

POLITECHNIKA KRAKOWSKA IM. TADEUSZA KOŚCIUSZKI

KARTA PRZEDMIOTU

obowiązuje studentów rozpoczynających studia w roku akademickim 2021/2022

Wydział Inżynierii Środowiska i Energetyki

Kierunek studiów: Odnawialne źródła energii i infrastruktura komunalna

Profil: Ogólnoakademicki

Forma studiów: stacjonarne

Kod kierunku: 8

Stopień studiów: I

Specjalności: bez specjalności

1 INFORMACJE O PRZEDMIOCIE

NAZWA PRZEDMIOTU	Termodynamika techniczna
NAZWA PRZEDMIOTU W JĘZYKU ANGIELSKIM	Technical thermodynamics
KOD PRZEDMIOTU	WIŚIE OZEIIK oIS C11 21/22
KATEGORIA PRZEDMIOTU	Przedmioty kierunkowe
LICZBA PUNKTÓW ECTS	6.00
SEMESTRY	2

2 RODZAJ ZAJĘĆ, LICZBA GODZIN W PLANIE STUDIÓW

SEMESTR	WYKŁAD	CWICZENIA	LABORATORIA	LABORATORIA KOMPUTERO- WE	PROJEKT	SEMINARIUM
2	30	30	0	0	0	0

3 CELE PRZEDMIOTU

Cel 1 Pojęcia podstawowe i jednostki miar. Obliczanie właściwości fizycznych mieszanin i roztworów.

Cel 2 Zasady zachowania masy, pędu i energii w stanach ustalonych i nieustalonych. Energia jednostkowa przepływającego płynu. Praca przepływowa.

- Cel 3** Przykłady zastosowań równań zachowania dla wybranych aparatów i urządzeń, takich jak podgrzewacze przepływowe i pojemnościowe ciepłej wody użytkowej, zawory redukcyjne, wymiennik ciepła, turbina parowa i gazowa, pompa.
- Cel 4** Podstawowe prawobieżne (silnikowe) obiegi termodynamiczne: obieg Carnota, Rankine’a, niskotemperaturowy obieg Rankine’a i Joule’a-Braytona. Układy cieplne elektrowni i elektrociepłowni oraz ich sprawności.
- Cel 5** Procesy spalania paliw gazowych, ciekłych i stałych. Skład paliw. Wartość opałowa paliwa górna i dolna. Obliczenia stechiometryczne paliw gazowych, ciekłych i stałych. Współczynnik nadmiaru powietrza. Objętości poszczególnych składników spalin suchych i mokrych. Właściwości termofizyczne spalin.
- Cel 6** Powietrze wilgotne. Wykres Moliera i-X (entalpia właściwa-wilgotność bezwzględna). Mieszanie strumieni powietrza wilgotnego. Podgrzewanie i ochładzanie powietrza. Nawilżanie powietrza parą i wodą.

4 WYMAGANIA WSTĘPNE W ZAKRESIE WIEDZY, UMIEJĘTNOŚCI I INNYCH KOMPETENCJI

1 Analiza matematyczna.

2 Termodynamika.

5 EFEKTY KSZTAŁCENIA

EK1 Wiedza Student zna jednostki masy, siły, ciśnienia, energii, mocy i różne skale temperatury. Zna również definicję energii wewnętrznej i entalpii.

EK2 Umiejętności Student potrafi wyprowadzić równania zachowania pędu i energii dla modeli o skupionych parametrach. Potrafi wyprowadzić wzór na pracę przepływową.

EK3 Umiejętności Student potrafi wyznaczyć moc elektryczną przepływowych i pojemnościowych podgrzewaczy ciepłej wody użytkowej. Potrafi obliczyć moc turbiny parowej, gazowej i wodnej oraz moc silnika napędzającego pompę.

EK4 Kompetencje społeczne Student potrafi pracować w zespole nad poprawą sprawności obiegów termodynamicznych, turbin gazowych oraz elektrowni i elektrociepłowni, w których realizowany jest obieg Rankine’a. Podstawowe prawobieżne (silnikowe) obiegi termodynamiczne: obieg Carnota, Rankine’a, niskotemperaturowy obieg Rankine’a i Joule’a-Braytona. Układy cieplne elektrowni i elektrociepłowni oraz ich sprawności.

