

Uchwała nr 39/XXIII/2023

**Rady Wydziału Mechanicznego Energetyki i Lotnictwa Politechniki Warszawskiej
z dnia 25 kwietnia 2023 roku**

w sprawie zaopiniowania zmian w programie studiów stacjonarnych pierwszego stopnia na kierunku energetyka

Na podstawie § 58 ust. 2 pkt. 5 Statutu Politechniki Warszawskiej uchwala się, co następuje:

§ 1

1. Rada Wydziału Mechanicznego Energetyki i Lotnictwa Politechniki Warszawskiej, pozytywnie opiniuje zmiany w programie studiów stacjonarnych pierwszego stopnia na kierunku energetyka i utworzenie specjalności Energetyka Jądrowa.
2. Program studiów specjalności Energetyka Jądrowa stanowi załącznik nr 1 do uchwały.
3. Karty przedmiotów dla specjalności Energetyka Jądrowa stanowią załączniki do uchwały od nr 2 do nr 19.

§ 2

Uchwała wchodzi w życie z dniem podjęcia.

Dziekan Wydziału



prof. dr hab. inż. Janusz Frączek

Program studiów

Stopień studiów: I, inżynierski

Kierunek studiów: Energetyka

Specjalność: Energetyka Jądrowa

Warszawa, kwiecień 2023

Spis treści

1	PODSTAWOWE DANE O STUDIACH	3
1.1	Kształcenie na kierunku Energetyka na Wydziale MEiL	3
1.2	Opis proponowanych zmian na kierunku Energetyka	4
1.3	Tabela odniesień efektów uczenia się dla programu studiów do:	5
1.4	Sposoby weryfikacji i oceny efektów uczenia się osiągniętych przez studenta w trakcie całego cyklu kształcenia <i>(należy uwzględnić również praktyki zawodowe, jeśli praktyka jest przewidziana)</i> :	10
2	REALIZACJA PROGRAMU STUDIÓW	10
3	WYMIAR, ZASADY, FORMA PRAKTYK ZAWODOWYCH	11
4	SYLABUSY	13
	Nazwa przedmiotu: ELEMENTY FIZYKI JĄDROWEJ	13
	Nazwa przedmiotu: CYKL PALIWOWY I PALIWA JĄDROWE	14
	Nazwa przedmiotu: OCHRONA PRZED PROMIENIOWANIEM	15
	Nazwa przedmiotu: DETEKcja PROMIENIOWANIA JONIZUJĄCEGO	16
	Nazwa przedmiotu: PODSTAWY PRAWNE ENERGETYKI JĄDROWEJ	17
	Nazwa przedmiotu: REAKTORY JĄDROWE	18
	Nazwa przedmiotu: PERSPEKTYWICZNE TECHNOLOGIE JĄDROWE (SMR, MMR, GEN IV, TECHNOLOGIE KOSMICZNE)	19
	Nazwa przedmiotu: ELEKTROWNIA JĄDROWA W SYSTEMIE CIEPŁOWNICZYM I ELEKTROENERGETYCZNYM	20
	Nazwa przedmiotu: FIZYKA REAKTORÓW JĄDROWYCH	22
	Nazwa przedmiotu: ZAGADNIENIA CIEPLNO-PRZEPYWOWE REAKTORÓW JĄDROWYCH	24
	Nazwa przedmiotu: BEZPIECZEŃSTWO INSTALACJI JĄDROWYCH	25
	Nazwa przedmiotu: LABORATORIUM SYMULACJI ELEKTROWNI JĄDROWEJ	26
	Nazwa przedmiotu: MODELOWANIE I OBLICZENIA REAKTORÓW JĄDROWYCH	27
	Nazwa przedmiotu: METODY NUMERYCZNE I TECHNIKI KOMPUTEROWE W ENERGETYCE	28
	Nazwa przedmiotu: ZAGADNIENIA ORGANIZACYJNE ZWIĄZANE Z REALIZACJĄ PRZEDSIĘWZIĘCIA BUDOWY ELEKTROWNI JĄDROWEJ	29
	Nazwa przedmiotu: PODSTAWY TRANSMUTACJI	31
	Nazwa przedmiotu: PODSTAWY ROZPRZESTRZENIANIA SIĘ SUBSTANCJI PROMIENIOTWÓRCZYCH W ŚRODOWISKU	32
	Nazwa przedmiotu: AWARIE REAKTOROWE	33

Program studiów

1 PODSTAWOWE DANE O STUDIACH

1. **Nazwa wydziału:** Wydział Mechaniczny Energetyki i Lotnictwa
2. **Nazwa kierunku:** Energetyka
3. **Poziom studiów:** studia pierwszego stopnia
4. **Profil studiów:** Ogólnoakademicki
5. **Forma studiów:** Stacjonarna
6. **Język prowadzenia studiów:** polski
7. **Dyscypliny naukowe**, do których przypisany jest kierunek (udział procentowy):

Inżynieria środowiska, górnictwo i energetyka – 70%

Inżynieria mechaniczna - 20%

Automatyka, elektronika i elektrotechnika - 10%

(w przypadku przyporządkowania kierunku studiów do więcej niż 1 dyscypliny, wskazuje się dyscyplinę wiodącą, w ramach której będzie uzyskiwana ponad połowa efektów uczenia się)

8. W przypadku zawodu, o którym mowa w art. 68 Ustawy, standardy kształcenia, na podstawie których będą prowadzone studia: nie dotyczy
9. Liczba semestrów studiów: 7
10. Tytuł zawodowy nadawany absolwentom: **inżynier**

1.1 Kształcenie na kierunku Energetyka na Wydziale MEiL

Początki kształcenia w zakresie energetyki na Politechnice Warszawskiej sięgają lat 20-tych XX wieku. W roku akademickim 1920/1921 rozpoczęto prowadzenie wykładów z termodynamiki technicznej, gospodarki cieplnej i chłodnictwa, kotłów i turbin parowych, maszyn tłokowych, silników wodnych i pomp, co można uznać za początek kształcenia w zakresie energetyki.

W latach 1920-1939 na Politechnice Warszawskiej funkcjonowały następujące katedry:

- Katedra Kotłów Parowych i Maszynoznawstwa
- Katedra Maszyn i Turbin Parowych
- Katedra i Zakład Silników Spalinowych (silniki spalinowe i elektryczne)
- Katedra Termodynamiki Technicznej
- Zakład Silników Wodnych i Pomp

W 1945 roku, po zakończeniu II WŚ, kiedy wznowiono zajęcia na Politechnice Warszawskiej, na Wydziale Mechanicznym prowadzono studia na 5 kierunkach, jednym z nich był kierunek **energetyczno-konstrukcyjny**.

Wydział Mechaniczny **Energetyki** i Lotnictwa został utworzony w 1960 roku z połączenia Wydziału Lotniczego, części Wydziału Mechanicznego Konstrukcyjnego (z kierunkiem studiów energetyczno-konstrukcyjnym) oraz **Katedry Energetyki Jądrowej** Wydziału Elektrycznego. Na Wydziale MEiL, po jego utworzeniu, funkcjonowało 5 **katedr specyficznych dla energetyki**:

- Katedra Siłowni i Gospodarki Energetycznej, Prof. Stanisław Andrzejewski
- Katedra Teorii Maszyn Ciepłych, Prof. Bohdan Stefanowski
- Katedra Energetyki Jądrowej, Prof. Jan P. Nowacki
- Katedra Kotłów Turbin Pomp, Prof. Piotr Orłowski
- Katedra Urządzeń i Aparatury Przemysłowej, Prof. Jan Dyduzyński

W 2002 roku uruchomiono na Wydziale MEiL kształcenie na nowym **kierunku studiów – Energetyce**. Kierunek Energetyka został utworzony z inicjatywy m.in. prof. Janusza Lewandowskiego wieloletniego dyrektora Instytutu Techniki Ciepłej Politechniki Warszawskiej.

Obecnie **kształcenie na kierunku Energetyka** odbywa się w następujący sposób:

I stopień, studia inżynierskie, 7 semestrów, specjalności:

- Systemy i Urządzenia Energetyczne
- Zrównoważona Energetyka
- Chłodnictwo i Klimatyzacja
- Power Engineering (studia w języku angielskim)

II stopień, studia magisterskie, 3 (4) semestry, specjalności

- Systemy i Urządzenia Energetyczne
- Zrównoważona Energetyka
- Chłodnictwo i Klimatyzacja
- Power Engineering (studia w języku angielskim)
- Nuclear Power Engineering (studia w języku angielskim, 4-semestralne)

1.2 Opis proponowanych zmian na kierunku Energetyka

Celem zmian jest wprowadzenie na Kierunku Energetyka, na studiach pierwszego stopnia nowej specjalności „Energetyka Jądrowa”. Pozwoli to odpowiedzieć na zapotrzebowanie instytucji rządowych i samorządowych, organizacji badawczych oraz otoczenia gospodarczego (np. PAA, NCBJ, PEJ, ORLEN, KGHM) na absolwentów posiadających wiedzę z zakresu inżynierii jądrowej w dobie rozwoju energetyki jądrowej. Z drugiej strony pozwoli zaoferować studentom pierwszego stopnia studiów rozszerzony program nauczania, co powinno zwiększyć atrakcyjność studiów na tle oferty innych krajowych ośrodków nauczania.

W ramach specjalności Energetyka Jądrowa przewiduje się stworzenie 10 zupełnie nowych przedmiotów oraz 8 przedmiotów na podstawie istniejących na drugim poziomie studiów NPE (12 przedmiotów specjalnościowych i 6 przedmiotów obieralnych)

Sylwetka absolwenta

Absolwent posiada szeroką wiedzę z zakresu energetyki jak i energetyki jądrowej z zakresu bezpieczeństwa jądrowego w tym ochrony przed promieniowaniem i gospodarką wypalonym paliwem, zagadnień związanych z budową i eksploatacją elektrowni jądrowych, technik modelowania i obliczeń cieplnoprzepływowych oraz fizyki rdzenia w reaktorach jądrowych. W procesie kształcenia przewidziane są specjalistyczne zajęcia i wizyty techniczne realizowane m. im w Narodowym Centrum Badań Jądrowych, Instytucie Chemii i Technik Jądrowych, Centralnym Laboratorium Ochrony Radiologicznej oraz zagranicznych instalacjach jądrowych. Absolwent przygotowany będzie do pracy w jednostkach administracji publicznej (np. Państwowa Agencja Atomistyki, Ministerstwo Klimatu i Środowiska, Wydziały Ochrony środowiska Urzędu Marszałkowskiego), ośrodków badawczych oraz przedsiębiorstwach działających na rynku energetycznym (np. eksploatacja elektrowni jądrowych, serwis, doradztwo, produkcja maszyn i urządzeń itp.)

Program nowej specjalności Energetyka Jądrowa na kierunku Energetyka:

- Semestr I-VII – przedmioty wydziałowe zgodne z istniejącym programem studiów kierunku Energetyka,
- Semestr III-VII – przedmioty kierunkowe zgodne z istniejącym programem studiów kierunku Energetyka,
- Semestr V – przedmioty specjalnościowe:
 - Elementy fizyki jądrowej,
 - Cykl paliwowy i Paliwa Jądrowe,
 - Ochrona przed promieniowaniem,
 - Podstawy prawne energetyki jądrowej,
 - Zagadnienia cieplno-przepływowe reaktorów jądrowych.

- Semestr VI – przedmioty specjalnościowe:
 - Reaktory jądrowe,
 - Elektrownia Jądrowa w systemie ciepłowniczym i elektroenergetycznym,
 - Fizyka Reaktorów Jądrowych,
 - Przedmioty obieralne.
- Semestr VII – przedmioty specjalnościowe:
 - Bezpieczeństwo instalacji jądrowych,
 - Laboratorium Symulatorów Elektrowni Jądrowej,
 - Modelowanie i obliczenia reaktorów jądrowych,
 - Techniki komputerowe i metody numeryczne w energetyce jądrowej,
- Przedmioty obieralne, semestr VI:
 - Podstawy rozprzestrzeniania się substancji promieniotwórczych w środowisku
 - Metody numeryczne i techniki komputerowe w energetyce jądrowej
 - Detekcja promieniowania jonizującego
- Przedmioty obieralne, semestr VII:
 - Podstawy Transmutacji
 - Awaryjne reaktory
 - Zagadnienia organizacyjne związane z realizacją przedsięwzięcia budowy elektrowni jądrowej

III OKREŚLENIE EFEKTÓW UCZENIA SIĘ

Wprowadzenie nowej specjalności powoduje zwiększenie się kierunkowych efektów kształcenia o:

- Jeden kierunkowy efekt wiedzy,
- Trzy kierunkowe efekty umiejętności,
- Jeden kierunkowy efekt kompetencji społecznych.

1.3 Tabela odniesień efektów uczenia się dla programu studiów do:

- uniwersalnych charakterystyk pierwszego stopnia PRK, na poziomie 6 dla studiów pierwszego stopnia/na poziomie 7 dla studiów drugiego stopnia, określonych w załączniku do ustawy o Zintegrowanym Systemie Kwalifikacji (Dz.U. z 2020 r., poz. 226) – „Odniesienie – symbol”,
- charakterystyk drugiego stopnia PRK, na poziomie 6 dla studiów pierwszego stopnia/ na poziomie 7 dla studiów drugiego stopnia, określonych przez rozporządzenie w sprawie charakterystyk drugiego stopnia dla kwalifikacji na poziomach 6–8 Polskiej Ramy Kwalifikacji (Dz.U. z 2018 r. poz. 2218); z uwzględnieniem charakterystyk drugiego stopnia inżynierskich (dla studiów kończących się nadaniem tytułu zawodowego inżyniera albo magistra inżyniera) – „Odniesienie – symbol I/III”.

