**Nazwa przedmiotu:**

Termodynamika techniczna

**Koordynator przedmiotu:**

dr inż./Mirosław Grabowski/adiunkt

**Status przedmiotu:**

Obowiązkowy

**Poziom kształcenia:**

Studia I stopnia

**Program:**

Inżynieria Środowiska

**Grupa przedmiotów:**

Wspólne dla kierunku

**Kod przedmiotu:**

IS1A\_11

**Semestr nominalny:**

4 / rok ak. 2018/2019

**Liczba punktów ECTS:**

7

**Liczba godzin pracy studenta związanych z osiągnięciem efektów uczenia się:**

Wykłady: liczba godzin według planu studiów - 30, przygotowanie do zajęć - 15 h, zapoznanie ze wskazaną literaturą - 15, przygotowanie do egzaminu - 15, razem - 75; Ćwiczenia: liczba godzin według planu studiów - 15, przygotowanie do zajęć - 20 h, przygotowanie do kolokwium - 15, razem - 50; Laboratoria: liczba godzin według planu studiów - 15, przygotowanie do zajęć - 10 h, opracowanie wyników - 10, napisanie sprawozdania - 15, razem - 50;
Razem - 175

**Liczba punktów ECTS na zajęciach wymagających bezpośredniego udziału nauczycieli akademickich:**

Wykłady - 30 h; Ćwiczenia - 15 h, Laboratoria - 15 h;
Razem - 60 h = 2,4 ECTS

**Język prowadzenia zajęć:**

polski

**Liczba punktów ECTS, którą student uzyskuje w ramach zajęć o charakterze praktycznym:**

Laboratoria: liczba godzin według planu studiów - 15, przygotowanie do zajęć - 10 h, opracowanie wyników - 10, napisanie sprawozdania - 15, razem - 50;
50 h = 2 ECTS

**Formy zajęć i ich wymiar w semestrze:**

|  |  |
| --- | --- |
| Wykład:  | 30h |
| Ćwiczenia:  | 15h |
| Laboratorium:  | 15h |
| Projekt:  | 0h |
| Lekcje komputerowe:  | 0h |

**Wymagania wstępne:**

Matematyka, Fizyka, Chemia

**Limit liczby studentów:**

wykład min. 15 studentów; ćwiczenia 15-30 studentów: laboratorium 8-12

**Cel przedmiotu:**

Celem nauczania przedmiotu jest edukacja studenta w zakresie podstaw przemian energetycznych, przepływu ciepła, pomiarów podstawowych wielkości występujących w technice cieplnej. Nabycie wiedzy z zakresu techniki cieplnej i umięjętności stosowania jej do rozwiązywania problemów inżynierskich.

