



## KARTA OPISU PRZEDMIOTU - SYLABUS

Nazwa przedmiotu

Termodynamika techniczna [N2EPI01>TT]

### Przedmiot

Kierunek studiów

Energetyka przemysłowa i odnawialna

Rok/Semestr

1/1

Studia w zakresie (specjalność)

Technologie gazowe i energetyka odnawialna

Profil studiów

ogólnoakademicki

Poziom studiów

drugiego stopnia

Język oferowanego przedmiotu

polski

Forma studiów

niestacjonarne

Wymagalność

obligatoryjny

### Liczba godzin

Wykład

9

Laboratorium

0

Inne (np. online)

0

Ćwiczenia

9

Projekty/seminaria

0

### Liczba punktów ECTS

4,00

### Koordynatorzy

prof. dr hab. inż. Ewa Tuliszka-Sznitko  
ewa.tuliszka-sznitko@put.poznan.pl

### Wykładowcy

### Wymagania wstępne

Student rozpoczynający przedmiot powinien posiadać podstawową wiedzę z zakresu matematyki i z fizyki oraz termodynamiki. Student powinien umieć pozyskiwać informacje (z bibliotek i internetu) oraz powinien mieć gotowość do podjęcia współpracy w ramach zespołu.

### Cel przedmiotu

Celem przedmiotu jest przekazanie wiedzy ogólnej umożliwiającej rozwiązywanie problemów występujących w procesach konwersji energii. Student zdobywa wiedzę i umiejętności umożliwiające badanie procesów w maszynach energetycznych, ich projektowanie i modernizację.

### Przedmiotowe efekty uczenia się

Wiedza:

1. student ma wiedzę umożliwiającą analizowanie, projektowanie i optymalizowanie prostych procesów termodynamicznych.
2. student ma wiedzę z zakresu opisu matematycznego i metod optymalizacji procesów termodynamicznych.
3. student posiada wiedzę z zakresu wprowadzania nowoczesnych energooszczędnych technologii w

procesach termodynamicznych.

Umiejętności:

1. student umie znaleźć źródło wiedzy umożliwiające mu analizę i rozwiązanie postawionego przed nim zadania z zakresu termodynamiki technicznej.
2. student umie formułować hipotezy dotyczące badanego problemu termodynamiczno/przepływowego i umie rozwiązywać podstawowe problemy z tego zakresu.
3. student umie wykorzystać wyniki badań eksperymentalnych i numerycznych w celu optymalizacji procesów termodynamicznych.

Kompetencje społeczne:

1. student jest w stanie ocenić krytycznie wartość naukową i aplikacyjną uzyskiwanych informacji z zakresu termodynamiki technicznej.
2. student jest przygotowany do działania w sposób przedsiębiorczy w zakresie procesów termodynamiczno / przepływowych.
2. student jest świadomy swoich zadań w środowisku społecznym i jest gotowy inspirować i podejmować odpowiednie działania w zakresie termodynamiki technicznej w celu spełnienia tych oczekiwań.

### Metody weryfikacji efektów uczenia się i kryteria oceny

Efekty uczenia się przedstawione wyżej weryfikowane są w następujący sposób:

Wykład i ćwiczenia - zaliczenie pisemne. Uzyskanie zaliczenia od minimum 51% punktów możliwych do zdobycia.

### Treści programowe

I i II zasada termodynamiki. Entalpia swobodna i energia swobodna. Równania termodynamiczne Maxwella. Elementy termodynamiki spalania. Mieszanki gazów. Parowanie i kondensacja. Obiegi termodynamiczne prawo- i lewo-bieżne (bilanse energetyczne). Obiegi parowe i gazowo/parowe (bilans energii, sprawności i straty). Podwójne obiegi parowe. Przemiany termodynamiczne pary mokrej, krzywa parowania. Podstawowe przemiany powietrza wilgotnego. Wymiana ciepła: Przewodzenie ciepła w płytach z wewnętrznym źródłem ciepła. Konwekcja swobodna (konwekcja laminarna, wpływ turbulencji, zależności empiryczne). Łączona konwekcja naturalna i wymuszona. Konwekcja swobodna ze zmianą fazy. Przepływy dwu-fazowe. Promieniowanie (wymiana ciepła pomiędzy powierzchniami).