Lp.	Symbol efektu uczenia się dla programu studiów	Efekt uczenia się	Odniesienie – symbol I/III	Odniesienie – symbol
1	2	3	4	5
Wiedza				
1	E1_W01	Posiada podstawową wiedzę z zakresu matematyki stosowanej, obejmującą elementy algebry liniowej, geometrii analitycznej, analizy matematycznej, teorii równań różniczkowych i probabilistyki, w tym metod analitycznych i numerycznych.	I.P6S_WG.o	P6U_W

Lp.	Symbol efektu uczenia się dla programu studiów	Efekt uczenia się	Odniesienie – symbol I/III	Odniesienie – symbol
2	E1_W02	Posiada wiedzę nt. struktury materii oraz opisu jej właściwości mechanicznych, elektromagnetycznych i optycznych; zna podstawy fizyki współczesnej w zakresie umożliwiającym zrozumienie podstawowych zjawisk fizycznych zachodzących w urządzeniach termomechanicznych, a także zrozumienie zasady działania typowych urządzeń pomiarowych i diagnostycznych; zna ogólne zasady pomiarów wielkości fizycznych oraz metody analizy ich wiarygodności i błędów pomiarowych.	I.P6S_WG.o	P6U_W
3	E1_W03	Zna podstawy programowania komputerów, ma elementarną wiedzę w zakresie zasad przeprowadzania obliczeń na komputerach i ograniczeń wynikających z właściwości arytmetyki zmiennoprzecinkowej; zna sformułowania oraz właściwości podstawowych algorytmów obliczeniowych algebry, analizy matematycznej oraz równań różniczkowych; ma podstawową wiedzę w zakresie metodologii prowadzenia i walidacji obliczeń na komputerach.	I.P6S_WG.o	P6U_W
4	E1_W04	Ma uporządkowaną i podbudowaną teoretycznie wiedzę w zakresie mechaniki ogólnej układu punktów materialnych i brył sztywnych. Ma uporządkowaną i podbudowaną teoretycznie wiedzę w zakresie mechaniki ciała stałego w tym wytrzymałości materiałów i konstrukcji, zna metody analizy wytrzymałościowej podstawowych konstrukcji mechanicznych.	I.P6S_WG.o	P6U_W
5	E1_W05	Posiada znajomość podstaw fizycznych i metod matematycznych termodynamiki inżynierskiej w zakresie umożliwiającym zrozumienie podstawowych zjawisk i procesów cieplno-przepływowych.	I.P6S_WG.o	P6U_W
6	E1_W06	Zna podstawowe prawa mechaniki płynów, wiedzę teoretyczną w zakresie podstaw mechaniki cieczy i gazów umożliwiającą zrozumienie podstawowych zjawisk fizycznych w przepływach wewnętrznych i zewnętrznych	I.P6S_WG.o III.P6S_WG	P6U_W
7	E1_W07	Ma wiedzę na temat materiałów stosowanych w energetyce, metod ich wytwarzania, obróbki i starzenia się, w tym korozji i zabezpieczeń antykorozyjnych, zna podstawy obróbki plastycznej, odlewnictwa, obróbki skrawaniem, obróbki powierzchniowej i erozyjnej.	I.P6S_WG.o III.P6S_WG	P6U_W
8	E1_W08	Ma elementarną wiedzę na temat konstruowania typowych elementów mechanicznych i ich połączeń. Zna deterministyczne i probabilistyczne metody ich modelowania. Posiada wiedzę na temat układów przenoszenia napędu.	I.P6S_WG.o III.P6S_WG	P6U_W
9	E1_W09	Posiada uporządkowaną i podbudowaną teoretycznie wiedzę w zakresie ogólnych podstaw automatyki i sterowania, w tym dotyczącą rodzajów i struktur układów sterowania, elementów układów regulacji	I.P6S_WG.o III.P6S_WG	P6U_W
10	E1_W10	Zna metodykę oceny energetycznej procesów, w tym znaczenie skumulowanego zużycia bogactw naturalnych i paliw kopalnych.	I.P6S_WG.o III.P6S_WG	P6U_W
11	E1_W11	Zna zagadnienia związane z procesami wymiany ciepła w urządzeniach energetycznych i chłodniczych.	I.P6S_WG.o III.P6S_WG	P6U_W
12	E1_W12	Zna podstawowe technologie konwersji energii i zagadnienia związane z wyznaczaniem sprawności procesu	I.P6S_WG.o III.P6S_WG	P6U_W
13	E1_W13	Zna zagadnienia związane ze spalaniem paliw oraz podstawowe obiegi cieplne silników, elektrowni i urządzeń chłodniczych.	I.P6S_WG.o III.P6S_WG	P6U_W
14	E1_W14	Zna zasady i technologie ochrony środowiska związane z procesami energetycznymi	I.P6S_WG.o III.P6S_WG	P6U_W
15	E1_W15	Rozumie problemy związane z przesyłem energii elektrycznej, rozumie zagadnienia z zakresu elektrotechniki i działania maszyn elektrycznych i zna metody określania podstawowych parametrów funkcjonalnych urządzeń elektrycznych oraz wielkości nieelektrycznych mierzonych metodami elektrycznymi.	I.P6S_WG.o III.P6S_WG	P6U_W
16	E1_W16	Zna budowę podstawowych urządzeń energetyki konwencjonalnej - kotły parowe, turbiny gazowe i parowe, rekuperatory i regeneratory ciepła, sprężarki i wentylatory.	I.P6S_WG.o III.P6S_WG	P6U_W

Lp.	Symbol efektu uczenia się dla programu studiów	Efekt uczenia się	Odniesienie – symbol I/III	Odniesienie – symbol
17	E1_W17	Zna podstawy skojarzonej energetyki ciepłej i działania układów kogeneracyjnych, zna zasady wykorzystywania energii odpadowej	I.P6S_WG.o III.P6S_WG	P6U_W
18	E1_W18	Zna podstawy konwersji energii i działania urządzeń energetyki odnawialnej - energetyka słoneczne, wiatrowa, hydro, ogniwa fotowoltaiczne, energetyka wodorowa, ogniwa paliwowe, geotermia i biomasa.	I.P6S_WG.o III.P6S_WG	P6U_W
19	E1_W19	Posiada wiedzę o systemach sterowania bloków energetycznych i systemach informatycznych na poziomie blokowym, elektrowni i koncernu energetycznego.	I.P6S_WG.o III.P6S_WG	P6U_W
20	E1_W20	Zna metody i technologie wykorzystywane w chłodnictwie i klimatyzacji, zna budowę podstawowych urządzeń.	I.P6S_WG.o III.P6S_WG	P6U_W
21	E1_W21	Rozumie zasady rynku energii i systemów handlu emisjami	I.P6S_WG.o	P6U_W
22	E1_W22	Rozumie i zna zasady doboru maszyn elektrycznych do potrzeb instalacji energetycznej, zna metody doboru podstawowych elementów układów elektronicznych.	I.P6S_WG.o III.P6S_WG	P6U_W
23	E1_W23	Zna perspektywiczne metody przetwarzania energii, nowe typy elektrowni i zagadnienia „inteligentnych sieci” - „smart grid”	I.P6S_WG.o III.P6S_WG	P6U_W
24	E1_W24	Zna nowe perspektywiczne technologie i trendy w chłodnictwie i klimatyzacji.	I.P6S_WG.o III.P6S_WG	P6U_W
25	E1_W25	Zna aktualne trendy dotyczące rozwoju energetyki odnawialnej i nowych typów rozwiązań technicznych OZE.	I.P6S_WG.o III.P6S_WG	P6U_W
26	E1_W26	Zna nowe trendy w informatyce przemysłowej dotyczącej zagadnień energetyki - od pozyskiwania poprzez przetwarzanie i analizę danych dla współczesnych systemów informatycznych.	I.P6S_WG.o	P6U_W
27	E1_W27	Rozumie podstawy energetyki jądrowej i zna aktualne kierunki rozwoju energetyki jądrowej oraz podstawowe problemy związane z awariami reaktorów jądrowych.	I.P6S_WG.o III.P6S_WG	P6U_W
28	E1_W28	Ma podstawową wiedzę o cyklu życia urządzeń, obiektów i systemów technicznych w energetyce, rozumie zasady działania i eksploatacji maszyn i zna zasady doboru materiałów konstrukcyjnych i eksploatacyjnych dla maszyn i urządzeń energetycznych	I.P6S_WG.o III.P6S_WG	P6U_W
29	E1_W29	Zna zasady grafiki inżynierskiej umożliwiającej rozwiązywanie problemów technicznych z zakresu energetyki.	I.P6S_WG.o	P6U_W
30	E1_W30	Zna zasady rysunku technicznego i projektowania części maszyn i urządzeń z wykorzystaniem systemów CAD.	I.P6S_WG.o	P6U_W
31	E1_W31	Ma podstawową wiedzę niezbędną do rozumienia społecznych, ekonomicznych, prawnych i innych pozatechnicznych uwarunkowań działalności inżynierskiej w obszarze energetyki.	I.P6S_WK III.P6S_WK	P6U_W
32	E1_W32	Ma podstawową wiedzę dotyczącą zarządzania, w tym zarządzania jakością i prowadzenia działalności gospodarczej.	I.P6S_WK III.P6S_WK	P6U_W
33	E1_W33	Zna i rozumie podstawowe pojęcia i zasady z zakresu ochrony własności przemysłowej i prawa autorskiego; potrafi korzystać z zasobów informacji patentowej.	I.P6S_WK	P6U_W
34	E1_W34	Zna ogólne zasady tworzenia i rozwoju form indywidualnej przedsiębiorczości, wykorzystującej wiedzę z zakresu dziedzin nauki i dyscyplin naukowych, właściwych dla energetyki.	I.P6S_WK III.P6S_WK	P6U_W
35	E1_W35	Ma podbudowaną teoretycznie szeroką wiedzę w zakresie swojej specjalności	I.P6S_WG.o III.P6S_WG	P6U_W
Umiejętności				

Lp.	Symbol efektu uczenia się dla programu studiów	Efekt uczenia się	Odniesienie – symbol I/III	Odniesienie – symbol
1	E1_U01	Potrafi pozyskiwać informacje z literatury, baz danych oraz innych właściwie dobranych źródeł, także w języku angielskim lub innym języku obcym uznawanym za język komunikacji międzynarodowej w zakresie studiowanego kierunku studiów; potrafi integrować uzyskane informacje, dokonywać ich interpretacji, a także wyciągać wnioski oraz formułować i uzasadniać opinie w zakresie kierunku energetyka.	I.P6S_UW.o	P6U_U
2	E1_U02	Potrafi porozumiewać się przy użyciu różnych technik w środowisku zawodowym oraz w innych środowiskach, zna nomenklaturę techniczną używaną w energetyce.	I.P6S_UK	P6U_U
3	E1_U03	Potrafi przygotować w języku polskim i języku obcym, uznawanym za podstawowy dla dziedzin nauki i dyscyplin naukowych, właściwych dla studiowanego kierunku studiów, dobrze udokumentowane opracowanie problemów z zakresu energetyki.	I.P6S_UK	P6U_U
4	E1_U04	Potrafi przygotować i przedstawić w języku polskim i języku obcym prezentację ustną, dotyczącą szczegółowych zagadnień z zakresu energetyki.	I.P6S_UK	P6U_U
5	E1_U05	Ma umiejętność samokształcenia się i rozwijania umiejętności korzystając z dostępnych baz wiedzy, informacji technicznej i Internetu.	I.P6S_UU	P6U_U
6	E1_U06	Ma umiejętności językowe w zakresie dziedzin nauki i dyscyplin naukowych, właściwych dla studiowanego kierunku studiów, zgodne z wymaganiami określonymi dla poziomu B2 (C1 dla studiów anglojęzycznych) Europejskiego Systemu Opisu Kształcenia Językowego.	I.P6S_UK	P6U_U
7	E1_U07	Ma umiejętności posługiwania się prasą fachową, słownictwem, oznaczeniami, skrótami dotyczącymi szczegółowych zagadnień z zakresu energetyki.	I.P6S_UW.o	P6U_U
8	E1_U08	Potrafi posługiwać się technikami informacyjno-komunikacyjnymi właściwymi do realizacji zadań typowych dla energetyki.	I.P6S_UW.o	P6U_U
9	E1_U09	Potrafi planować i przeprowadzać eksperymenty, w tym pomiary i symulacje komputerowe, interpretować uzyskane wyniki i wyciągać wnioski, wykorzystuje prawa fizyki i metody eksperymentalne fizyki w analizie przebiegu różnych procesów fizycznych i chemicznych.	I.P6S_UW.o III.P6S_UW.o	P6U_U
10	E1_U10	Potrafi przeprowadzić podstawowe pomiary fizyczne oraz opracować i przedstawić ich wyniki, w szczególności: potrafi zbudować prosty układ pomiarowy z wykorzystaniem standardowych urządzeń pomiarowych, zgodnie z zadaniem schematem i specyfikacją, potrafi wyznaczyć wyniki i niepewności pomiarów bezpośrednich i pośrednich, potrafi dokonać oceny wiarygodności wyników pomiarów i ich interpretacji w kontekście posiadanej wiedzy fizycznej.	I.P6S_UW.o III.P6S_UW.o	P6U_U
11	E1_U11	Potrafi wykorzystać do formułowania i rozwiązywania zadań inżynierskich metody analityczne, symulacyjne oraz eksperymentalne.	I.P6S_UW.o III.P6S_UW.o	P6U_U
12	E1_U12	Potrafi rozwiązywać zagadnienia opisane metodami matematycznymi, stosując metody analityczne i numeryczne rozwiązywania prostych problemów energetycznych.	I.P6S_UW.o III.P6S_UW.o	P6U_U
13	E1_U13	Potrafi modelować proste układy mechaniczne, prowadząc analizę ich pracy i stosując metody grafiki inżynierskiej, umie korzystać z oprogramowania CAD.	I.P6S_UW.o III.P6S_UW.o	P6U_U
14	E1_U14	Potrafi określić wartości skumulowanych wskaźników zużycia energii i zasobów naturalnych dla pełnych ciągów technologicznych.	I.P6S_UW.o III.P6S_UW.o	P6U_U
15	E1_U15	Potrafi posługiwać się normami i standardami właściwymi dla energetyki oraz procedurami związanymi z zasadami bezpieczeństwa związanymi z tą pracą.	I.P6S_UW.o III.P6S_UW.o	P6U_U
16	E1_U16	Potrafi prowadzić metodami matematycznymi i ekonomicznymi analizy porównawcze różnych rozwiązań technologicznych, potrafi dokonać analizy techniczno-ekonomicznej.	I.P6S_UW.o III.P6S_UW.o	P6U_U
17	E1_U17	Potrafi określić sprawność podstawowych maszyn i urządzeń energetycznych, potrafi przeprowadzić analizę techniczno-ekonomiczną pełnego ciągu technologicznego.	I.P6S_UW.o III.P6S_UW.o	P6U_U

Lp.	Symbol efektu uczenia się dla programu studiów	Efekt uczenia się	Odniesienie – symbol I/III	Odniesienie – symbol
18	E1_U18	Potrafi ocenić i obliczyć wskaźniki techniczne – istniejących rozwiązań technicznych w energetyce, w szczególności urządzenia, obiekty, systemy, procesy, usługi.	I.P6S_UW.o III.P6S_UW.o	P6U_U
19	E1_U19	Potrafi obliczyć wielkość emisji substancji szkodliwych do otoczenia wytwarzanych w procesie przemysłowym.	I.P6S_UW.o III.P6S_UW.o	P6U_U
20	E1_U20	Potrafi rozwiązywać proste zagadnienia z zakresu elektroenergetyki.	I.P6S_UW.o III.P6S_UW.o	P6U_U
21	E1_U21	Potrafi obliczyć rozkład temperatury i strumieni ciepła dla prostych procesów przepływu ciepła w prostej geometrii.	I.P6S_UW.o III.P6S_UW.o	P6U_U
22	E1_U22	Potrafi opisać przebieg procesów fizycznych i chemicznych z wykorzystaniem praw termodynamiki, transportu ciepła i masy oraz mechaniki płynów.	I.P6S_UW.o III.P6S_UW.o	P6U_U
23	E1_U23	Potrafi wykorzystać istniejące modele matematyczne czynników roboczych stosowanych w energetyce.	I.P6S_UW.o III.P6S_UW.o	P6U_U
24	E1_U24	Potrafi prowadzić analizę wpływu wybranych parametrów procesu na jego wydajność i efektywność/sprawność energetyczną.	I.P6S_UW.o III.P6S_UW.o	P6U_U
25	E1_U25	Potrafi dobrać typowe części maszyn i określić własności fizyczne elementów maszyn.	I.P6S_UW.o III.P6S_UW.o	P6U_U
26	E1_U26	Posiada umiejętności doboru sposobów regulacji i sterowania dla prostych układów stosowanych w energetyce.	I.P6S_UW.o III.P6S_UW.o	P6U_U
27	E1_U27	Potrafi dobrać urządzenia energetyczne (turbiny, kotły, sprężarki itp.) w procesie projektowania układów w przemyśle energetycznym.	I.P6S_UW.o III.P6S_UW.o	P6U_U
28	E1_U28	Posiada umiejętność stosowania technologii energetyki odnawialnej.	I.P6S_UW.o III.P6S_UW.o	P6U_U
29	E1_U29	Potrafi opracować i zaprezentować w odpowiedniej formie projekt, system lub proces typowy dla energetyki cieplnej.	I.P6S_UW.o III.P6S_UW.o	P6U_U
30	E1_U30	Potrafi współdziałać i pracować w grupie, przyjmując w niej różne role.	I.P6S_UO	P6U_U
31	E1_U31	Potrafi wykorzystać wiedzę jaką nabył w ramach swojej specjalności	I.P6S_UW.o III.P6S_UW.o	P6U_U
32	E1_U32	potrafi zastosować metody fizyki współczesnej w energetyce cieplnej.	I.P6S_UW.o III.P6S_UW.o	P6U_U
33	E1_U33	Potrafi wykonać zaawansowane obliczenia bilansowe, numeryczne, optymalizacyjne z wykorzystaniem odpowiednich narzędzi obliczeniowych. Potrafi interpretować uzyskane wyniki.	I.P6S_UW.o III.P6S_UW.o	P6U_U
Kompetencje społeczne				
1.	E1_K01	Jest gotów do krytycznej oceny posiadanej wiedzy i poszerzania jej przez całe życie; potrafi inspirować i organizować proces uczenia się innych osób.	I.P6S_KK	P6U_K
2.	E1_K02	Ma świadomość ważności i rozumie pozatechniczne aspekty i skutki działalności inżynierskiej, w tym jej wpływu na środowisko, i związanej z tym odpowiedzialności za podejmowane decyzje.	I.P6S_KK I.P6S_KO	P6U_K
3.	E1_K04	Rozumie znaczenie wiedzy w rozwiązywaniu problemów poznawczych i praktycznych oraz potrzebę zasięgania opinii ekspertów w przypadku trudności w samodzielnym rozwiązywaniu problemu.	I.P6S_KK	P6U_K