**Treści kształcenia:**

W1 - Wprowadzenie do przedmiotu, jednostki miary i podstawowe definicje w termodynamice: układ termodynamiczny otwarty i zamknięty, stan układu, parametry ekstensywne i intensywne, energia, praca, ciepło. Przemiany odwracalne i nieodwracalne
W2 - Zasada zachowania energii i pierwsza zasada termodynamiki, bilans energii, praca bezwzględna, techniczna i użyteczna, obiegi termodynamiczne.
W3 - Właściwości gazów, gaz doskonały i półdoskonały, termiczne równanie stanu gazów, entropia gazu doskonałego ciał stałych i cieczy, Mieszanina gazów doskonałych i półdoskonałych. Przemiany termodynamiczne gazów doskonałych: izotermiczna, izochoryczna, izentropowa, politropowa, przemiany nieodwracalne
W4 - Druga i trzecia zasada termodynamiki, sformułowania drugiej zasada termodynamiki, prawo wzrostu entropii, statystyczna interpretacja entropii, obiegi silników cieplnych i urządzeń chłodniczych, konsekwencje drugiej zasady termodynamiki
W5 - Para wodna i gazy rzeczywiste. Cechy gazów rzeczywistych i równanie stanu gazów rzeczywistych, równanie Clausiusa-Clapeyrona. Właściwości pary wodnej nasyconej i przegrzanej, przemiany charakterystyczne pary nasyconej i przegrzanej
W6 - Powietrze wilgotne - podstawowe określenia, termiczne równanie gazu wilgotnego, entalpia i energia wewnętrzna, wykres h-X. Przemiany powietrza wilgotnego: osuszanie powietrza, mieszanie, psychrometr Augusta, proces suszenia
W7 - Spalanie paliw: charakterystyka paliw, ciepło spalania i wartość opałowa, zależności stechiometryczne przy spalaniu paliw, ilości i skład spalin, temperatura spalania
W8 - Procesy sprężania : rodzaje sprężarek, obiegi sprężania
W9 - Obiegi siłowni i silników cieplnych, silniki cieplne spalinowe, obiegi porównawcze silników spalinowych tłokowych: obiegi Otto, Diesla, obieg porównawczy silników spalinowych turbinowych (obieg Braytona), obieg porównawczy Clausiusa-Rankine'a siłowni parowej W10 – Wykorzystanie pomp ciepła w racjonalizacji użytkowania energii
W10 - Obiegi chłodziarek i pomp cieplnych: obieg chłodniczy Joula, obieg chłodniczy Lindego, pompy cieplne.
W11 - Zasady przepływu ciepła - przewodzenie ciepła, prawo Fouriera, równanie jednowymiarowego przewodnictwa cieplnego, przewodzenie w przegrodach: płaskiej, walcowej, kulistej przegrodzie
W12 - Konwekcja, istota konwekcji, współczynnik przejmowania ciepła, zastosowanie teorii podobieństwa, analiza wymiarowa, konwekcja burzliwa i swobodna przejmowanie ciepła przy wrzeniu i kondensacji
W13 - Promieniowanie cieplne, istota promieniowania, podstawowe prawa promieniowania, strumień energii wymieniany pomiędzy powierzchniami równoległymi i powierzchniami nie wklęsłą i otaczającą, radiacyjny współczynnik przejmowania ciepła, wpływ ekranu na strumień wymienianej energii, promieniowanie cieplne gazów
W14 - Przenikanie ciepła, określenie, przenikanie przez przegrodę płaską, walcową i kulistą, wpływ oporu zanieczyszczenia powierzchni, przepływ ciepła przez zamkniętą warstwę płynu, zwiększenie intensywności przenikania ciepła
W15 - Przeponowe konwekcyjne wymienniki ciepła: rodzaje wymienników, bilans cieplny, rozkład temperatury czynników, średnia różnica temperatury "

C1 - Jednostki miary i przeliczanie wielkości fizycznych w różnych jednostkach miary
C2 - Pierwsza zasada termodynamiki dla układu zamkniętego i otwartego
C3 - Bilanse energetyczne
C4 - Druga zasada termodynamiki
C5 - Stan gazu doskonałego , mieszanina gazów
C6 - Przemiany termodynamiczne gazów doskonałych
C7 - Obiegi termodynamiczne silników cieplnych
C8 - Sprawdzian
C9 - Obiegi termodynamiczne siłowni cieplnych
C10 - Przemiany termodynamiczne pary wodnej
C11 - Obiegi termodynamiczne siłowni cieplnych
C12 - Powietrze wilgotne - przemiany powietrza wilgotnego
C13 - Przepływ ciepła - przewodzenie, konwekcja
C14 - Przepływ ciepła - promieniowanie cieplne, przenikanie ciepła
C15- Sprawdzian
L1 - Badanie przemian gazowych - adiabatycznej i izochorycznej
L2 - Pomiary temperatury, ciśnienia i wilgotności powietrza
L3 - Badanie wymiany ciepła przy mieszaniu
L4 - Bilans cieplny kotła wodnego
L5 - Wyznaczanie współczynnika przenikania ciepła materiałów izolacyjnych za pomocą aparatu Poensgena
L6 - Badanie wymiany ciepła w jednodrogowym wymienniku ciepła
L7 - Porównanie metod określania właściwości termodynamicznych pary wodnej