EK5 Umiejętności Student potrafi obliczyć skład chemiczny spalin przy zadanym składzie chemicznym paliwa i zadanym współczynnikiem nadmiaru powietrza. Potrafi również obliczyć gęstość, ciepło właściwe i entalpię spalin.

EK6 Umiejętności Student potrafi obliczyć temperaturę i wilgotność bezwzględną po zmieszaniu dwóch strumieni. Potrafi narysować podstawowe procesy, takie jak podgrzewanie i ochładzanie powietrza oraz nawilżanie parą i wodą na wykresie i-X Moliera.

6 TREŚCI PROGRAMOWE

CWICZENIA		
LP	TEMATYKA ZAJĘĆ OPIS SZCZEGÓŁOWY BLOKÓW TEMATYCZNYCH	LICZBA GODZIN
C1	Przekształcenia jednostek, obliczanie temperatury w stopniach Celsjusza i Farenheita. Przykłady obliczania właściwości fizycznych mieszanin gazowych.	5

CWICZENIA		
LP	TEMATYKA ZAJĘĆ OPIS SZCZEGÓŁOWY BLOKÓW TEMATYCZNYCH	LICZBA GODZIN
C2	Przykłady zastosowania równań zachowania masy i energii do obliczania wymiennika ciepła i strumienia wody chłodzącej kondensor turbiny parowej. Obliczenia mocy grzałek elektrycznych w przepływowych i akumulacyjnych podgrzewaczach ciepłej wody użytkowej.	5
C3	Obliczanie zaworu redukcyjnego. Obliczanie mocy turbiny parowej, obliczanie mocy silnika elektrycznego do napędu pompy.	5
C4	Obliczenia sprawności obiegu Carnota oraz teoretycznej i rzeczywistej sprawności obiegu Rankine'a. Poprawa sprawności obiegu Rankine'a poprzez zastosowanie podgrzewacza wody zasilającej. Obliczanie sprawności obiegu Joule'a-Braytona. Obliczanie sprawności elektrowni i elektrociepłowni.	5
C5	Obliczanie zapotrzebowania powietrza przy zadanym współczynniku nadmiaru powietrza przy spalaniu gazu ziemnego, oleju opałowego i węgla. Obliczenia składu chemicznego spalin dla gazu ziemnego, oleju opałowego i węgla. Obliczanie gęstości, ciepła właściwego i entalpii spalin.	5
C6	Przykłady obliczeń podgrzewania, ochładzania i mieszania strumieni powietrznych. Przykłady obliczeń nawilżania powietrza za pomocą wody i pary wodnej.	5

WYKŁAD		
LP	TEMATYKA ZAJĘĆ OPIS SZCZEGÓŁOWY BLOKÓW TEMATYCZNYCH	LICZBA GODZIN
W1	Podstawowe pojęcia takie jak masa, siła, ciśnienie bezwzględne i manometryczne, temperatura, objętość właściwa, gęstość, praca, energia, moc, energia wewnętrzna i entalpia. Gazy doskonałe i rzeczywiste. Równanie Clapeyrona. Podstawowe przemiany termodynamiczne gazu.	5
W2	Wyprowadzenie równań zachowania masy, pędu i energii w stanach ustalonych i nieustalonych dla układów o skupionych parametrach. Energia jednostkowa przepływającego płynu. Praca przepływowa.	5
W3	Zastosowania równań zachowania dla wybranych aparatów i urządzeń, takich jak podgrzewacze przepływowe i pojemnościowe ciepłej wody użytkowej, zawory redukcyjne, wymiennik ciepła, turbina parowa i gazowa, pompa.	5
W4	Układy cieplne elektrowni i elektrociepłowni oraz ich sprawności. Obiegi termodynamiczne: obieg Carnota, Rankine'a i Joule'a-Braytona; niskotemperaturowy obieg Rankine'a.	5
W5	Procesy spalania paliw gazowych, ciekłych i stałych. Skład paliw. Wartość opałowa paliwa górna i dolna. Obliczenia stechiometryczne paliw gazowych, ciekłych i stałych. Współczynnik nadmiaru powietrza. Objętości poszczególnych składników spalin suchych i mokrych. Właściwości termofizyczne spalin.	5