Lp.	Symbol efektu uczenia się dla programu studiów	Efekt uczenia się	Odniesienie – symbol I/III	Odniesienie – symbol
4.	E1_K05	Prawidłowo identyfikuje i rozstrzyga dylematy związane z wykonywaniem zawodu.	LP6S_KR	P6U_K
5.	E1_K06	Potrafi myśleć i działać w sposób przedsiębiorczy.	LP6S_KO	P6U_K
6.	E1_K07	Jest gotów do wypełniania zobowiązań społecznych, współorganizowania działalności na rzecz środowiska społecznego, w tym do przekazywania społeczeństwu, w szczególności poprzez środki masowego przekazu, informacji i opinii dotyczących osiągnięć techniki i innych aspektów działalności inżynierskiej; podejmuje starania, aby przekazać takie informacje i opinie w sposób powszechnie zrozumiały.	LP6S_KR	P6U_K
7	E1_K08	potrafi odpowiednio określić priorytety służące realizacji określonego przez siebie lub innych zadania	LP6S_KR	P6U_K

Kod składnika charakterystyk drugiego stopnia Polskiej Ramy Kwalifikacji, określony w uchwale Senatu PW w sprawie przyjęcia przez Politechnikę Warszawską kodu składnika charakterystyk drugiego stopnia Polskiej Ramy Kwalifikacji dla kwalifikacji uzyskiwanych w ramach szkolnictwa wyższego.

1.4 Sposoby weryfikacji i oceny efektów uczenia się osiągniętych przez studenta w trakcie całego cyklu kształcenia (należy uwzględnić również praktyki zawodowe, jeśli praktyka jest przewidziana):

Egzamin pisemny, egzamin ustny, kolokwium pisemne, kolokwium ustne, test, sprawozdanie, prezentacja, projekt, praca domowa, ocena aktywności podczas zajęć,

2 REALIZACJA PROGRAMU STUDIÓW

Specjalność	Systemy i Urządzenia Energetyczne	Zrównoważona Energetyka	Chłodnictwo i Klimatyzacja	Energetyka Jądrowa
Łączna liczba godzin zajęć:	2850	2850	2850	2835
Liczba punktów ECTS konieczna do ukończenia studiów:	214 ECTS (z uwzględnieniem 4 ECTS praktyki zawodowej)			
Procentowy udział liczby punktów ECTS w liczbie punktów ECTS koniecznej do ukończenia studiów ze wskazaniem dyscypliny wiodącej :				
- dyscyplina naukowa: inżynieria środowiska, górnictwo i energetyka	70%	70%	70%	70%
- dyscyplina naukowa: Inżynieria mechaniczna.....	20%	20%	20%	20%
- dyscyplina naukowa: Automatyka, elektronika i elektrotechnika ...	10%	10%	10%	10%
Liczba punktów ECTS, którą student musi uzyskać na zajęciach wymagających bezpośredniego udziału nauczycieli akademickich lub innych osób prowadzących zajęcia	108 ECTS	108 ECTS	108 ECTS	108 ECTS

Specjalność	Systemy i Urządzenia Energetyczne	Zrównoważona Energetyka	Chłodnictwo i Klimatyzacja	Energetyka Jądrowa
Liczba punktów ECTS jaką student musi uzyskać w ramach zajęć z dziedziny nauk humanistycznych lub nauk społecznych, w przypadku kierunków studiów przyporządkowanych do dyscyplin w ramach dziedzin innych niż dziedziny nauk humanistycznych lub nauk społecznych:	6 ECTS	6 ECTS	6 ECTS	6 ECTS
Liczba godzin zajęć z wychowania fizycznego na studiach prowadzonych w formie stacjonarnej:	90 godz.	90 godz.	90 godz.	90 godz.
Łączna liczba punktów ECTS, którą student musi uzyskać w ramach zajęć podlegających wyborowi przez studenta (w wymiarze nie mniejszym niż 30% liczby punktów ECTS koniecznych do ukończenia studiów na danym poziomie):	97 ECTS tj. 37,6 %	97 ECTS tj. 37,6 %	97 ECTS tj. 37,6 %	97 ECTS tj. 37,6 %
Dla studiów o profilu praktycznym: Łączna liczba punktów ECTS, którą student musi uzyskać w ramach przedmiotów/zajęć kształtujących umiejętności praktyczne (w wymiarze większym niż 50% liczby punktów ECTS koniecznych do ukończenia studiów na danym poziomie):	Nie dotyczy			
Dla studiów o profilu ogólnoakademickim: Łączna liczba punktów ECTS, którą student musi uzyskać w ramach zajęć związanych z prowadzoną w Uczelni działalnością naukową w dyscyplinie lub dyscyplinach, do których przyporządkowany jest kierunek studiów (w wymiarze większym niż 50% liczby punktów ECTS wymaganej do ukończenia studiów na danym poziomie), z uwzględnieniem udziału studentów w zajęciach przygotowujących do prowadzenia działalności naukowej lub udziału w tej działalności:	129 ECTS tj. 61,4 %	129 ECTS tj. 61,4 %	129 ECTS tj. 61,4 %	121 ECTS tj. 57,6%
Łączna liczba godzin oraz punktów ECTS z matematyki	225 godz. 15 ECTS			
Łączna liczba godzin oraz punktów ECTS z fizyki	555 godz. 37 ECTS	555 godz. 37 ECTS	600 godz. 60 ECTS	675 godz. 54 ECTS
Łączna liczba godzin oraz punktów ECTS języków obcych	180 godz. 12 ECTS			
Liczba punktów ECTS za pracę dyplomową	15 ECTS			

3 WYMIAR, ZASADY, FORMA PRAKTYK ZAWODOWYCH

Wymiar praktyk: 4 tygodnie

Liczba punktów ECTS: 4

Zasady i forma odbywania praktyk:

Praktyki powinny odbyć się w instytucjach rządowych, instytutach badawczych oraz przedsiębiorstwach działających w branży energetycznej z uwzględnieniem specyfiki specjalności.

Efekty uczenia się dla praktyk:

Lp.	Symbol efektu uczenia się dla praktyk	Opis efektu uczenia się	Symbol efektów uczenia się dla programu studiów	Sposób weryfikacji
1	2	3	4	5
WIEDZA				
1	PZ_EW01	Ma wiedzę niezbędną do rozumienia pozatechnicznych uwarunkowań działalności inżynierskiej, zna zasady bezpieczeństwa i higieny pracy w przedsiębiorstwach z branży energetycznej	E1_W31, E1_W32	Zaświadczenie o ukończeniu praktyk
UMIEJĘTNOŚCI				
1	PZ_EU01	Potrafi porozumiewać się przy użyciu różnych technik w środowisku zawodowym	E1_U02	Zaświadczenie o ukończeniu praktyk
2	PZ_EU02	Potrafi posługiwać się technikami informacyjno-komunikacyjnymi właściwymi do realizacji zadań typowych dla działalności inżynierskiej	E1_U08	Zaświadczenie o ukończeniu praktyk
3	PZ_EU03	Ma przygotowanie niezbędne do pracy w środowisku przemysłowym oraz stosuje zasady bezpieczeństwa związane z tą pracą	E1_U015	Zaświadczenie o ukończeniu praktyk
KOMPETENCJE SPOŁECZNE				
1	PZ_EK01	Ma świadomość ważności i rozumie pozatechniczne aspekty i skutki działalności inżynierskiej, w tym jej wpływu na środowisko, i związanej z tym odpowiedzialności za podejmowane decyzje	E1_K02	Zaświadczenie o ukończeniu praktyk
2	PZ_EK02	Rozumie znaczenie wiedzy w rozwiązywaniu problemów poznawczych i praktycznych oraz potrzebę zasięgania opinii ekspertów w przypadku trudności w samodzielnym rozwiązywaniu problemu	E1_K04	Zaświadczenie o ukończeniu praktyk
3	PZ_EK03	Prawidłowo identyfikuje i rozstrzyga dylematy związane z wykonywaniem zawodu	E1_K05	Zaświadczenie o ukończeniu praktyk
4	PZ_EK04	Potrafi myśleć i działać w sposób przedsiębiorczy	E1_K06	Zaświadczenie o ukończeniu praktyk

4 SYLABUSY

Nazwa przedmiotu: ELEMENTY FIZYKI JĄDROWEJ

Rodzaj zajęć/liczba godzin/liczba punktów ECTS: **W30 C15 L0 P0, 3 ECTS**

Status przedmiotu: **SPECJALNOŚCIOWY, ENERGETYKA JĄDROWA**

Treści programowe:

Wykłady: 1. Struktura materii, cząstki elementarne. Oddziaływania fundamentalne. Typowe skale długości i energii związane z atomami i jądrami. 2. Struktura jądra atomowego. Rozmiary i masy. Schemat budowy jądra. Zakres stabilności jąder atomowych. 3. Energia wiązania jądra. Energie separacji. Dolina stabilności. Kanały rozpadu. Magiczne liczby. 4. Tryby wzbudzenia w jądram atomowych. Całkowity i różnicowy przekrój poprzeczny. 5. Właściwości oddziaływań jądrowych. Własności deuteronu. 6. Modele jądrowe: model kropli cieczy, model cząstek niezależnych (model powłokowy), modele kolektywne. 7. Akceleratory, detektory, oddziaływanie cząstek z ośrodkiem. 8. Radioaktywność. Prawo rozpadu promieniotwórczego. Transmutacja jądrowa. Łącuchy rozpadów. 9. Kanały rozpadu: alfa, beta, gamma, rozszczepienie. 10. Reakcje jądrowe. Modele reakcji jądrowych. 11. Rozszczepienie spontaniczne i indukowane. Reakcja łańcuchowa. 12. Fizyka neutronów. Oddziaływanie neutronów z materią. 13. Synteza termojądrowa. Synteza lekkich pierwiastków w gwiazdach, wybuch supernowej, proces r. 14. Synteza termojądrowa na Ziemi: metody i problemy. 15. Wyzwania dla współczesnej fizyki jądrowej. Najnowsze eksperymenty.

Efekty uczenia się dla przedmiotu:

Lp.	Symbol efektu uczenia się dla przedmiotu	Opis efektu uczenia się	Symbol efektów uczenia się dla programu studiów	Sposób weryfikacji
1	2	3	4	5
WIEDZA				
1	EW1	Student ma wiedzę z zakresu fizyki jądrowej.	E1_W2	Kolokwium
2	EW2	Student ma wiedzę o strukturze materii	E1_W2	Kolokwium
3	EW3	Student posiada wiedzę o oddziaływaniach cząstek z materią	E1_W2	Kolokwium
UMIEJĘTNOŚCI				
1	EU1	Student posiada umiejętność opisu procesów konwersji jądrowej.	E1_U31	Kolokwium
2	EU2	Student posiada umiejętność opisu procesów przemian jądrowych.	E1_U08	Kolokwium
3	EU3	Student posiada umiejętność rozwiązywania problemów z zakresu fizyki jądrowej.	E1_U32	Kolokwium
KOMPETENCJE SPOŁECZNE				
1	EK1	Student posiada umiejętność przekazywania wiedzy z zakresu podstaw fizyki jądrowej.	E1_K01	Kolokwium

Nazwa przedmiotu: CYKL PALIWOWY I PALIWA JĄDROWERodzaj zajęć/liczba godzin/liczba punktów ECTS: **W30 C15 L0 P0, 3 ECTS**Status przedmiotu: **SPECJALNOŚCIOWY, ENERGETYKA JĄDROWA**

Treści programowe:

Cykl paliwowy, nuklidy rozszczepialne i rodne, zasoby uranu i toru na świecie. Metody wydobycia, przetwarzania i konwersji rudy uranowej. Yellow cake, proces wzbogacania koncentratu uranowego. Przegląd metod wzbogacania uranu. Produkcja paliwa jądrowego. Paliwo metaliczne a paliwo ceramiczne. Rozwiązania konstrukcyjne paliwa dedykowanego do reaktorów energetycznych Produkcja izotopów rozszczepialnych w reaktorach jądrowych. Przechowywanie, transport świeżego paliwa i wypalonego paliwa. Gospodarka wypalonym paliwem. Suche i mokre przechowalniki wypalonego paliwa. Transmutacja paliwa. Specyfika paliwa jądrowego dla reaktorów badawczych. Obliczenia bilansowe, praca rozdzielcza, optymalizacja cyklu paliwowego.

Efekty uczenia się dla przedmiotu:

Lp.	Symbol efektu uczenia się dla przedmiotu	Opis efektu uczenia się	Symbol efektów uczenia się dla programu studiów	Sposób weryfikacji
1	2	3	4	5
WIEDZA				
1	EW1	Student wie co to jest cykl paliwowy, zna jego elementy składowe i klasyfikacje	E1_W27, E1_W35	kolokwium pisemne, test,
2	EW2	Student posiada wiedzę o zasobach materiałów stosowanych do produkcji paliwa jądrowego i wie w jaki sposób się je pozyskuje	E1_W07	kolokwium pisemne, test,
3	EW3	Posiada wiedzę o metodach konwersji oraz wzbogacania koncentratu uranowego	E1_W10	kolokwium pisemne, test,
4	EW4	Student posiada wiedzę w jaki sposób produkuje się paliwa jądrowe. Wie jakie czynniki wpływają na kształt, sposób wykonania oraz użyte materiały do produkcji paliwa	E1_W07	kolokwium pisemne, test,
5	EW5	Student wie jakie produkty powstają w procesie wypalania paliwa jądrowego w reaktorze	E1_W12	kolokwium pisemne, test,
6	EW6	Student wie w jaki sposób należy postępować z wypalonym paliwem. Zna metody składowania, przerobu i transmutacji paliwa jądrowego.	E1_W27	kolokwium pisemne, test,
UMIEJĘTNOŚCI				
1	EU1	Student potrafi policzyć aktywność rudy uranowej oraz paliwa jądrowego	E1_U31, E1_U12	kolokwium pisemne, test,
2	EU2	Student potrafi policzyć pracę rozdzielczą, zapotrzebowanie na materiał do produkcji paliwa.	E1_U31, E1_U12	kolokwium pisemne, test,
3	EU3	Student potrafi stworzyć bilans masowy i dokonać obliczeń optymalizacyjnych dla przykładowego cyklu paliwowego	E1_U31, E1_U12	Projekt, prezentacja
4	EU4	Student potrafi pracować w grupie i prezentować wyniki wspólnej pracy	E1_U04, E1_U30	Projekt, prezentacja
KOMPETENCJE SPOŁECZNE				
1	EK1	Student potrafi ocenić wpływ energetyki jądrowej na środowisko i przekazać ta wiedzę innym osobom	E1_K01	kolokwium prezentacja
2	EK2	Student potrafi odpowiednio określić priorytety służące realizacji określonego zadania oraz identyfikować i rozstrzygać związane z tym dylematy.	E1_K08	prezentacja

Nazwa przedmiotu: OCHRONA PRZED PROMIENIOWANIEMRodzaj zajęć/liczba godzin/liczba punktów ECTS: **W15 C0 L15 P0, 2 ECTS**Status przedmiotu: **SPECJALNOŚCIOWY, ENERGETYKA JĄDROWA**

Treści programowe:

Wykład: Rodzaje i źródła promieniowania jonizującego. Oddziaływanie promieniowania jonizującego z materią. Główne zasady ochrony radiologicznej. Wielkości i jednostki pomiarowe. Limity dawek i inne przepisy związane z ochroną przed promieniowaniem, działania interwencyjne na wypadek awarii związanej z uwolnieniem substancji promieniotwórczych.