**Metody oceny:**

1. Obecność na ćwiczeniach jest obowiązkowa. Możliwa jest nieobecność na jednych zajęciach ćwiczeniowych w semestrze bez podawania przyczyny nieobecności. W przypadku przedłużania się nieobecności studenta na zajęciach konieczne jest usprawiedliwienie nieobecności za pomocą zwolnienia lekarskiego.
2. Efekty uczenia przypisane do zajęć ćwiczeniowych będą weryfikowane podczas dwóch sprawdzianów pisemnych, podczas których praca studenta oceniana jest punktowo.
3. Warunkiem koniecznym zaliczenia ćwiczeń jest uzyskanie sumy punktów z obu kolokwiów większej o co najmniej 1 punkt od połowy sumy punktów możliwych do uzyskania w trakcie trwania semestru. Ocena końcowa z ćwiczeń ustalana jest na podstawie sumy punktów uzyskanych przez studenta w trakcie trwania semestru.
4. Ocena ze sprawdzianu przekazywana jest do wiadomości studentów po sprawdzeniu prac i dokonaniu ich oceny (forma przekazywania ocen do ustalenia ze studentami w trakcie zajęć). Ocena końcowa z wykładów przekazywana jest do wiadomości studentów w formie uzgodnionej ze studentami.
5. W przypadku otrzymania oceny niedostatecznej z ćwiczeń student może ją poprawić w trakcie kolokwium poprawkowego na końcu semestru.
6. Student powtarza, z powodu niezadowalających wyników, całość zajęć ćwiczeniowych.
7. Obecność na wykładach jest zalecana.
8. Efekty uczenia przypisane do wykładów będą weryfikowane podczas egzaminu. Zgodnie z § 17. ust. 6 Regulaminu studiów w PW „Student ma prawo przystąpić do egzaminu w trzech wybranych terminach spośród wyznaczonych w sesjach egzaminacyjnych lub poza okresem sesji egzaminacyjnych.
9. Student powtarza, z powodu niezadowalających wyników, całość zajęć wykładowych.
10. Obecność na zajęciach laboratoryjnych jest obowiązkowa. W uzasadnionych sytuacjach dopuszcza się nieobecność na maksymalnie dwóch zajęciach przy czym wymagane jest usprawiedliwienie nieobecności.
11. Efekty uczenia przypisane do zajęć laboratoryjnych będą weryfikowane podczas każdorazowych krótkich sprawdzianów pisemnych, przed wykonaniem ćwiczenia laboratoryjnego oraz na podstawie pisemnych sprawozdań oddawanych przez studentów po skończeniu ćwiczenia.
12. Warunkiem koniecznym zaliczenia laboratorium jest uzyskanie pozytywnych ocen z wszystkich sprawdzianów pisemnych poprzedzających ćwiczenia laboratoryjne oraz zaakceptowanie przez prowadzącego oddanych wszystkich sprawozdań z odbytych ćwiczeń. Sprawozdanie oddaje się jedno na grupę ćwiczeniową. Ocena końcowa z ćwiczeń laboratoryjnych ustalana jest na podstawie średniej arytmetycznej ocen ze sprawdzianów pisemnych poprzedzających ćwiczenia laboratoryjne, uzyskanych przez studenta w trakcie trwania semestru.
13. Zakwestionowane sprawozdanie z odbytego ćwiczenia należy niezwłocznie poprawić i oddać prowadzącemu.
14. Oceny ze sprawdzianów pisemnych poprzedzających wykonanie ćwiczenia laboratoryjnego przekazywana jest do wiadomości studentów po sprawdzeniu prac i dokonaniu ich oceny (forma przekazywania ocen do ustalenia ze studentami w trakcie zajęć). Ocena końcowa z ćwiczeń laboratoryjnych przekazywana jest do wiadomości studentów w formie uzgodnionej ze studentami.
15. W przypadku otrzymania oceny niedostatecznej ze sprawdzianu poprzedzającego ćwiczenie laboratoryjne student może ją poprawić w trakcie zajęć poprawkowych na końcu semestru.
16. W przypadku niezadowalających wyników, student powtarza całość zajęć laboratoryjnych.
17. Podczas sprawdzianu, weryfikującego osiągnięcia efektów uczenia, każdy piszący powinien mieć długopis (lub pióro) z niebieskim lub czarnym tuszem (atramentem) przeznaczony do zapisywania odpowiedzi oraz kilka czystych arkuszy papieru formatu A4. Dopuszczalne są przybory rysunkowe jak linijki, ekierki, ołówki. Pozostałe materiały i przybory pomocnicze, szczególnie telefony komórkowe i inne urządzenia elektroniczne są zabronione.
18. Jeżeli podczas weryfikacji osiągnięcia efektów uczenia się zostanie stwierdzona niesamodzielność pracy studenta lub korzystanie przez niego z materiałów lub urządzeń innych niż dozwolone w regulaminie przedmiotu, student uzyskuje ocenę niedostateczną i traci prawo do zaliczenia przedmiotu w jego bieżącej realizacji.
19. Rejestrowanie dźwięku i obrazu przez studentów w trakcie zajęć jest zabronione.
20. Prowadzący zajęcia umożliwia studentowi wgląd do jego ocenionych prac pisemnych do końca danego roku akademickiego w terminach konsultacji.
21. Zaliczenie przedmiotu odbywa się na podstawie pozytywnych ocen z egzaminu końcowego, z ćwiczeń audytoryjnych oraz zajęć laboratoryjnych. Łączna ocena z przedmiotu stanowi średnią ważoną: egzamin 50%, ćwiczenia 25%, laboratorium 25%.