WYKŁAD		
LP	TEMATYKA ZAJĘĆ OPIS SZCZEGÓŁOWY BLOKÓW TEMATYCZNYCH	LICZBA GODZIN
W6	Powietrze suche i wilgotne. Wykres Moliera i-X (entalpia właściwa-wilgotność bezwzględna). Mieszanie strumieni powietrza wilgotnego. Podgrzewanie i ochładzanie powietrza. Nawilżanie powietrza parą i wodą. Bilansowanie wymienników ciepła, w których czynnikiem roboczym jest wilgotne powietrze.	5

7 NARZĘDZIA DYDAKTYCZNE

N1 Wykłady

N2 Ćwiczenia tablicowe

8 OBCIĄŻENIE PRACĄ STUDENTA

FORMA AKTYWNOŚCI	ŚREDNIA LICZBA GODZIN NA ZREALIZOWANIE AKTYWNOŚCI
Godziny kontaktowe z nauczycielem akademickim, w tym:	
Godziny wynikające z planu studiów	60
Konsultacje przedmiotowe	20
Egzaminy i zaliczenia w sesji	20
Godziny bez udziału nauczyciela akademickiego wynikające z nakładu pracy studenta, w tym:	
Przygotowanie się do zajęć, w tym studiowanie zalecanej literatury	25
Opracowanie wyników	20
Przygotowanie raportu, projektu, prezentacji, dyskusji	10
SUMARYCZNA LICZBA GODZIN DLA PRZEDMIOTU WYNIKAJĄCA Z CAŁEGO NAKŁADU PRACY STUDENTA	155
SUMARYCZNA LICZBA PUNKTÓW ECTS DLA PRZEDMIOTU	6.00

9 SPOSOBY OCENY

OCENA FORMUJĄCA

F1 kolokwium

OCENA PODSUMOWUJĄCA

P1 Egzamin pisemny

WARUNKI ZALICZENIA PRZEDMIOTU**W1** Obecność na wykładach i ćwiczeniach**W2** Zaliczenie kolokwium**W3** Zdanie egzaminu**OCENA AKTYWNOŚCI BEZ UDZIAŁU NAUCZYCIELA****B1** Projekt indywidualny**KRYTERIA OCENY**

EFEKT KSZTAŁCENIA 1	
NA OCENĘ 2.0	Student nie zna jednostek wielkości fizycznych. Nie potrafi zapisać jednostek w układzie SI.
NA OCENĘ 3.0	Student zna jednostki połowy analizowanych jednostek wielkości fizycznych. Potrafi przekształcić niektóre jednostki.
NA OCENĘ 3.5	Student zna jednostki i potrafi je przekształcać. Student nie potrafi obliczyć entalpii gazu rzeczywistego w danej temperaturze.
NA OCENĘ 4.0	Student zna jednostki i potrafi je przekształcać. Potrafi obliczyć temperaturę w stopniach Celsjusza i Farenheita. Student potrafi obliczyć ciśnienie manometryczne znając ciśnienie absolutne i ciśnienie otoczenia.
NA OCENĘ 4.5	Student zna jednostki i potrafi je przekształcać. Potrafi obliczyć temperaturę w stopniach Celsjusza i Farenheita. Student potrafi obliczyć ciśnienie manometryczne znając ciśnienie absolutne i ciśnienie otoczenia. Student potrafi obliczyć gęstość gazu doskonałego z równania Clapeyrona.
NA OCENĘ 5.0	Student zna jednostki i potrafi je przekształcać. Potrafi obliczyć temperaturę w stopniach Celsjusza i Farenheita. Student potrafi obliczyć ciśnienie manometryczne znając ciśnienie absolutne i ciśnienie otoczenia. Student potrafi obliczyć gęstość gazu doskonałego z równania Clapeyrona. Student potrafi obliczyć energię wewnętrzną i entalpie właściwą gazu doskonałego.
EFEKT KSZTAŁCENIA 2	
NA OCENĘ 2.0	Student nie potrafi zapisać ani równania zachowania masy, pedu i energii.
NA OCENĘ 3.0	Student potrafi zapisać równanie zachowania masy, pedu i energii dla stanu ustalonego i nieustalonego.
NA OCENĘ 3.5	Student potrafi zapisać równanie zachowania masy, pedu i energii dla stanu ustalonego i nieustalonego. Student potrafi również obliczyć strumień objętości i prędkość gazu dla nieizotermicznego przepływu ustalonego.
NA OCENĘ 4.0	Student potrafi zapisać równanie zachowania masy, pedu i energii dla stanu ustalonego i nieustalonego. Student potrafi również obliczyć strumień objętości i prędkość gazu dla nieizotermicznego przepływu ustalonego. Student potrafi zapisać równanie zachowania pedu i zilustrować jego zastosowanie na przykładzie obliczenia siły ciągu silnika lotniczego.