Ćwiczenia: Obliczenia związane z oceną dawki, metody ochrony (np. obliczenia osłon, czasu przebywania w strefie narażenia), wprowadzenie do projektowania przestrzeni roboczej.

Laboratorium: Detekcja i pomiary promieniowania jonizującego, pomiary skażeń powierzchniowych, osłabianie promieniowania jonizującego. Obliczanie aktywności źródeł i dawek.

Efekty uczenia się dla przedmiotu:

Lp.	Symbol efektu uczenia się dla przedmiotu	Opis efektu uczenia się	Symbol efektów uczenia się dla programu studiów	Sposób weryfikacji
1	2	3	4	5
WIEDZA				
1	EW01	Student ma wiedzę na temat rodzajów i źródeł promieniowania jonizującego oraz jego oddziaływania z materią.	E1_W02, E1_W35	Kolokwium
2	EW02	Student zna zasady i techniki ochrony przed promieniowaniem oraz działania interwencyjne na wypadek awarii związanej z uwolnieniem substancji promieniotwórczych.	E1_W35, E1_W27	Kolokwium
UMIEJĘTNOŚCI				
1	EU01	Student potrafi rozwiązać zadanie inżynierskie związane z ochroną przed promieniowaniem.	E1_U01, E1_U02, E1_U31, E1_U10, EU15	Kolokwium
2	EU02	Student potrafi zaplanować i wykonać detekcję lub pomiary promieniowania jonizującego	E1_U10	Raport, prezentacja
3	EU03	Student potrafi policzyć aktywność źródeł promieniotwórczych, dawki oraz dokonać podstawowego doboru osłon przed promieniowaniem	E1_U31, E1_U12	kolokwium pisemne, test,
4	EU04	Student potrafi pracować w grupie i prezentować wyniki wspólnej pracy	E1_U04, E1_U30	Raport, praca domowa
KOMPETENCJE SPOŁECZNE				
1	EK01	Student ma świadomość ważności ochrony przed promieniowaniem i konieczności podnoszenia świadomości o najnowszych osiągnięciach w tej dziedzinie.	E1_K01, E1_K02, E1_K07	Kolokwium
2	EK02	Student potrafi odpowiednio określić priorytety służące realizacji określonego zadania oraz identyfikować i rozstrzygać związane z tym dylematy.	E1_K08	Prezentacja

Nazwa przedmiotu: DETEKCJA PROMIENIOWANIA JONIZUJĄCEGORodzaj zajęć/liczba godzin/liczba punktów ECTS: **W30 C0 L0 P0, 3 ECTS**Status przedmiotu: **OBIERALNY, ENERGETYKA JĄDROWA**

Treści programowe:

Podsumowanie podstawowych zjawisk zachodzących przy przejściu cząstek przez materię, które mogą być wykorzystane przy detekcji promieniowania jonizującego, w tym oddziaływanie elektronów, ciężkich cząstek naładowanych, fotonów, neutronów i neutrin; Zasady i podstawowe pojęcia używane podczas opracowywania danych z detektora (efektywność detekcji, zdolności rozdzielcze, kalibracja, promieniowanie tła, szumy aparatury, zniszczenia radiacyjne, alignment). Omówienie podstawowych technik detekcji promieniowania jonizującego: scyntylatory, komory jonizujące i inne detektory śladowe, detektory półprzewodnikowe i promieniowania Czerenkowa, dozymetry (m. in. termoluminescencyjne). Podstawy projektowania eksperymentów tj. dobór odpowiedniej techniki detekcyjnej do zadanego zagadnienia fizycznego, współpraca różnego typu detektorów i związane z tym problemy, systemy wyzwalania akwizycji danych i pre-selekcji (trigger).

Efekty uczenia się dla przedmiotu:

Lp.	Symbol efektu uczenia się dla przedmiotu	Opis efektu uczenia się	Symbol efektów uczenia się dla programu studiów	Sposób weryfikacji
1	2	3	4	5
WIEDZA				
1	EW01	Student ma uporządkowaną, podbudowaną teoretycznie wiedzę w zakresie podstawowych zjawisk zachodzących przy przejściu cząstek przez materię, które mogą być wykorzystane przy detekcji promieniowania jonizującego, w tym oddziaływanie elektronów, ciężkich cząstek naładowanych, fotonów, neutronów i neutrin.	E1_W35, E1_W02	kolokwium
2	EW02	Student ma uporządkowaną wiedzę w zakresie zasad i podstawowych pojęć używanych podczas opracowywania danych z detektora	E1_W35, E1_W02	kolokwium
3	EW03	Student ma podstawową wiedzę w zakresie technologii detekcji promieniowania jonizującego: scyntylatorów, komór jonizujących i innych detektorów śladowych, detektorów półprzewodnikowych, promieniowania Czerenkowa i dozymetrów.	E1_W35, E1_W02	kolokwium
UMIĘJĘTNOŚCI				
1	EU01	Student potrafi dobrać odpowiednią technikę detekcyjną do zadanego zagadnienia fizycznego, biorąc pod uwagę współpracę różnych typów detektorów i związane z tym problemy, systemy wyzwalania akwizycji danych i pre-selekcji (trigger).	E1_U09	Kolokwium, prezentacja
2	EU02	Student potrafi przygotować prezentację ustną na temat wybranego przykładu nowoczesnego detektora promieniowania.	E1_U01, E1_U02, E1_U04, E1_U09	prezentacja
KOMPETENCJE SPOŁECZNE				
1	EK01	Student potrafi odpowiednio określić priorytety służące realizacji określonego zadania oraz identyfikować i rozstrzygać związane z tym dylematy.	E1_K08	prezentacja

Nazwa przedmiotu: PODSTAWY PRAWNE ENERGETYKI JĄDROWEJRodzaj zajęć/liczba godzin/liczba punktów ECTS: **W15 C0 L0 P0, 1 ECTS**Status przedmiotu: **SPECJALNOŚCIOWY, ENERGETYKA JĄDROWA**

Treści programowe:

Regulacje prawne międzynarodowe i krajowe dotyczące energetyki jądrowej. Prawo atomowe. prawne. Aspekty prawne importu materiałów promieniotwórczych. Pozwolenia, licencje. Rola Państwowej Agencji Atomistyki jako ciała nadzorczego. Organizacje międzynarodowe.

Efekty uczenia się dla przedmiotu:

Lp.	Symbol efektu uczenia się dla przedmiotu	Opis efektu uczenia się	Symbol efektów uczenia się dla programu studiów	Sposób weryfikacji
1	2	3	4	5
WIEDZA				
1	PPEJ_EW01	Student zna podstawowe regulacje prawne krajowe i międzynarodowe dotyczące energetyki jądrowej.	E1_W31	Kolokwium
UMIEJĘTNOŚCI				
1	PPEJ_EU01	Student potrafi znaleźć i zinterpretować obowiązujące krajowe regulacje prawne dotyczące energetyki jądrowej.	E1_U31	Kolokwium
KOMPETENCJE SPOŁECZNE				
3	PPEJ_EK01	Student ma świadomość ważności obowiązującego prawa krajowego i międzynarodowego dotyczącego energetyki jądrowej.	E1_K01, E1_K02, E1_K07	Kolokwium

Nazwa przedmiotu: REAKTORY JĄDROWERodzaj zajęć/liczba godzin/liczba punktów ECTS: **W45 C0 L0 P0, 3 ECTS**Status przedmiotu: **SPECJALNOŚCIOWY, ENERGETYKA JĄDROWA**

Treści programowe:

Zasada budowy, schematy i działania reaktorów jądrowych, klasyfikacja i rodzaje reaktorów jądrowych (Reaktory termiczne i prężne, lekkowodne, ciężkowodne, gazowe). Trendy rozwojowe współczesnych reaktorów jądrowych. Systemy bezpieczeństwa. Parametry operacyjne. Stosowane materiały w budowie reaktorów jądrowych. Reaktory badawcze – różnice w budowie i zastosowaniach

Efekty uczenia się dla przedmiotu:

Lp.	Symbol efektu uczenia się dla przedmiotu	Opis efektu uczenia się	Symbol efektów uczenia się dla programu studiów	Sposób weryfikacji
1	2	3	4	5
WIEDZA				
1	EW01	Student zna budowę, schematy cieplne, parametry robocze, wydajności i ograniczeń reaktorów, jak również materiałów używanych do ich budowy.	E1_W27, E1_W28	Kolokwium test
2	EW02	Student zna najnowsze rozwiązania systemów zabezpieczeń i układów bezpieczeństwa	E1_W27	Kolokwium test
3	EW03	Student zna koncepcję budowy i różnice pomiędzy reaktorami typu PWR, BWR, PHWR, GCR, FBR. Wie jakie są różnice pomiędzy poszczególnymi generacjami reaktorów.	E1_W27	Kolokwium test
4	EW04	Student zna mechanizmy do kontroli mocy reaktora	E1_W09	Kolokwium test
5	EW05	Student wie jakie są rozwiązania konstrukcyjne wybranych reaktorów badawczych i jaką pełnią one rolę.	E1_W27, E1_W07	Kolokwium test
6	EW06	Student wie jakie materiały wykorzystywane są do budowy reaktorów	E1_W27, E1_W07	Kolokwium test
UMIEJĘTNOŚCI				
1	EU01	Student posiada umiejętność wykonania podstawowych obliczeń np. Moc reaktora, pompy	E1_U33	Kolokwium test
2	EU02	Student potrafi opisać poszczególne różnice pomiędzy podstawowymi typami reaktorów. Potrafi wskazać wady i zalety każdego z rozwiązań	E1_U31, E1_U25	Kolokwium test
KOMPETENCJE SPOŁECZNE				
	EK01	Student potrafi przekazać wiedzę o różnych typach reaktorów jądrowych	E1_K01	kolokwium prezentacja

Nazwa przedmiotu: PERSPEKTYWICZNE TECHNOLOGIE JĄDROWE (SMR, MMR, GEN IV, TECHNOLOGIE KOSMICZNE)

Rodzaj zajęć/liczba godzin/liczba punktów ECTS: **W30 C0 L0 P0, 2 ECTS**

Status przedmiotu: **SPECJALNOŚCIOWY, ENERGETYKA JĄDROWA**

Treści programowe:

Zasada budowy, schematy i działania perspektywicznych reaktorów jądrowych (SMR, MMR, Gen IV, technologie kosmiczne) i ich klasyfikacja. Zjawiska bazujące na naturalnych zjawiskach fizycznych (konwekcja, różnica temperatury, różnica ciśnień). Zastosowania perspektywicznych technologii reaktorowych. Systemy bezpieczeństwa. Parametry operacyjne. Stosowane materiały w budowie reaktorów jądrowych. Technologia kosmiczna, satelity zasilane technologiami jądrowymi.

Efekty uczenia się dla przedmiotu:

Lp.	Symbol efektu uczenia się dla przedmiotu	Opis efektu uczenia się	Symbol efektów uczenia się dla programu studiów	Sposób weryfikacji
1	2	3	4	5
WIEDZA				
1	EW01	Student zna budowę, schematy cieplne, parametry robocze, wydajności i ograniczeń perspektywicznych reaktorów, jak również materiałów używanych do ich budowy.	E1_W27, E1_W28	Kolokwium test
2	EW02	Student zna rozwiązania systemów zabezpieczeń i układów bezpieczeństwa stosowanych w perspektywicznych reaktorach jądrowych	E1_W27	Kolokwium test
3	EW03	Student zna zjawiska bazujące na naturalnych zjawiskach fizycznych	E1_W09	Kolokwium test
4	EW04	Student wie jakie są zastosowania perspektywicznych technologii jądrowych.	E1_W27, E1_W07	Kolokwium test
5	EW05	Student wie jakie materiały wykorzystywane są do budowy reaktorów	E1_W27, E1_W07	Kolokwium test
UMIEJĘTNOŚCI				
1	EU01	Student posiada umiejętność wykonania podstawowych obliczeń naturalnych zjawisk fizycznych	E1_U33	Kolokwium test
2	EU02	Student potrafi opisać poszczególne różnice pomiędzy perspektywicznymi typami reaktorów. Potrafi wskazać wady i zalety każdego z rozwiązań oraz zna ich zastosowania	E1_U31, E1_U25	Kolokwium test
KOMPETENCJE SPOŁECZNE				
1	EK01	Student potrafi przekazać wiedzę o różnych perspektywicznych typach reaktorów jądrowych	E1_K01	kolokwium prezentacja

Nazwa przedmiotu: ELEKTROWNIA JĄDROWA W SYSTEMIE CIEPŁOWNICZYM I ELEKTROENERGETYCZNYM

Rodzaj zajęć/liczba godzin/liczba punktów ECTS: **W30 C0 L0 P0, 2 ECTS**

Status przedmiotu: **SPECJALNOŚCIOWY, ENERGETYKA JĄDROWA**

Treści programowe:

System elektroenergetyczny, statystyka energetyki jądrowej, zasada działania elektrowni jądrowej, wskaźniki eksploatacyjne. Proces licencjonowania instalacji jądrowych, budowa elektrowni jądrowych, typy kontraktów. Najważniejsze systemy w elektrowni jądrowej i ich zasada działania z punktu widzenia eksploatacji. Planowane i nieplanowane odstawienia, przestoje, przeładunek paliwa. Uruchomienie i odstawienie bloku, zmiana obciążenia. Zagadnienia remontowe. Szkolenie kadr. Kogeneracja z wykorzystaniem elektrowni jądrowych - przykładowe rozwiązania, perspektywy.