**Egzamin:**

tak

**Literatura:**

1. Górzyński J.: Termodynamika. Wykłady i zadania z rozwiązaniami. Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 2013; 2. Wiśniewski S.: Termodynamik techniczna. WNT, Warszawa 1999; 3. Szargut J. Termodynamika. PWN, Warszawa 1998; 4. Staniszewski B.: Termodynamika. PWN, warszawa 1986

**Witryna www przedmiotu:**

brak

**Uwagi:**

Program studiów opracowany na podstawie programu nauczania zmodyfikowanego w ramach Zadania 38 Programu Rozwojowego Politechniki Warszawskiej

## Efekty przedmiotowe

### Profil ogólnoakademicki - wiedza

**Efekt W03\_01:**

Ma uporządkowaną, podbudowaną teoretycznie wiedzę ogólną z zakresu techniki cieplnej obejmującą zagadnienia z obszaru inżynierii środowiska umożliwiającą rozumienie procesów cieplnych i przepływu ciepła

Weryfikacja:

Egzamin (W1-W15)

**Powiązane efekty kierunkowe:** I1A\_W03\_01

**Powiązane efekty obszarowe:** T1A\_W03

**Efekt W03\_02:**

Ma wiedzę w zakresie podstaw termodynamiki technicznej umożliwiającą rozwiązywanie prostych zadań z zakresu inżynierii środowiska

Weryfikacja:

Egzamin (W1-W15)

**Powiązane efekty kierunkowe:** I1A\_W03\_02

**Powiązane efekty obszarowe:** T1A\_W03

**Efekt W07\_01:**

Zna podstawowe metody wykonywania bilansu energii w zakresie inżynierii środowiska z zastosowaniem zasad techniki cieplnej. Ma umiejętność korzystania z tablic i wykresów w celu ustalenia wartości dla poszukiwanych wielkości termodynamicznych

Weryfikacja:

Egzamin (W2), zaliczenie (C3), zaliczenie (L4), Zaliczenie laboratorium (L1-L7)

**Powiązane efekty kierunkowe:** I1A\_W07\_01

**Powiązane efekty obszarowe:** T1A\_W07

### Profil ogólnoakademicki - umiejętności

**Efekt U01\_01:**

Potrafi pozyskiwać informacje z różnych źródeł do wykonywania obliczeń strumieni masy i energii w procesach cieplnych. Potrafi prowadzić analizę uzyskanych wyników i formułować wnioski.

Weryfikacja:

Kolokwium (C1-C15), zaliczenie laboratium (L1-L7)

**Powiązane efekty kierunkowe:** I1A\_U01\_01

**Powiązane efekty obszarowe:** T1A\_U01

### Profil ogólnoakademicki - kompetencje społeczne

**Efekt K03\_01:**

Potrafi pracować indywidualnie i w zespole podczas rozwiązywania zadań rachunkowych, wykonywania ćwiczeń laboratoryjnych, opracowywania sprawozdań laboratoryjnych.

Weryfikacja:

Wejściówka, Sprawozdanie (L1-L6)

**Powiązane efekty kierunkowe:** I1A\_K03\_01

**Powiązane efekty obszarowe:** T1A\_K03