NA OCENĘ 4.5	Student potrafi zapisać równanie zachowania masy, pedu i energii dla stanu ustalonego i nieustalonego. Student potrafi również obliczyć strumień objętości i prędkość gazu dla nieizotermicznego przepływu ustalonego. Student potrafi zapisać równanie zachowania pedu i zilustrować jego zastosowanie na przykładzie obliczenia siły ciągu silnika lotniczego. Student potrafi wyznaczyć wzór na pracę przepływową.
NA OCENĘ 5.0	Student potrafi zapisać równanie zachowania masy, pedu i energii dla stanu ustalonego i nieustalonego. Student potrafi również obliczyć strumień objętości i prędkość gazu dla nieizotermicznego przepływu ustalonego. Student potrafi zapisać równanie zachowania pedu i zilustrować jego zastosowanie na przykładzie obliczenia siły ciągu silnika lotniczego. Student potrafi wyznaczyć wzór na pracę przepływową. Student potrafi wyprowadzić równanie zachowania energii w stanie ustalonym i nieustalonym.
EFEKT KSZTAŁCENIA 3	
NA OCENĘ 2.0	Student nie potrafi zapisać równania zachowania energii dla wybranego urządzenia.
NA OCENĘ 3.0	Student potrafi zapisać równanie zachowania energii dla wymiennika ciepła oraz przepływowego podgrzewacza ciepłej wody użytkowej.
NA OCENĘ 3.5	Student potrafi zapisać równanie zachowania energii dla wymiennika ciepła oraz przepływowego podgrzewacza ciepłej wody użytkowej. Student potrafi obliczyć moc turbiny parowej i gazowej.
NA OCENĘ 4.0	Student potrafi zapisać równanie zachowania energii dla wymiennika ciepła oraz przepływowego i pojemnościowego podgrzewacza ciepłej wody użytkowej. Student potrafi obliczyć moc turbiny parowej i gazowej.
NA OCENĘ 4.5	Student potrafi zapisać równanie zachowania energii dla wymiennika ciepła oraz przepływowego i pojemnościowego podgrzewacza ciepłej wody użytkowej. Student potrafi obliczyć moc turbiny parowej i gazowej. Student potrafi obliczyć moc turbiny wodnej.
NA OCENĘ 5.0	Student potrafi zapisać równanie zachowania energii dla wymiennika ciepła oraz przepływowego i pojemnościowego podgrzewacza ciepłej wody użytkowej. Student potrafi obliczyć moc turbiny parowej i gazowej. Student potrafi obliczyć moc turbiny wodnej oraz moc silnika napędzającego pompę.
EFEKT KSZTAŁCENIA 4	
NA OCENĘ 2.0	Student nie potrafi narysować i omówić żadnego prawobieżnego obiegu termodynamicznego.
NA OCENĘ 3.0	Student potrafi narysować, omówić i wyznaczyć sprawność termodynamicznego obiegu Carnota.
NA OCENĘ 3.5	Student potrafi narysować, omówić i wyznaczyć sprawność termodynamicznego obiegu Carnota. Student potrafi narysować i omówić sprawność obiegu Rankinea na wykresie T-s i na wykresie p-v.