Efekty uczenia się dla przedmiotu:

Lp.	Symbol efektu uczenia się dla przedmiotu	Opis efektu uczenia się	Symbol efektów uczenia się dla programu studiów	Sposób weryfikacji
1	2	3	4	5
WIEDZA				
1	EEJ_EW01	Student wie jak zbudowana jest elektrownia jądrowa	E1_W27, E1_W28,	kolokwium pisemne, test,
2	EEJ_EW02	Student posiada wiedzę o procesie licencjonowania instalacji jądrowych	E1_W35, E1_W31	kolokwium pisemne, test,
3	EEJ_EW03	Student zna podstawowe wskaźniki eksploatacyjne i ich typowe wartości dla różnych technologii energetycznych	E1_W28, E1_W27	kolokwium pisemne, test,
4	EEJ_EW04	Student posiada wiedzę o systemach niezbędnych do prawidłowej eksploatacji	E1_W28, E1_W27	kolokwium pisemne, test,
5	EEJ_EW05	Student zna różnicę pomiędzy planowanym i nieplanowanym postojem. Wie w jaki sposób odbywa się przeładunek paliwa	E1_W28, E1_W27	kolokwium pisemne, test,
6	EEJ_EW06	Student wie jakie są generalne zasady eksploatacji elektrowni jądrowej. Wie w jaki sposób zmiana obciążenia przełoży się na stan reaktora	E1_W28,	kolokwium pisemne, test,
7	EEJ_EW07	Student zna podstawowe metody diagnostyczne stosowane w energetyce i energetyce jądrowej	E1_W35	kolokwium pisemne, test,
8	EEJ_EW08	Student zna możliwości i ograniczenia wykorzystania energetyki jądrowej do produkcji ciepła technologicznego lub systemowego.	E1_W17, EW35	kolokwium pisemne, test,
UMIEJĘTNOŚCI				
1	EEJ_EU01	Student wie, jak zdobyć wiedzę o nowoczesnych urządzeniach i maszynach stosowanych w elektrowniach jądrowych	E1_U01	kolokwium pisemne, test,
2	EEJ_EU02	Student potrafi ocenić parametry i wskaźniki eksploatacyjne elektrowni jądrowej.	E1_U18, E1_U17	kolokwium pisemne, test,
3	EEJ_EU3	Student potrafi ocenić możliwości zastosowania technologii jądrowej w przykładowym systemie energetycznym.	E1_U18, E1_U17	kolokwium pisemne, test,
4	EEJ_EU03	Student potrafi pracować w grupie i prezentować wyniki wspólnej pracy	E1_U1, E1_U2, E1_U4	Projekt, prezentacja
KOMPETENCJE SPOŁECZNE				

1	EEJ_EK01	Student potrafi ocenić wpływ energetyki jądrowej na środowisko i przekazać ta wiedzę innym osobom	E1_K01	kolokwium prezentacja
2	EEJ_EK02	Student potrafi odpowiednio określić priorytety służące realizacji określonego zadania oraz identyfikować i rozstrzygać związane z tym dylematy.	E1_K08	prezentacja

Nazwa przedmiotu: FIZYKA REAKTORÓW JĄDROWYCHRodzaj zajęć/liczba godzin/liczba punktów ECTS: **W30 C15 L30 P0, 5 ECTS**Status przedmiotu: **SPECJALNOŚCIOWY, ENERGETYKA JĄDROWA**

Treści programowe:

Wprowadzenie do fizyki reaktorów jądrowych. Reakcje jądrowe istotne w technice i w reaktorach jądrowych. Oddziaływanie neutronów z materią. Spowalnianie i termalizacja neutronów. Cykl życia neutronów i ekonomia neutronów w reaktorze. Transport neutronów i równanie transportu neutronów. Metody rozwiązywania równania transportu w tym metody przybliżone z naciskiem na przybliżenie dyfuzyjne. Podstawy projektowania reaktorów jądrowych. Stan krytyczny reaktora jądrowego. Współczynnik mnożenia neutronów oraz efekty reaktywnościowe. Zmiany w rdzeniu w czasie pracy reaktora. Stabilność reaktorów i podstawy kinetyki oraz dynamiki reaktorów jądrowych. Dane jądrowe i biblioteki danych jądrowych. Laboratorium reaktorów jądrowych w Narodowym Centrum Badań Jądrowych.

Efekty uczenia się dla przedmiotu:

Lp.	Symbol efektu uczenia się dla przedmiotu	Opis efektu uczenia się	Symbol efektów uczenia się dla programu studiów	Sposób weryfikacji
1	2	3	4	5
WIEDZA				
1	EW01	Student zna mechanizmy oddziaływania neutronów z materią oraz reakcji jądrowych indukowanych przez neutrony. znajomość innych istotnych reakcji.	E1_W02, E1_W27	Egzamin, kolokwium, praca domowa, raport
2	EW02	Student wie co to są neutrony opóźnione, zna ich udział oraz rolę w kontrolowaniu reakcji łańcuchowej. zna pojęcia i zasady opisujące dynamikę reaktorów jądrowych.	E1_W02, E1_W27	Egzamin, kolokwium, praca domowa, raport
3	EW03	Student posiada wiedzę o mechanizmie reakcji łańcuchowej, warunkach konieczne do realizacji reakcji łańcuchowych i nuklidów w nich uczestniczących.	E1_W02, E1_W27	Egzamin, kolokwium, praca domowa, raport
4	EW04	Student posiada wiedzę o podstawowych założeniach teorii transportu neutronów. wie o uproszczenia równań transportu neutronów tj. pn, p1 i dyfuzji oraz zna podstawowe metody stosowane w ich rozwiązywaniu.	E1_W02, E1_W27	Egzamin, kolokwium, praca domowa, raport
5	EW05	Student zna mechanizmy spowalniania neutronów w materii. wie co to jest wychwyt rezonansowy, rozpraszanie neutronów oraz inne istotne procesy.	E1_W02, E1_W27	Egzamin, kolokwium, praca domowa, raport
6	EW06	Student zna definicję współczynnika mnożenia neutronów, wie jakie zjawiska fizyczne wpływają na jego wartość.	E1_W02, E1_W27	Egzamin, kolokwium, praca domowa, raport
7	EW07	Student zna przyczyny i skutki zmian reaktywności podczas pracy reaktora. .	E1_W02, E1_W27	Egzamin, kolokwium, praca domowa, raport
8	EW08	Student zna podstawy zagadnień kinetyki i dynamiki reaktorów jądrowych.	E1_W02, E1_W27	Egzamin, kolokwium, praca domowa, raport
9	EW09	Student zna procesy zmiany składu izotopowego w reaktorze w czasie jego pracy oraz zna efekty tych zmian.	E1_W02, E1_W27	Egzamin, kolokwium, praca domowa, raport
10	EW10	Student zna pojęcie efektów reaktywnościowych oraz ich wpływ na bezpieczeństwo	E1_W02, E1_W27	Egzamin, kolokwium, praca domowa, raport
UMIEJĘTNOŚCI				

1	EU01	Student potrafi wykonać inżynierskie obliczenia fizyki reaktorów jądrowych.	E1_U12, E1_U33	Praca domowa
2	EU02	Student potrafi przeprowadzić proste obliczenia parametrów reaktora w stanie krytycznym.	E1_U12, E1_U33	Praca domowa, prezentacja
3	EU03	Student potrafi przygotować i przeprowadzić pomiar strumienia neutronów oraz interpretować wyniki.	E1_U09, E1_U10	Raport, prezentacja
4	EU04	Student potrafi przygotować i przeprowadzić pomiar reaktywności prętów regulacyjnych reaktora jądrowego oraz interpretować wyniki.	E1_U09, E1_U10	Raport, prezentacja
KOMPETENCJE SPOŁECZNE				
1	EK01	Student jest świadomy złożoności procesów zachodzących w reaktorach jądrowych i związanej z tym konieczność stosowania w energetyce jądrowej najlepszych technologii i najwyższych standardach jakościowych.	E1_K02	egzamin
2	EK02	Student potrafi ocenić wpływ energetyki jądrowej na środowisko i przekazać ta wiedzę innym osobom	E1_K01	kolokwium prezentacja
3	EK03	Student potrafi odpowiednio określić priorytety służące realizacji określonego zadania oraz identyfikować i rozstrzygać związane z tym dylematy.	E1_K08	prezentacja

Nazwa przedmiotu: ZAGADNIENIA CIEPLNO-PRZEPYWOWE REAKTORÓW JĄDROWYCHRodzaj zajęć/liczba godzin/liczba punktów ECTS: **W15 C15 L0 P15, 3 ECTS**Status przedmiotu: **SPECJALNOŚCIOWY, ENERGETYKA JĄDROWA**

Treści programowe:

Wprowadzenie do zagadnień cieplno-przepływowych w reaktorach jądrowych. Wytwarzanie ciepła w reaktorach jądrowych. Transport energii i wymiana ciepła w rdzeniu oraz układzie chłodzenia reaktora. Przestrzenny rozkład mocy w rdzeniu reaktora i związek z zagadnieniami neutronowymi. Przewodzenie ciepła i rozkład temperatur w elementach paliwowych oraz w chłodziwie reaktora. Podstawy wymiany ciepła dla czynnika jednofazowego. Wprowadzenie do zagadnień przepływów dwufazowych i wymiany ciepła w warunkach wrzenia. Zagadnienia bezpieczeństwa powiązane z wymianą ciepła w tym zagadnienie ciepła powyłączeniowego, kryzys wrzenia oraz wypływ krytyczny. Zagadnienia przepływowe i hydrauliki reaktorów w tym wyznaczanie spadków ciśnienia w elementach reaktora. Zarys współczesnych eksperymentów cieplno-przepływowych z omówieniem najważniejszych instalacji eksperymentalnych. Wprowadzenie do metod matematycznych i numerycznych stosowanych w rozwiązywaniu problemów cieplno-przepływowych w reaktorach jądrowych. Podstawowe zasady projektowania reaktorów jądrowych z perspektywy zagadnień cieplno-przepływowych. Rola zagadnień cieplno-przepływowych w analizach bezpieczeństwa reaktorów jądrowych.

Efekty uczenia się dla przedmiotu:

Lp.	Symbol efektu uczenia się dla przedmiotu	Opis efektu uczenia się	Symbol efektów uczenia się dla programu studiów	Sposób weryfikacji
1	2	3	4	5
WIEDZA				
1	EW_01	Student zna podstawowe procesy cieplno-przepływowe zachodzące w reaktorach jądrowych lekkowodnych.	E1_W05	Kolokwium
2	EW_02	Student zna zagadnienie przepływów jednofazowych i dwufazowych w reaktorach.	E1_W11	Kolokwium
3	EW_03	Student zna metody obliczeniowe stosowane przy badaniu procesów cieplno-przepływowych.	E1_W11	Kolokwium
UMIEJĘTNOŚCI				
1	EU_01	Student potrafi rozwiązać problemy inżynierskie związane z zagadnieniami cieplno-przepływowymi reaktorów jądrowych.	E1_U21, E1_U12	Kolokwium, projekt
2	EU_02	Student potrafi wykorzystać metody obliczeniowe do modelowania procesów cieplno-przepływowych.	E1_U22	Kolokwium, projekt
KOMPETENCJE SPOŁECZNE				
1	EK_01	Student jest świadomy złożoności procesów cieplno-przepływowych zachodzących w reaktorach jądrowych i związanej z tym konieczności stosowania w energetyce jądrowej sprawdzonych metod obliczeniowych.	E1_K02	Kolokwium
2	EK_02	Student potrafi odpowiednio określić priorytety służące realizacji określonego zadania oraz identyfikować i rozstrzygać związane z tym dylematy.	E1_K08	projekt

Nazwa przedmiotu: BEZPIECZEŃSTWO INSTALACJI JĄDROWYCHRodzaj zajęć/liczba godzin/liczba punktów ECTS: **W30 C15 L0 P0, 3 ECTS**Status przedmiotu: **SPECJALNOŚCIOWY, ENERGETYKA JĄDROWA**

Treści programowe:

Główny cel bezpieczeństwa jądrowego. Specyfika zagrożenia ze strony reaktorów jądrowych. Obrona w głąb. Zasady bezpieczeństwa: projektowanie, budowa i eksploatacja. Klasyfikacja wypadków. Analiza najważniejszych wypadków. Podstawy analiz bezpieczeństwa, analizy deterministyczne i probabilistyczne. Zna podstawowe zasady ochrony fizycznej instalacji jądrowych.

Efekty uczenia się dla przedmiotu:

Lp.	Symbol efektu uczenia się dla przedmiotu	Opis efektu uczenia się	Symbol efektów uczenia się dla programu studiów	Sposób weryfikacji
1	2	3	4	5
WIEDZA				
1	EW01	Student ma wiedzę na temat poziomów i zasad obrony w głąb stosowanych w projektowaniu instalacji jądrowych	E1_W35, E1_W27	Kolokwium, egzamin
2	EW02	Student zna zasady bezpieczeństwa elektrowni jądrowych	E1_W35, E1_W27	Kolokwium, egzamin
3	EW03	Student zna techniczne aspekty bezpieczeństwa elektrowni jądrowych.	E1_W35, E1_W27	Kolokwium, egzamin
4	EW04	Student zna rolę organów nadzoru jądrowego i organizacji międzynarodowych w zapewnieniu bezpieczeństwa elektrowni jądrowych.	E1_W35, E1_W27	Kolokwium, egzamin
5	EW05	Student zna pojęcia i ogólne zasady analizy bezpieczeństwa. wie jakie są różnice pomiędzy analizami deterministycznymi i probabilistycznymi	E1_W08	Kolokwium, egzamin
6	EW06	Student zna najnowsze i przyszłościowe rozwiązania dla systemów bezpieczeństwa elektrowni jądrowych.	E1_W35, E1_W27	Kolokwium, egzamin
7	EW07	Student zna zasady bezpieczeństwa ochrony fizycznej instalacji jądrowych.	E1_W35, E1_W27	Kolokwium, egzamin
UMIEJĘTNOŚCI				
1	EU01	Student potrafi porównać i ocenić bezpieczeństwo, w zależności od zastosowanej techniki.	E1_U16, E1_U25	Kolokwium, egzamin, prezentacja
2	EU02	Student potrafi omówić przyczyny i skutki najpoważniejszych awarii instalacji jądrowych	E1_U01, E1_U31	Kolokwium, egzamin, prezentacja
3	EU03	Student potrafi zaproponować podstawowe zasady bezpieczeństwa i ochrony fizycznej dla instalacji jądrowej	E1_U01,	Kolokwium, egzamin, prezentacja
4	EU04	Student potrafi zamodelować prostą instalację i wykonać dla niej deterministyczne/probabilistyczne analizy bezpieczeństwa	E1_U31	Raport, prezentacja
KOMPETENCJE SPOŁECZNE				
1	EK01	Student jest świadomy ważności bezpieczeństwa elektrowni jądrowych elektrowni jądrowych oraz potrzebę podnoszenia świadomości na temat najnowszych osiągnięć w tej dziedzinie	E1_K02	Egzamin,

Nazwa przedmiotu: LABORATORIUM SYMULACJI ELEKTROWNI JĄDROWEJRodzaj zajęć/liczba godzin/liczba punktów ECTS: **W15 C0 L30 P0, 3 ECTS**Status przedmiotu: **SPECJALNOŚCIOWY, ENERGETYKA JĄDROWA**

Treści programowe:

Symulacja z wykorzystaniem narzędzi komputerowych stanów przejściowych w trakcie normalnej eksploatacji, zmian obciążenia elektrowni jądrowej i stanów awaryjnych. Analiza działania poszczególnych układów pomocniczych i bezpieczeństwa.

Efekty uczenia się dla przedmiotu:

Lp.	Symbol efektu uczenia się dla przedmiotu	Opis efektu uczenia się	Symbol efektów uczenia się dla programu studiów	Sposób weryfikacji
1	2	3	4	5
WIEDZA				
1	EW01	Student wie jakie są generalne zasady eksploatacji elektrowni jądrowej. wie w jaki sposób zmiana obciążenia przełoży się na stan reaktora	E1_W28, E1_W28, E1_W35	Praca domowa, raport
2	EW02	Student zna podstawowe zasady sterowania i regulacji instalacji jądrowych	E1_W19, E1_W09	Prezentacja, raport
3	EW03	Student zna zasadę działania układów oraz systemów zabezpieczeń i bezpieczeństwa	E1_W27	Prezentacja, raport
4	EW04	Student zna podstawowe metody diagnostyczne stosowane w energetyce i energetyce jądrowej	E1_W27, E1_W28	Prezentacja, raport
UMIEJĘTNOŚCI				
1	EU01	Student potrafi wykonać symulację stanów przejściowych elektrowni i poprawnie zinterpretować wyniki	E1_U11, E1_U24	Praca domowa, raport
2	EU02	Student potrafi wykonać symulację awarii elektrowni i poprawnie zinterpretować wyniki	E1_U11, E1_U24	Praca domowa, raport
KOMPETENCJE SPOŁECZNE				
1	EK01	Student potrafi ocenić wpływ energetyki jądrowej na środowisko i przekazać ta wiedzę innym osobom	E1_K1	prezentacja

Nazwa przedmiotu: MODELOWANIE I OBLICZENIA REAKTORÓW JĄDROWYCHRodzaj zajęć/liczba godzin/liczba punktów ECTS: **W15 C0 L15 P15, 3 ECTS**Status przedmiotu: **SPECJALNOŚCIOWY, ENERGETYKA JĄDROWA**

Treści programowe:

Zarys problematyki projektowania, obliczeń i modelowania reaktorów jądrowych. Wprowadzenie do współczesnych metod obliczeń i modelowania reaktorów. Laboratorium z wykorzystaniem nowoczesnego narzędzia Monte Carlo dla symulacji zagadnień fizyki reaktora. Modelowanie nieskończonego ośrodka, pojedynczych prętów paliwowych, zestawów/kaset paliwowych i rdzenia. Wprowadzenie do modelowania zjawisk ciepło-przepływowych w rdzeniu reaktora. Modelowanie kanału chłodzącego reaktora z wykorzystaniem współczesnych narzędzi inżynierskich dla wyznaczenia podstawowych parametrów rdzenia reaktora jądrowego. Laboratorium z wykorzystaniem współczesnych narzędzi obliczeń inżynierskich oraz serwera obliczeniowego. Projekt z wykorzystaniem nabytych kompetencji.