### Tematyka zajęć

Przykładowe procesy ciepłe występujące w technologii i przyrodzie. Podstawowe parametry fizyczne używane w termodynamice tj. ciśnienie, temperatura, objętość, masa, i ich jednostki. Równanie stanu gazu doskonałego (indywidualna stała gazowa, uniwersalna stała gazowa). Definicja pracy, ciepło dyssypacji. Praca odwracalna zewnętrzna i praca odwracalna techniczna. Funkcje stanu: energia wewnętrzna i entalpia. Pierwsza zasada termodynamiki (układ zamknięty). Ciepło właściwe przy stałym ciśnieniu i ciepło właściwe przy stałej objętości. Molowe ciepło właściwe. Zależność ciepła właściwego od temperatury. Przykłady obliczeniowe z zakresu I zasady termodynamiki i równania stanu gazu doskonałego. Funkcja stanu: entropia. I Zasada Termodynamiki, układ otwarty, przykłady obliczeniowe. Druga zasada termodynamiki, przyrost entropii. Nieodwracalność procesów termodynamicznych, procesy samorzutne – przykłady. Analiza podstawowych przemian termodynamicznych: izobara, izochora, izoterma – przykłady z prostą aplikacją techniczną. Przemiana izentropowa i sprawność procesów sprężania i rozprężania. Praca odwracalna zewnętrzna i odwracalna techniczna wzdłuż izentropy (spręż). Przemiana politropowa, ciepło politropy, przykład – sprężarka dwustopniowa z chłodzeniem międzystopniowym. Mieszanki gazów doskonałych, równania konstytutywne (prawo Daltona). Przykłady. Definicja obiegu, równanie obiegu i sprawność termiczna obiegu. Obiegi modelowe: obieg Carnota i obieg Braytona-Joule'a (z regeneracją). Sprawność izentropowa procesu sprężania i rozprężania. Przykłady obliczeniowe. Przemiany fazowe pary wodnej, wykres s, h pary mokrej i przegrzanej. Obieg Rankine'a – przykład obliczeniowy. Termodynamika powietrza wilgotnego, podstawowe parametry: wilgotność bezwzględna, wilgotność względna, zawartość wilgoci, punkt rosy. Wykres Molliera. Aplikacja techniczna: klimatyzacja i suszarnictwo. Przykłady obliczeniowe z obszaru klimatyzacji. Termodynamika procesu spalania. Metody transportu ciepła: przewodzenie, konwekcji i promieniowanie. Prawo Fouriera, współczynnik przewodności cieplnej. Przewodzenie ciepła przez przeponę płaską pojedynczą i wielowarstwową (oraz

przez przeponeę cylindryczną). Rozwiązanie równania przewodnictwa cieplnego, przykłady. Przewodzenie ciepła z wewnętrznym źródłem energii – przykłady rozwiązania równania przewodnictwa cieplnego i aplikacja techniczna. Przejmowanie ciepła, prawo Newtona, współczynnik przejmowania ciepła i jego jednostka. Przenikanie ciepła, współczynnik k. Przykłady obliczeniowe. Konwekcja naturalna i konwekcja wymuszona. Liczby podobieństwa: Reynoldsa, Prandtla, Nusselta, Grashofa. Zależności empiryczne na liczbę Nusselta – przykłady obliczeniowe. Promieniowanie termiczne i jego podstawowe parametry (gęstość emisji, zdolność materii do odbijania promieniowania, do absorpcji i do przepuszczania). Prawo Stefana-Boltzmanna. Emisyjność. Wymiana ciepła przez promieniowanie pomiędzy dwoma nieskończenie długimi płytami prostokątnymi do podłoża. Wymiana ciepła przez promieniowanie pomiędzy ciałami rzeczywistymi. Ekrany. Promieniowanie cieczy i gazów.

## Metody dydaktyczne

Wykład: prezentacja multimedialna, ilustrowana przykładami podawanymi na tablicy. Ćwiczenia tablicowe: przykładowe problemy techniczne rozwiązywane są na tablicy. Student zobowiązany jest do posiadania kalkulatora.

## Literatura

### Podstawowa

1. Szargut, J. Termodynamika, PWN, Warszawa, 2000.
2. Demichowicz-Pigoniowa, J., Obliczenia fizykochemiczne, PWN, Warszawa, 1984.
3. Wiśniewski, S., Wiśniewski, T., Wymiana ciepła, WNT, 2002.
4. Szargut, J., Guzik, A., Górniak, H., Zadania z termodynamiki Technicznej, Wyd. Politechniki Śląskiej, Gliwice, 2011.
5. Furmański, P., Domański, R., Wymiana ciepła, Przykłady obliczeń i zadania, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, 2002.

### Uzupełniająca

1. Cengel, Y., Boles, M.A., Thermodynamics, an engineering approach, Mc Graw Hill, 2008.
2. Incropera, F., DeWitt, D., Fundamentals of heat and mass transfer, Wiley, 2008.
3. Ghiaasiaan, M., Convective heat and mass transfer, Cambridge University Press, 2014.

## Bilans nakładu pracy przeciętnego studenta

	Godzin	ECTS
Łączny nakład pracy	60	2,00
Zajęcia wymagające bezpośredniego kontaktu z nauczycielem	30	1,00
Praca własna studenta (studia literaturowe, przygotowanie do zajęć laboratoryjnych/ćwiczeń, przygotowanie do kolokwίων/egzaminu, wykonanie projektu)	30	1,00