NA OCENĘ 4.0	Student potrafi narysować, omówić i wyznaczyć sprawność termodynamicznego obiegu Carnota. Student potrafi narysować i omówić sprawność obiegu Rankinea na wykresie T-s i na wykresie p-v. Student potrafi podać definicje sprawności brutto elektrowni i elektrociepłowni.
NA OCENĘ 4.5	Student potrafi narysować, omówić i wyznaczyć sprawność termodynamicznego obiegu Carnota. Student potrafi narysować i omówić sprawność obiegu Rankinea na wykresie T-s i na wykresie p-v. Student potrafi wyprowadzić wzór na sprawność teoretyczną i rzeczywistą obiegu Rankinea. Student potrafi podać definicje sprawności brutto elektrowni i elektrociepłowni.
NA OCENĘ 5.0	Student potrafi narysować, omówić i wyznaczyć sprawność termodynamicznego obiegu Carnota. Student potrafi narysować i omówić sprawność obiegu Rankinea na wykresie T-s i na wykresie p-v. Student potrafi wyprowadzić wzór na sprawność teoretyczną i rzeczywistą obiegu Rankinea. Student potrafi podać definicje sprawności brutto elektrowni i elektrociepłowni. Student potrafi narysować i wyznaczyć sprawność obiegu Joulea-Braytona. Student potrafi narysować schemat bloku parowo-gazowego.
EFEKT KSZTAŁCENIA 5	
NA OCENĘ 2.0	Student nie zna zasady przeprowadzania obliczeń stechiometrycznych procesu spalania.
NA OCENĘ 3.0	Student potrafi obliczyć skład spalin na podstawie znanego składu paliwa.
NA OCENĘ 3.5	Student potrafi wyjaśnić różnice między górną a dolną wartością opałową. Student potrafi obliczyć skład spalin na podstawie znanego składu paliwa.
NA OCENĘ 4.0	Student potrafi wyjaśnić różnice między górną a dolną wartością opałową oraz zdefiniować współczynnik nadmiaru powietrza. Student potrafi obliczyć skład spalin na podstawie znanego składu paliwa.
NA OCENĘ 4.5	Student potrafi wyjaśnić różnice między górną a dolną wartością opałową oraz zdefiniować współczynnik nadmiaru powietrza. Student potrafi obliczyć skład spalin na podstawie znanego składu paliwa. Student potrafi obliczyć udziały objętościowe i masowe poszczególnych składników spalin.
NA OCENĘ 5.0	Student potrafi wyjaśnić różnicę między górną a dolną wartością opałową oraz zdefiniować współczynnik nadmiaru powietrza. Student potrafi obliczyć skład spalin na podstawie znanego składu paliwa. Student potrafi obliczyć udziały objętościowe i masowe poszczególnych składników spalin. Student potrafi obliczyć gęstość, ciepło właściwe i entalpie spalin.
EFEKT KSZTAŁCENIA 6	
NA OCENĘ 2.0	Student nie potrafi wskazać różnicy między powietrzem suchym a wilgotnym oraz nie potrafi scharakteryzować wykresu Moliera dla powietrza wilgotnego.
NA OCENĘ 3.0	Student potrafi wskazać różnice między powietrzem suchym a wilgotnym oraz potrafi scharakteryzować wykres Moliera dla powietrza wilgotnego.