Efekty uczenia się dla przedmiotu:

Lp.	Symbol efektu uczenia się dla przedmiotu	Opis efektu uczenia się	Symbol efektów uczenia się dla programu studiów	Sposób weryfikacji
1	2	3	4	5
WIEDZA				
1	EW01	Student zna narzędzia do symulacji procesów zachodzących w reaktorach jądrowych.	E1_W11	Prezentacja, Projekt.
2	EW02	Student zna metody modelowania instalacji jądrowych oraz sposoby pozyskiwania brakujących danych.	E1_W35	Prezentacja, Projekt.
UMIĘJĘTNOŚCI				
1	EU01	Student potrafi zamodelować procesy zachodzący w reaktorze w wybranym narzędziu.	E1_U22, E1_U2	Prezentacja, Projekt.
2	EU02	Student potrafi uprościć modelowaną instalację, w taki sposób, aby dostatecznie prawidłowo zasymulować procesy zachodzące w instalacjach jądrowych.	E1_U23, E1_U31,	Prezentacja, Projekt.
3	EU03	Student potrafi zamodelować podstawowe elementy reaktora jądrowego i przeprowadzić ich obliczenia numeryczne	E1_U23, E1_U31,	Prezentacja, Projekt.
4	EU04	Student potrafi pracować w grupie i prezentować wyniki wspólnej pracy	E1_U04, E1_U30	Projekt, prezentacja
KOMPETENCJE SPOŁECZNE				
1	EK01	Student jest świadomy ważności umiejętności modelowania procesów zachodzących w instalacjach jądrowych oraz potrzebę podnoszenia świadomości na temat najnowszych narzędzi stosowanych w tej dziedzinie.	E1_K02	Prezentacja, Projekt.
2	EK02	Student potrafi odpowiednio określić priorytety służące realizacji określonego zadania oraz identyfikować i rozstrzygać związane z tym dylematy.	E1_K08	Prezentacja

Nazwa przedmiotu: METODY NUMERYCZNE I TECHNIKI KOMPUTEROWE W ENERGETYCERodzaj zajęć/liczba godzin/liczba punktów ECTS: **W15 C0 L15 P0, 2 ECTS**Status przedmiotu: **SPECJALNOŚCIOWY, ENERGETYKA JĄDROWA**

Treści programowe:

Wprowadzenie do współczesnej inżynierii obliczeniowej w kontekście energetyki i energetyki jądrowej. Przegląd zagadnień obliczeniowej algebry liniowej oraz równań różniczkowych w zastosowaniach w energetyce. Zarys metod numerycznych w zastosowaniach w energetyce. Metody numeryczne w fizyce reaktorów jądrowych. Metody numeryczne dla zagadnień ciepłno-przepływowych. Wprowadzenie do metod numerycznych mających zastosowanie w innych obszarach inżynierii jądrowej. Zarys współczesnych metod stosowanych w optymalizacji oraz sztucznej inteligencji dla rozwiązywania problemów w zastosowaniach w energetyce oraz energetyce jądrowej. Wybrane zagadnienia analizy i wizualizacji danych.

Laboratorium z wykorzystania współczesnych inżynierskich narzędzi programistycznych (Python, MATLAB, i inne) w rozwiązywaniu problemów w energetyce jądrowej. Projekt z wykorzystaniem nabytych kompetencji.

Efekty uczenia się dla przedmiotu:

Lp.	Symbol efektu uczenia się dla przedmiotu	Opis efektu uczenia się	Symbol efektów uczenia się dla programu studiów	Sposób weryfikacji
1	2	3	4	5
WIEDZA				
1	EW01	Student zna współczesne narzędzia programistyczne stosowane do obliczeń inżynierskich.	E1_W26	Prezentacja, Projekt.
2	EW02	Student zna współczesne metody numeryczne stosowane w energetyce jądrowej.	E1_W26	Prezentacja, Projekt.
3	EW03	Student zna innowacyjne rozwiązania informatyczne stosowane w energetyce (3D, AI)	E1_w35	Prezentacja, Projekt.
UMIĘJĘTNOŚCI				
1	EU01	Student potrafi wykorzystać współczesne metody stosowane w optymalizacji.	E1_U12	Prezentacja, Projekt.
2	EU02	Student potrafi wykorzystać współczesne narzędzia programistyczne oraz umiejętnie przedstawić wyniki obliczeń.	E1_U33	Prezentacja, Projekt.
3	EU03	Student potrafi wykorzystać współczesne narzędzia obliczeniowe do przeprowadzenia prostej analizy układów w energetyce	E1_U33	Prezentacja, Projekt.
KOMPETENCJE SPOŁECZNE				
1	EK01	Student jest świadomy ważności wykorzystywania narzędzi programistycznych oraz potrzeby podnoszenia świadomości na temat najnowszych narzędzi stosowanych w tej dziedzinie.	E1_K02	Prezentacja, Projekt.

Nazwa przedmiotu: ZAGADNIENIA ORGANIZACYJNE ZWIĄZANE Z REALIZACJĄ PRZEDSIĘWZIĘCIA BUDOWY ELEKTROWNI JĄDROWEJ

Rodzaj zajęć/liczba godzin/liczba punktów ECTS: **W15 C15 L0 P1, 2 ECTS**

Status przedmiotu: **OBIERALNY, ENERGETYKA JĄDROWA**

Treści programowe:

Wprowadzenie do realizacji przedsięwzięcia budowa elektrowni jądrowej. Zagadnienia licencjonowania elektrowni jądrowej – niezbędne pozwolenia i zezwolenia. Zagadnienia związane z wyborem lokalizacji elektrowni jądrowej. Przygotowanie raportu środowiskowego i lokalizacyjnego. Harmonogram budowy elektrowni jądrowej. Rozwój organizacji odpowiedzialnej za realizację budowy elektrowni jądrowej: etap przygotowania, budowy, rozruchu, eksploatacji i likwidacji elektrowni. Obliczenia wyrównanego kosztu energii elektrycznej pochodzącej z elektrowni jądrowej. Projekt przedstawiający koncepcję i realizację budowy elektrowni jądrowej.

Efekty uczenia się dla przedmiotu:

Lp.	Symbol efektu uczenia się dla przedmiotu	Opis efektu uczenia się	Symbol efektów uczenia się dla programu studiów	Sposób weryfikacji
1	2	3	4	5
WIEDZA				
1	EW01	Student zna przebieg procesu realizacji przedsięwzięcia budowy elektrowni jądrowej.	E1_W32, E1_W31	Kolokwium Projekt.
2	EW02	Student wie w jaki wskazać lokalizację elektrowni jądrowej	E1_W31, E1_W28	Kolokwium Projekt.
3	EW03	Student wie jak wygląda przebieg badań środowiskowych i lokalizacyjnych oraz procesu licencjonowania przez państwową agencję atomistyki.	E1_W31	Kolokwium Projekt.
4	EW04	Student zna składowe odpowiedzialne za wysokość wyrównanego kosztu energii elektrycznej pochodzącej z elektrowni jądrowej.	E1_W32, E1_W31	Kolokwium Projekt.
UMIEJĘTNOŚCI				
1	EU01	Student potrafi przedstawić etapy realizacji przedsięwzięcia budowy elektrowni jądrowej wraz z zaznaczeniem etapów milowych	E1_U29	Prezentacja, Projekt.
2	EU02	Student potrafi zaproponować lokalizację elektrowni jądrowej oraz zaproponować, jak powinna wyglądać organizacja na poszczególnych etapach realizacji inwestycji.	E1_U27	Prezentacja, Projekt.
3	EU03	Student potrafi przedstawić przebieg badań środowiskowych i lokalizacyjnych oraz procesu licencjonowania przez państwową agencję atomistyki.	E1_U29	Prezentacja, Projekt.
4	EU04	Student potrafi wyliczyć wyrównanego kosztu energii elektrycznej pochodzącej z elektrowni jądrowej.	E1_U18	Prezentacja, Projekt.
5	EU05	Student potrafi pracować w grupie i prezentować wyniki wspólnej pracy	E1_U04, E1_U30	Projekt, prezentacja
KOMPETENCJE SPOŁECZNE				
1	EK01	Student jest świadomy ważności prawidłowego przebiegu realizacji przedsięwzięcia budowa elektrowni jądrowej oraz aspektów związanych z komunikowaniem realizacji takiego przedsięwzięcia społeczeństwu.	E1_K02	Prezentacja, Projekt.

2	ZOEJ_EK02	Student potrafi odpowiednio określić priorytety służące realizacji określonego zadania oraz identyfikować i rozstrzygać związane z tym dylematy.	E1_K08	Prezentacja
---	-----------	--	--------	-------------

Nazwa przedmiotu: PODSTAWY TRANSMUTACJIRodzaj zajęć/liczba godzin/liczba punktów ECTS: **W15 C15 L0 P1, 2 ECTS**Status przedmiotu: **OBIERALNY, ENERGETYKA JĄDROWA**

Treści programowe:

Wprowadzenie do zagadnień transmutacji wypalonego paliwa jądrowego. Transmutacja w reaktorach lekkowodnych. Transmutacja w reaktorach prędkich. Transmutacja w układach podkrytycznych napędzanych poprzez akceleratory ADS (Accelerator Driven Systems). Projekt obliczeniowy przedstawiający transmutację wypalonego paliwa jądrowego oraz związane z tym zagadnienia.

Efekty uczenia się dla przedmiotu:

Lp.	Symbol efektu uczenia się dla przedmiotu	Opis efektu uczenia się	Symbol efektów uczenia się dla programu studiów	Sposób weryfikacji
1	2	3	4	5
WIEDZA				
1	EW01	Student zna zagadnienia związane z transmutacją wypalonego paliwa jądrowego.	E1_W35	Projekt.
2	EW02	Student zna współczesne narzędzia do symulowania transmutacji.	E1_W35	Projekt.
UMIEJĘTNOŚCI				
1	EU01	Student potrafi zasymulować transmutację wypalonego paliwa w reaktorach lekkowodnych, prędkich oraz układach podkrytycznych napędzanych akceleratorami.	E1_U22, E1_U31	Prezentacja, Projekt.
2	EU02	Student potrafi wykorzystać współczesne narzędzia do symulowania transmutacji.	E1_U22, E1_U31	Prezentacja, Projekt.
3	EU03	Student potrafi pracować w grupie i prezentować wyniki wspólnej pracy	E1_U04, E1_U30	Projekt, prezentacja
KOMPETENCJE SPOŁECZNE				
1	EK01	Student jest świadomy ważności tematyki transmutacji wypalonego paliwa jądrowego oraz potrzeby podnoszenia świadomości społeczeństwa w tej dziedzinie.	E1_K02	Prezentacja, Projekt.
2	EK02	Student potrafi odpowiednio określić priorytety służące realizacji określonego zadania oraz identyfikować i rozstrzygać związane z tym dylematy.	E1_K08	Prezentacja

**Nazwa przedmiotu: PODSTAWY ROZPRZESTRZENIANIA SIĘ SUBSTANCJI
PROMIENIOTWÓRCZYCH W ŚRODOWISKU**

Rodzaj zajęć/liczba godzin/liczba punktów ECTS: **W15 C15 L0 P0, 2 ECTS**

Status przedmiotu: **OBIERALNY, ENERGETYKA JĄDROWA**

Treści programowe:

Transport substancji promieniotwórczych z rdzenia do środowiska. Charakterystyka uwolnienia materiałów promieniotwórczych Model rozprzestrzeniania się substancji promieniotwórczych w atmosferze, Model smugi Gaussa, modele Lagrange'a, modele Eulera, modele 3D. Warunki powodowe w lokalizacji uwolnienia (róża wiatrów, opady, klasa stabilności atmosfery, temperatura), Warunki terenowe i infrastruktura transportowa w lokalizacji uwolnienia (rodzaj terenu, zabudowa, gęstość zaludnienia, szlaki komunikacyjne). Charakterystyka łańcucha pokarmowego.

Obliczenia rozprzestrzeniania się materiału promieniotwórczego w atmosferze, obliczenia dawek, obliczenia skutków wczesnych i późnych uwolnienia. Działania interwencyjne (pozostawanie w domu, ewakuacja, przesiedlenie).

Projekt z wykorzystaniem wybranego współczesnego narzędzia do symulacji reaktorów jądrowych.

Efekty uczenia się dla przedmiotu:

Lp.	Symbol efektu uczenia się dla przedmiotu	Opis efektu uczenia się	Symbol efektów uczenia się dla programu studiów	Sposób weryfikacji
1	2	3	4	5
WIEDZA				
1	EW01	Student zna modele transportu substancji promieniotwórczych w atmosferze	E1_W6, E1_W14	Projekt.
2	EW02	Student wie, jak obliczyć dawki w środowisku w wyniku uwolnienia i jakie parametry mają na nie wpływ	E1_W35, E1_W14	Projekt
3	EW03	Student wie jakie są rodzaje skutków środowiskowych uwolnienia i jakie im odpowiadają działania interwencyjne	E1_W35	Projekt
4	EW04	Student zna metody i narzędzia do modelowania uwolnienia	E1_W27, E1_W35	Projekt
UMIEJĘTNOŚCI				
1	EU01	Student potrafi zamodelować rozprzestrzenianie substancji promieniotwórczej w atmosferze.	E1_U22, E1_U2	Prezentacja, Projekt.
2	EU02	Student potrafi oszacować dawki i zaproponować działania interwencyjne	E1_U19, E1_U31,	Prezentacja, Projekt.
3	EU03	Student potrafi oszacować skutki natychmiastowe i późne uwolnienia	E1_U30	Prezentacja, Projekt.
4	EU04	Student potrafi pracować w grupie i prezentować wyniki wspólnej pracy	E1_U04, E1_U30	Projekt, prezentacja
KOMPETENCJE SPOŁECZNE				
1	EK01	Student jest świadomy ważności umiejętności modelowania procesów uwolnienia i rozprzestrzeniania substancji promieniotwórczej w środowisku.	E1_K02	Prezentacja, Projekt.
2	EK02	Student potrafi odpowiednio określić priorytety służące realizacji określonego zadania oraz zidentyfikować i rozstrzygać związane z tym dylematy.	E1_K08	Prezentacja

Nazwa przedmiotu: AWARIE REAKTOROWERodzaj zajęć/liczba godzin/liczba punktów ECTS: **W30 C0 L0 P0, 2 ECTS**Status przedmiotu: **OBIERALNY, ENERGETYKA JĄDROWA**

Treści programowe:

Przedmiot skupia się na nowoczesnych lekko-wodnych reaktorach jądrowych. Opis możliwych stanów przejściowych oraz awarii projektowych. Szczegółowe omówienie zjawisk fizycznych zachodzących podczas stanów przejściowych oraz awarii projektowych. Przyczyny, przebieg i konsekwencje stanów przejściowych oraz awarii projektowych. Środki techniczne stosowane przeciwdziałaniu pojawienia się awarii projektowych oraz techniczne środki bezpieczeństwa stosowane po ich zajściu. Metodyka badania awarii projektowych, w tym metody analityczne i eksperymentalne. Opis możliwych zdarzeń poza-projektowych oraz awarii ciężkich. Szczegółowe omówienie zjawisk zachodzących podczas ciężkich awarii. . Zjawiska zachodzące na wczesnym etapie awarii. Zjawiska zachodzące wewnątrz zbiornika reaktora, zjawiska w obiegu chłodzenia, zjawiska poza zbiornikiem reaktora. Uwalnianie radionuklidów, elementy dynamiki aerozoli. Przyczyny, przebieg i konsekwencje awarii poza-projektowych i ciężkich w reaktorach lekko-wodnych. Techniczne środki bezpieczeństwa oraz środki mitygacji skutków awarii ciężkich. Zarządzanie awariami ciężkimi. Metodyka badań awarii ciężkich, w tym metody analityczne i eksperymentalne. Przegląd wybranych instalacji eksperymentalnych do badania awarii reaktorów. Dyskusja wybranych rzeczywistych zdarzeń, stanów przejściowych i awarii, z naciskiem na współczesne lekko-wodne reaktory jądrowe.

