999
6. Staniszewski B, Termodynamika, WNT 1965
7. Hołyst R., Poniewierski A., Ciach A., Termodynamika dla chemików, fizyków i inżynierów, Uniwersytet Kardynała S. Wyszyńskiego, Warszawa, 2005
8. Paderewski M. L., Procesy adsorpcyjne w inżynierii chemicznej, WNT, Warszawa, 1999
9. Biń A., Machniewski P., Przykłady i zadania z termodynamiki procesowej, Wydawnictwo Politechniki Warszawskiej, 2002
10. Pohorecki R., Wroński S., Kinetyka i termodynamika procesów inżynierii chemicznej, WNT, 1979
11. Wrzeński Z., Termodynamika, Wydawnictwo Politechniki Warszawskiej, 2002
11. Izydorczyk Jan i inni., Termodynamika, statyka chemiczna, i równowagi fazowe w przykładach i zadaniach, Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, 2004

### **Publikacje naukowe osób prowadzących zajęcia związane z tematyką modułu**

Nie podano dodatkowych publikacji

### **Informacje dodatkowe**

Student po zaliczeniu przedmiotu powinien posiadać podstawy wiedzy w zakresie: wykorzystanie termodynamiki do obliczeń właściwości, opisu przemian chemicznych i fizycznych, w tym obiegów, mających zastosowanie w modelowaniu technologicznym – procesach uzdatniania gazu ziemnego, separacji ciecz-gaz oraz w podstaw termodynamicznych w symulacji przepływu gazu i ropy w złożu, odwiercie i rurociągu.

**Nakład pracy studenta (bilans punktów ECTS)**

Forma aktywności studenta	Obciążenie studenta
Udział w ćwiczeniach audytoryjnych	30 godz
Samodzielne studiowanie tematyki zajęć	60 godz
Egzamin lub kolokwium zaliczeniowe	3 godz
Przygotowanie do zajęć	60 godz
Sumaryczne obciążenie pracą studenta	153 godz
Punkty ECTS za moduł	6 ECTS