NA OCENĘ 3.5	Student potrafi wskazać różnice między powietrzem suchym a wilgotnym oraz potrafi scharakteryzować wykres Moliera dla powietrza wilgotnego. Student potrafi wyprowadzić wzory na gęstość, objętość właściwą i entalpię właściwą powietrza wilgotnego.
NA OCENĘ 4.0	Student potrafi wskazać różnice między powietrzem suchym a wilgotnym oraz potrafi scharakteryzować wykres Moliera dla powietrza wilgotnego. Student potrafi wyprowadzić wzory na gęstość, objętość właściwą i entalpię właściwą powietrza wilgotnego. Student potrafi na wykresie Moliera przedstawić nagrzewanie i schładzanie powietrza wilgotnego.
NA OCENĘ 4.5	Student potrafi wskazać różnice między powietrzem suchym a wilgotnym oraz potrafi scharakteryzować wykres Moliera dla powietrza wilgotnego. Student potrafi wyprowadzić wzory na gęstość, objętość właściwą i entalpię właściwą powietrza wilgotnego. Student potrafi na wykresie Moliera przedstawić nagrzewanie i schładzanie powietrza wilgotnego. Student potrafi zapisać równanie zachowania masy i energii dla procesu mieszania dwóch strumieni powietrza wilgotnego i zilustrować na wykresie i-X proces mieszania powietrza.
NA OCENĘ 5.0	Student potrafi wskazać różnice między powietrzem suchym a wilgotnym oraz potrafi scharakteryzować wykres Moliera dla powietrza wilgotnego. Student potrafi wyprowadzić wzory na gęstość, objętość właściwą i entalpię właściwą powietrza wilgotnego. Student potrafi na wykresie Moliera przedstawić nagrzewanie i schładzanie powietrza wilgotnego. Student potrafi zapisać równanie zachowania masy i energii dla procesu mieszania dwóch strumieni powietrza wilgotnego i zilustrować na wykresie i-X proces mieszania powietrza. Student potrafi omówić nawilżanie powietrza wodą i parą wodną. Student potrafi wskazać na różnice przy obliczaniu strumienia ciepła przejmowanego przez strumień powietrza wilgotnego przy wykrapalaniu pary na powierzchni wymiennika.

10 MACIERZ REALIZACJI PRZEDMIOTU

EFEKT KSZTAŁCENIA	ODNIESIENIE DANEGO EFEKTU DO SZCZEGÓŁOWYCH EFEKTÓW ZDEFINIOWANYCH DLA PROGRAMU	CELE PRZEDMIOTU	TREŚCI PROGRAMOWE	NARZĘDZIA DYDAKTYCZNE	SPOSOBY OCENY
EK1	K_W05	Cel 1	W1	N1 N2	F1 P1
EK2	K_W05	Cel 2	W2	N1 N2	F1 P1
EK3	K_W05	Cel 3	C3 W3	N1 N2	F1 P1
EK4	K_W05	Cel 4	C4 W4	N1 N2	F1 P1
EK5	K_W05	Cel 5	C5 W5	N1 N2	F1 P1
EK6		Cel 6	C6 W6	N1 N2	F1 P1

11 WYKAZ LITERATURY

LITERATURA PODSTAWOWA

- [1] | Szargut Jan — *Termodynamika techniczna*, Warszawa, 2017, Wydawnictwo Naukowe PWN
- [2] | szargut J., Guzik A., Gorniak H. — *Zadania z termodynamiki technicznej*, Gliwice, 2019, Wydawnictwo Politechniki Śląskiej
- [3] | Szymański W., Wolańczyk F. — *Termodynamika powietrza wilgotnego, Przykłady i zadania*, Rzeszów, 2008, Wydawnictwo Politechniki Rzeszowskiej

LITERATURA UZUPEŁNIAJĄCA

- [1] | moran M. J., Shapiro H. N. — *Fundamentals of Engineering Thermodynamics*, new York, 2018, John Wiley & Sons, Inc.

LITERATURA DODATKOWA

- [1] | Sonntag R. E., Borgnakke C., Van Wylen A. J. — *Fundamentals of Thermodynamics*, New York, 2012, John Wiley & Sons, Inc.

12 INFORMACJE O NAUCZYCIELACH AKADEMICKICH

OSOBA ODPOWIEDZIALNA ZA KARTĘ

prof. dr hab. inż. Dawid Taler (kontakt: dtaler@pk.edu.pl)

OSOBY PROWADZĄCE PRZEDMIOT

1 prof. dr hab. inż. Dawid Taler (kontakt: dtaler@pk.edu.pl)

2 mgr inż. Mateusz Marcinkowski (kontakt: mateusz.marcinkowski@pk.edu.pl)

13 ZATWIERDZENIE KARTY PRZEDMIOTU DO REALIZACJI

(miejscowość, data)

(odpowiedzialny za przedmiot)

(dziekan)

PRZYJMUJĘ DO REALIZACJI (data i podpisy osób prowadzących przedmiot)

.....
.....