Efekty uczenia się dla przedmiotu:

Lp.	Symbol efektu uczenia się dla przedmiotu	Opis efektu uczenia się	Symbol efektów uczenia się dla programu studiów	Sposób weryfikacji
1	2	3	4	5
WIEDZA				
1	EW01	Student ma wiedzę na temat ryzyka instalacji jądrowych z reaktorami lekko-wodnymi	E1_W35, E1_W27	Kolokwium, egzamin
2	EW02	Student zna możliwe stany przejściowe oraz awarie projektowe oraz zachodzące zjawiska fizyczne	E1_W35, E1_W27	Kolokwium, egzamin
3	EW03	Student zna przyczyny, przebieg i konsekwencje stanów przejściowych i awarii projektowych	E1_W35, E1_W27	Kolokwium, egzamin
4	EW04	Student zna możliwe awarie ciężkie oraz zachodzące zjawiska fizyczne	E1_W35, E1_W27	Kolokwium, egzamin
5	EW05	Student zna przyczyny, przebieg i konsekwencje awarii ciężkich	E1_W35, E1_W27	Kolokwium, egzamin
6	EW06	Student zna środki zapobiegania awariom oraz środki łagodzenia skutków awarii	E1_W35, E1_W27	Kolokwium, egzamin
UMIEJĘTNOŚCI				
1	EU01	Student potrafi porównać i ocenić rozwiązania techniczne elektrowni jądrowej z reaktorem lekko-wodnym w kontekście awarii projektowych oraz awarii ciężkich.	E1_U16, E1_U25, E1_U18	Kolokwium, egzamin, prezentacja
2	EU02	Student potrafi zidentyfikować, opisać i ocenić najważniejsze stany przejściowe, awarie projektowe oraz awarie ciężkie w lekko-wodnych reaktorach jądrowych	E1_U01, E1_U31, E1_U18	Kolokwium, egzamin, prezentacja
3	EU03	Student potrafi opisać i ocenić przyczyny, przebieg i skutki awarii w lekko-wodnych reaktorach jądrowych	E1_U01, E1_U18	Kolokwium, egzamin, prezentacja
KOMPETENCJE SPOŁECZNE				

1	EK01	Student jest świadomy przyczyn, przebiegu, zjawisk i skutków awarii jądrowych oraz ich roli w społecznej akceptacji energetyki jądrowej.	E1_K02	kolokwium
2	EK02	Student potrafi komunikować zdobytą wiedzę oraz rozumie jej rolę społeczną.	E1_K08	prezentacja

Załączniki:

1. Opinia rady wydziału
2. Opinia wydziałowej rady samorządu

KARTA PRZEDMIOTU

Nazwa przedmiotu:		ELEMENTY FIZYKI JĄDROWEJ			
Stopień studiów:		I (inżynierski)			
Kierunek studiów, specjalność:		Energetyka, Energetyka Jądrowa			
Kod przedmiotu:		Semestr studiów: 5		Liczba punktów ECTS: 3	
Poziom przedmiotu: zaawansowany		Typ przedmiotu: specjalnościowy			
		Wykłady:	30 h		
		Ćwiczenia:	15 h		
Wymiar przedmiotu:	75 h	Laboratoria:	0 h	Praca własna:	25 h
		Konsultacje:	5 h		
		Projekt:	0 h		
Odpowiedzialny za przedmiot: Wydział Fizyki					

Cele przedmiotu

Celem ogólnym przedmiotu jest zapoznanie studentów z elementami fizyki jądrowej.

Cele szczegółowe przedmiotu obejmują:

- C1. Zapoznanie studentów z budową materii
- C2. Zapoznanie studentów z oddziaływaniami jądrowymi, wprowadzenie definicji przekrojów czynnych
- C3. Zapoznanie studentów reakcjami jądrowymi
- C4. Zapoznanie studentów z oddziaływaniem neutronów z materią
- C5. Zapoznanie studentów z rozszczepieniem i syntezą jądrową
- C6. Zapoznanie studentów z najnowocześniejszymi osiągnięciami współczesnej fizyki i najnowszych eksperymentów

Wymagania wstępne w zakresie wiedzy, umiejętności i innych kompetencji

1. Znajomość fizyki na podstawowym poziomie

Efekty uczenia się (wiedza)

- EW1 Student ma wiedzę z zakresu fizyki jądrowej.
- EW2 Student ma wiedzę o strukturze materii
- EW3 Student posiada wiedzę o oddziaływaniach cząstek z materią

Efekty uczenia się (umiejętności)

- EU1 Student posiada umiejętność opisu procesów konwersji jądrowej.
- EU2 Student posiada umiejętność opisu procesów przemian jądrowych.
- EU3 Student posiada umiejętność rozwiązywania problemów z zakresu fizyki jądrowej.

Efekty kształcenia (kompetencje społeczne)

- EK1 Student posiada umiejętność przekazywania wiedzy z zakresu podstaw fizyki jądrowej.

Treści merytoryczne przedmiotu

Wykłady	Liczba godzin
Struktura materii, cząstki elementarne. Oddziaływania fundamentalne. Typowe skale długości i energii związane z atomami i jądrami	3
Struktura jądra atomowego. Rozmiary i masy. Schemat budowy jądra. Zakres stabilności jąder atomowych struktur wirowych, sformułowanie zagadnienia przepływowego w zmiennych prędkość-wirowość i funkcja prądu/wirowość.	3
Energia wiązania jądra. Energie separacji. Dolina stabilności. Kanały rozpadu. Magiczne liczby.	3
Tryby wzbudzania w jądram atomowych. Całkowity i różnicowy przekrój poprzeczny.	3
Właściwości oddziaływań jądrowych. Własności deuteronu	3
Modele jądrowe: model kropli cieczy, model cząstek niezależnych (model powłokowy), modele kolektywne.	3
Akceleratory, detektory, oddziaływanie cząstek z ośrodkiem.	3
Radioaktywność. Prawo rozpadu promieniotwórczego. Transmutacja jądrowa. Łańcuchy rozpadów.	3
Kanały rozpadu: alfa, beta, gamma, rozszczepienie.	3
Reakcje jądrowe. Modele reakcji jądrowych.	3
Rozszczepienie spontaniczne i indukowane. Reakcja łańcuchowa.	3
Fizyka neutronów. Oddziaływanie neutronów z materią.	3
Synteza termojądrowa. Synteza lekkich pierwiastków w gwiazdach, wybuch supernowej, proces r.	3
Synteza termojądrowa na Ziemi: metody i problemy.	3
Wyzwania dla współczesnej fizyki jądrowej. Najnowsze eksperymenty.	3
Literatura podstawowa i uzupełniająca 1. Materiały wykładowe i instrukcje przygotowane przez prowadzącego zajęcia. 2. Podane przez prowadzącego publikacje naukowe	

Obciążenie studenta pracą

Forma aktywności	Średnia liczba godzin
Godziny kontaktowe z nauczycielem (zajęcia)	45
Godziny kontaktowe z nauczycielem (konsultacje)	5
Praca własna (studiowanie literatury), przygotowanie się do zajęć	25
SUMA	75

Narzędzia dydaktyczne

1. Wykłady w formie prezentacji w formacie PDF.
2. Zajęcia ćwiczeniowe

Metody oceny (F – formująca, P – podsumowująca)

Kolokwium końcowe (P)

Realizacja efektów uczenia się

Efekt uczenia się	Odniesienie do efektów zdefiniowanych dla całego programu	Cele przedmiotu	Narzędzia dydaktyczne	Sposób oceny
EW1	E1_W2	C6, C5	Wykład, ćwiczenia, praca samodzielna	Ocena w skali ocen 2-5
EW2	E1_W2	C1	Wykład, ćwiczenia, praca samodzielna	Jak wyżej
EW3	E1_W2	C2, C3, C4	Wykład, ćwiczenia, praca samodzielna	Jak wyżej
EU1	E1_U31	C2	Wykład, ćwiczenia, praca samodzielna	Jak wyżej
EU2	E1_U08	C5, C4	Wykład, ćwiczenia, praca samodzielna	Jak wyżej
EU3	E1_U32	C6	Wykład, ćwiczenia, praca samodzielna	Jak wyżej
EK1	E1_K01	C6	Wykład, praca samodzielna	Jak wyżej

KARTA PRZEDMIOTU

Nazwa przedmiotu:		CYKL PALIWOWY I PALIWA JĄDROWE			
Stopień studiów:		I (inżynierski)			
Kierunek studiów, specjalność:		Energetyka, Energetyka Jądrowa			
Kod przedmiotu:		Semestr studiów: 5		Liczba punktów ECTS: 3	
Poziom przedmiotu: zaawansowany		Typ przedmiotu: specjalnościowy			
Wymiar przedmiotu: 75 h		Wykłady:	30 h		Praca własna: 25 h
		Ćwiczenia:	15 h		
		Laboratoria:	0 h		
		Konsultacje:	5 h		
		Projekt:	0 h		

Odpowiedzialny za przedmiot:

Cele przedmiotu

Celem ogólnym przedmiotu jest zapoznanie studentów z jądrowym cyklem paliwowym.

Cele szczegółowe przedmiotu obejmują:

- C1. Zapoznanie studentów z rodzajami i etapami cyklu paliwowego
- C2. Zapoznanie studentów z zasobami uranu i toru
- C3. Zapoznanie studentów z sposobami wzbogacania paliw w materiał rozszczepialny, praca rozdzielcza
- C4. Zapoznanie studentów etapami produkcji paliwa jądrowego
- C5. Zapoznanie studentów z gospodarką wypalonym paliwem, składowanie, przechowywanie, przerób
- C6. Zapoznanie studentów z podstawami Transmutacji
- C7. Nabycie umiejętności obliczeń bilansowych i optymalizacyjnych cyklu paliwowego

Wymagania wstępne w zakresie wiedzy, umiejętności i innych kompetencji

- 1. Znajomość fizyki na podstawowym poziomie

Efekty uczenia się (wiedza)

- EW1 Student wie co to jest cykl paliwowy, zna jego elementy składowe i klasyfikacje
- EW2 Student posiada wiedzę o zasobach materiałów stosowanych do produkcji paliwa jądrowego i wie w jaki sposób się je pozyskuje
- EW3 Posiada wiedzę o metodach konwersji oraz wzbogacania koncentratu uranowego
- EW4 Student posiada wiedzę w jaki sposób produkuje się paliwa jądrowe. Wie jakie czynniki wpływają na kształt, sposób wykonania oraz użyte materiały do produkcji paliwa
- EW5 Student wie jakie produkty powstają w procesie wypalania paliwa jądrowego w reaktorze
- EW6 Student wie w jaki sposób należy postępować z wypalonym paliwem. Zna metody składowania, przerobu i transmutacji paliwa jądrowego.

Efekty uczenia się (umiejętności)

- EU1 Student potrafi policzyć aktywność rudy uranowej oraz paliwa jądrowego.
- EU2 Student potrafi policzyć pracę rozdzielczą, zapotrzebowanie na materiał do produkcji paliwa.
- EU3 Student potrafi stworzyć bilans masowy i dokonać obliczeń optymalizacyjnych dla przykładowego cyklu paliwowego.
- EU4 Student potrafi pracować w grupie i prezentować wyniki wspólnej pracy.

Efekty kształcenia (kompetencje społeczne)

EK1	Student potrafi ocenić wpływ energetyki jądrowej na środowisko i przekazać ta wiedzę innym osobom
EK2	Student potrafi odpowiednio określić priorytety służące realizacji określonego zadania oraz identyfikować i rozstrzygać związane z tym dylematy.

Treści merytoryczne przedmiotu

Wykłady	Liczba godzin
Cykl paliwowy, rodzaje, elementy składowe, bilans masowy	3
Właściwości fizyczne i chemiczne Uranu, zasoby uranu na świecie, metody wydobywania, koncentrat Yellow cake.	3
Proces konwersji uranu, metody wzbogacania paliwa, praca rozdzielcza	4
Zajęcia obliczeniowe, bilans masowy, praca rozdzielcza, aktywność rudy oraz paliwa wzbogaconego, optymalizacja cyklu paliwowego, obliczenia wypalania paliwa jądrowego	15
Produkcja paliwa jądrowego	4
Wypalanie paliwa w reaktorze, charakterystyka wypalonego paliwa	2
Gospodarka wypalonym paliwem, składowanie, przerób wypalonego paliwa	4
Paliwo typu MOX, właściwości fizyczne i chemiczne plutonu	4
Paliwo dla reaktorów badawczych	2
Wstęp do transmutacji paliw.	4

Literatura podstawowa i uzupełniająca

1. Materiały wykładowe i instrukcje przygotowane przez prowadzącego zajęcia.
2. Uranium xxx: Resources, Production and Demand, NEA, IAEA.

Obciążenie studenta pracą

Forma aktywności	Średnia liczba godzin
Godziny kontaktowe z nauczycielem (zajęcia)	45
Godziny kontaktowe z nauczycielem (konsultacje)	5
Praca własna (studiowanie literatury), przygotowanie się do zajęć, prace domowe	25
SUMA	75

Narzędzia dydaktyczne

1. Wykłady w formie prezentacji w formacie PDF.
2. Ćwiczenia obliczeniowe
3. Makiety elementów paliwowych

Metody oceny (F – formująca, P – podsumowująca)

Kolokwium końcowe (P), prezentacja (F), test (F)

Realizacja efektów uczenia się

Efekt uczenia się	Odniesienie do efektów zdefiniowanych dla całego programu	Cele przedmiotu	Narzędzia dydaktyczne	Sposób oceny
EW1	E1_W27, E1_W35	C1	Wykład, praca samodzielna	Ocena w skali ocen 2-5
EW2	E1_W07	C2	Wykład, ćwiczenia, praca samodzielna	Jak wyżej
EW3	E1_W10	C3	Wykład, makiety, praca samodzielna ,	Jak wyżej
EW4	E1_W07	C4	Wykład, ćwiczenia, praca samodzielna	Jak wyżej
EW5	E1_W12	C5	Wykład, ćwiczenia, praca samodzielna	Jak wyżej
EW6	E1_W27	C6, C5	Wykład, ćwiczenia, praca samodzielna	Jak wyżej
EU1	E1_U31, E1_U12	C7	Wykład, ćwiczenia, praca samodzielna	Jak wyżej
EU2	E1_U31, E1_U12	C7	Wykład, ćwiczenia, praca samodzielna	Jak wyżej
EU3	E1_U31, E1_U12	C7	Wykład, ćwiczenia, praca samodzielna	Jak wyżej
EU4	E1_U04, E1_U30	C7	Wykład, ćwiczenia, praca samodzielna	Jak wyżej
EK1	E1_K01	C1	Wykład, praca samodzielna	Jak wyżej
EK2	E1_K08	C7	Wykład, praca samodzielna	Jak wyżej

KARTA PRZEDMIOTU

Nazwa przedmiotu:		OCHRONA PRZED PROMIENIOWANIEM			
Stopień studiów:		I (inżynierski)			
Kierunek studiów, specjalność:		Energetyka, Energetyka Jądrowa			
Kod przedmiotu:		Semestr studiów: 5		Liczba punktów ECTS: 2	
Poziom przedmiotu: zaawansowany		Typ przedmiotu: specjalnościowy			
		Wykłady:	15 h		
		Ćwiczenia:	0 h		
Wymiar przedmiotu:	50 h	Laboratoria:	15 h	Praca własna:	15 h
		Konsultacje:	5 h		
		Projekt:	0 h		

Odpowiedzialny za przedmiot:

Cele przedmiotu

Celem ogólnym przedmiotu jest zapoznanie studentów z zagadnieniami ochrony przed promieniowaniem jonizującym.

Cele szczegółowe przedmiotu obejmują:

- C1. Zapoznanie studenta z głównymi zasadami ochrony przed promieniowaniem
- C2. Zapoznanie studentów z różnymi rodzajami promieniowania (zajęcia teoretyczne i praktyczne)
- C3. Zapoznanie studentów z generalnymi zasadami obliczania dawek
- C4. Zapoznanie studentów z metodyką doboru osłon przed promieniowaniem jonizującym
- C5. budowę i zasadę działania licznika G-M
- C6. Zapoznanie studentów z zasadami wykonywania pomiarów materiałów promieniotwórczych w laboratorium i terenie

Wymagania wstępne w zakresie wiedzy, umiejętności i innych kompetencji

1. Znajomość fizyki na podstawowym poziomie

Efekty uczenia się (wiedza)

- EW01 Student ma wiedzę na temat rodzajów i źródeł promieniowania jonizującego oraz jego oddziaływania z materią.
- EW02 Student zna zasady i techniki ochrony przed promieniowaniem oraz działania interwencyjne na wypadek awarii związanej z uwolnieniem substancji promieniotwórczych.

Efekty uczenia się (umiejętności)

- EU01 Student potrafi rozwiązać zadanie inżynierskie związane z ochroną przed promieniowaniem.
- EU02 Student potrafi zaplanować i wykonać detekcję lub pomiary promieniowania jonizującego
- EU03 Student potrafi policzyć aktywność źródeł promieniotwórczych, dawki oraz dokonać podstawowego doboru osłon przed promieniowaniem
- EU04 Student potrafi pracować w grupie i prezentować wyniki wspólnej pracy

Efekty kształcenia (kompetencje społeczne)

- EK01 Student ma świadomość ważności ochrony przed promieniowaniem i konieczności podnoszenia świadomości o najnowszych osiągnięciach w tej dziedzinie.
- EK02 Student potrafi odpowiednio określić priorytety służące realizacji określonego zadania oraz identyfikować i rozstrzygać związane z tym dylematy.

Treści merytoryczne przedmiotu

Wykłady	Liczba godzin
Rodzaje źródeł promieniotwórczych, źródła naturalne i sztuczne, szeregi promieniotwórcze, wielkości, jednostki	2
Przepisy krajowe i międzynarodowe w ochronie przed promieniowaniem jonizującym, limity, dawki	5
działania interwencyjne na wypadek awarii związanej z uwolnieniem substancji promieniotwórczych.	2
Obliczanie aktywności źródeł, dawek promieniotwórczych, dobór osłon	4
Zasady bezpiecznej pracy z promieniowaniem jonizującym	2
Zajęcia laboratoryjne pomiary promieniowania jonizującego, skażeń powierzchniowych promieniowania alfa i beta, osłabiania promieniowania beta i gamma, pomiary koincydencjalne promieniowania beta, detekcja promieniowania X, spektrometria promieniowania gamma.	15

Literatura podstawowa i uzupełniająca

1. Materiały wykładowe i instrukcje przygotowane przez prowadzącego zajęcia.
2. Wiesław Gorączko – Ochrona Radiologiczna
3. James E. Turner, Atoms, Radiation, and Radiation Protection, John Wiley & Sons, 2008

Obciążenie studenta pracą

Forma aktywności	Średnia liczba godzin
Godziny kontaktowe z nauczycielem (zajęcia)	30
Godziny kontaktowe z nauczycielem (konsultacje)	5
Praca własna (studiowanie literatury), przygotowanie się do zajęć, prace domowe, wykonanie sprawozdania	15
SUMA	50

Narzędzia dydaktyczne

1. Wykłady w formie prezentacji w formacie PDF.
2. Zajęcia obliczeniowe
3. Laboratorium (detektory, źródła promieniotwórcze)

Metody oceny (F – formująca, P – podsumowująca)

Kolokwium końcowe, prezentacja, test, raport

Realizacja efektów uczenia się

Efekt uczenia się	Odniesienie do efektów zdefiniowanych dla całego programu	Cele przedmiotu	Narzędzia dydaktyczne	Sposób oceny
EW1	E1_W02, E1_W35	C2	Wykład, praca samodzielna	Ocena w skali ocen 2-5
EW2	E1_W35, E1_W27	C1	Wykład, praca samodzielna	Jak wyżej
EU1	E1_U01, E1_U02, E1_U31, E1_U10, EU15	C3, C4	Wykład, ćwiczenia, praca samodzielna	Jak wyżej
EU2	E1_U10	C6, C5	Wykład, Laboratorium, ćwiczenia, praca samodzielna	Jak wyżej
EU3	E1_U31, E1_U12	C3, C4	Wykład, ćwiczenia, praca samodzielna	Jak wyżej
EU4	E1_U04, E1_U30	C6	Wykład, ćwiczenia, praca samodzielna	Jak wyżej
EK1	E1_K01, E1_K02, E1_K07	C1	Wykład, ćwiczenia, praca samodzielna	Jak wyżej
EK2	E1_K08	C6	Wykład, praca samodzielna	Jak wyżej

KARTA PRZEDMIOTU

Nazwa przedmiotu:	DETEKCJA PROMIENIOWANIA JONIZUJĄCEGO			
Stopień studiów:	I (inżynierski)			
Kierunek studiów, specjalność:	Energetyka, Energetyka Jądrowa			
Kod przedmiotu:	Semestr studiów: 6		Liczba punktów ECTS: 3	
Poziom przedmiotu: zaawansowany	Typ przedmiotu: obieralny			
	Wykłady:	30 h		
	Ćwiczenia:	0 h		
Wymiar przedmiotu: 75 h	Laboratoria:	0 h	Praca własna:	35 h
	Konsultacje:	10 h		
	Projekt:	0 h		
Odpowiedzialny za przedmiot:	Prof. dr hab. inż. Adam Kisiel, Wydział Fizyki			

Cele przedmiotu

Celem ogólnym przedmiotu jest zapoznanie studentów z pomiarami promieniowania jonizującego

Cele szczegółowe przedmiotu obejmują:

- C1. Podsumowanie wiedzy o budowie materii i zjawiskach zachodzących przy przejściu cząstek przez materię
- C2. Zapoznanie studentów metodyką pomiarów promieniowania jonizującego
- C3. Zapoznanie studentów z budową i zasadą działania detektorów promieniowania jonizującego
- C4. Zapoznanie studentów z podstawami projektowania eksperymentów
- C5. Nabycie umiejętności przez studentów projektowania prostych eksperymentów związanych z detekcją promieniowania jonizującego.

Wymagania wstępne w zakresie wiedzy, umiejętności i innych kompetencji

1. Znajomość fizyki na podstawowym poziomie
2. Przedmiot Elementy Fizyki Jądrowej
3. Przedmiot Ochrona przed promieniowaniem

Efekty uczenia się (wiedza)

- EW01 Student ma uporządkowaną, podbudowaną teoretycznie wiedzę w zakresie podstawowych zjawisk zachodzących przy przejściu cząstek przez materię, które mogą być wykorzystane przy detekcji promieniowania jonizującego, w tym oddziaływanie elektronów, ciężkich cząstek naładowanych, fotonów, neutronów i neutrin.
- EW02 Student ma uporządkowaną wiedzę w zakresie zasad i podstawowych pojęć używanych podczas opracowywania danych z detektora
- EW03 Student ma podstawową wiedzę w zakresie technologii detekcji promieniowania jonizującego: scyntylatorów, komór jonizujących i innych detektorów śladowych, detektorów półprzewodnikowych, promieniowania Czerenkowa i dozymetrów.

Efekty uczenia się (umiejętności)

- EU01 Student potrafi dobrać odpowiednią technikę detekcyjną do zadanego zagadnienia fizycznego, biorąc pod uwagę współpracę różnych typów detektorów i związane z tym problemy, systemy wyzwalań akwizycji danych i pre-selekcji (trigger).
- EU02 Student potrafi przygotować prezentację ustną na temat wybranego przykładu nowoczesnego detektora promieniowania.

Efekty kształcenia (kompetencje społeczne)

EK01 Student potrafi odpowiednio określić priorytety służące realizacji określonego zadania oraz identyfikować i rozstrzygać związane z tym dylematy.

Treści merytoryczne przedmiotu

Wykłady	Liczba godzin
Zjawiska zachodzące przy przejściu cząstek przez materię, które mogą być wykorzystane przy detekcji promieniowania jonizującego, w tym oddziaływanie elektronów, ciężkich cząstek naładowanych, fotonów, neutronów i neutrin	6
Zasady i podstawowe pojęcia używane podczas opracowywania danych z detektora (efektywność detekcji, zdolności rozdzielcze, kalibracja, promieniowanie tła, szumy aparatury, zniszczenia radiacyjne, alignment).	6
Omówienie podstawowych technik detekcji promieniowania jonizującego: scyntylatory, komory jonizujące i inne detektory śladowe, detektory półprzewodnikowe i promieniowania Czerenkowa, dozymetry (m. in. termoluminescencyjne).	10
Podstawy projektowania eksperymentów tj. dobór odpowiedniej techniki detekcyjnej do zadanego zagadnienia fizycznego, współpraca różnego typu detektorów i związane z tym problemy, systemy wyzwalania akwizycji danych i pre-selekcji (trigger).	6

Literatura podstawowa i uzupełniająca

1. Materiały wykładowe i instrukcje przygotowane przez prowadzącego zajęcia.
2. William R. Leo, Techniques for Nuclear and Particle Physics Experiments, 1994

Obciążenie studenta pracą

Forma aktywności	Średnia liczba godzin
Godziny kontaktowe z nauczycielem (zajęcia)	30
Godziny kontaktowe z nauczycielem (konsultacje)	10
Praca własna (studiowanie literatury), przygotowanie się do zajęć, prace domowe,	35
SUMA	75

Narzędzia dydaktyczne

1. Wykłady w formie prezentacji w formacie PDF.

Metody oceny (F – formująca, P – podsumowująca)

Kolokwium końcowe (P), prezentacja (F)

Realizacja efektów uczenia się

Efekt uczenia się	Odniesienie do efektów zdefiniowanych dla całego programu	Cele przedmiotu	Narzędzia dydaktyczne	Sposób oceny
EW1	E1_W35, E1_W02	C1	Wykład, praca samodzielna	Ocena w skali ocen 2-5
EW2	E1_W35, E1_W02	C2	Wykład, praca samodzielna	Jak wyżej
EW3	E1_W35, E1_W02	C3	Wykład, praca samodzielna	Jak wyżej
EU1	E1_U09	C4, C5	Wykład, praca samodzielna	Jak wyżej
EU2	E1_U01, E1_U02, E1_U04, E1_U09	C4, C5	Wykład, praca samodzielna	Jak wyżej
EK1	E1_K08	C2	Wykład, praca samodzielna	Jak wyżej

KARTA PRZEDMIOTU

Nazwa przedmiotu:	PODSTAWY PRAWNE ENERGETYKI JĄDROWEJ			
Stopień studiów:	I (inżynierski)			
Kierunek studiów, specjalność:	Energetyka, Energetyka Jądrowa			
Kod przedmiotu:	Semestr studiów: 5		Liczba punktów ECTS: 1	
Poziom przedmiotu: zaawansowany	Typ przedmiotu: specjalnościowy			
	Wykłady:	15 h		
	Ćwiczenia:	0 h		
Wymiar przedmiotu: 25 h	Laboratoria:	0 h	Praca własna:	8 h
	Konsultacje:	2 h		
	Projekt:	0 h		
Odpowiedzialny za przedmiot:				

Cele przedmiotu

Celem ogólnym przedmiotu jest zapoznanie studenta ze otoczeniem prawnym energetyki jądrowej

Cele szczegółowe przedmiotu obejmują:

C1. Zapoznanie studenta z najważniejszymi międzynarodowymi aktami prawnymi

C2. Zapoznanie studenta z najważniejszymi krajowymi aktami prawnymi

C3. Zapoznanie studenta z międzynarodowymi organizacjami działającymi w obszarze EJ, rola Regulator w wybranych krajach

Wymagania wstępne w zakresie wiedzy, umiejętności i innych kompetencji

1. brak

Efekty uczenia się (wiedza)

EW01 Student zna podstawowe regulacje prawne krajowe i międzynarodowe dotyczące energetyki jądrowej.

Efekty uczenia się (umiejętności)

EU01 Student potrafi znaleźć i zinterpretować obowiązujące krajowe regulacje prawne dotyczące energetyki jądrowej.

Efekty kształcenia (kompetencje społeczne)

EK01 Student ma świadomość ważności obowiązującego prawa krajowego i międzynarodowego dotyczącego energetyki jądrowej.

Treści merytoryczne przedmiotu

Wykłady	Liczba godzin
Wstęp. Międzynarodowa Agencja Energii Atomowej.	3h
Amerykańska Komisja Dozoru Jądrowego i wymagania zawarte w kodeksie 10 CFR part 50, wytyczne dozоровe (regulatory guides, raporty NUREG). Dozory europejskie. Stowarzyszenie dozór europejskich – WENRA i jego rola.	3h
Państwowa Agencja Atomistyki (PAA). Krajowe regulacje: Ustawa prawo atomowe, rozporządzenia, zalecenia Prezesa PAA. Inni interesariusze w Polsce.	3h

Organizacje międzynarodowe i ich rola. Organizacja EUR i jej wymagania. EPRI i wymagania URD.	3h
Konwencje międzynarodowe (ESPOO), stress testy.	3h

Literatura podstawowa i uzupełniająca

1. Materiały wykładowe i instrukcje przygotowane przez prowadzącego zajęcia.
2. Prawodawstwo polskie – Ustawa prawo atomowe, rozporządzenia, zalecenia Prezesa PAA.
3. Dokumenty Międzynarodowej Agencji Energii Atomowej.
4. Dokumenty dozorów jądrowych.

Obciążenie studenta pracą

Forma aktywności	Średnia liczba godzin
Godziny kontaktowe z nauczycielem (zajęcia)	15
Godziny kontaktowe z nauczycielem (konsultacje)	2
Praca własna (studiowanie literatury), przygotowanie się do zajęć, prace domowe, wykonanie sprawozdania	8
SUMA	25

Narzędzia dydaktyczne

1. Wykłady w formie prezentacji w formacie PDF.

Metody oceny (F – formująca, P – podsumowująca)

Kolokwium końcowe (P)

Realizacja efektów uczenia się

Efekt uczenia się	Odniesienie do efektów zdefiniowanych dla całego programu	Cele przedmiotu	Narzędzia dydaktyczne	Sposób oceny
EW1	E1_W31	C1, C2	Wykład, praca samodzielna	Ocena w skali ocen 2-5
EU1	E1_U09	C1, C2	Wykład, praca samodzielna	Jak wyżej
EK1	E1_K08	C3	Wykład, praca samodzielna	Jak wyżej

Metody oceny (F – formująca, P – podsumowująca)

Praca domowa (F), prezentacja (F), raport (P)

Realizacja efektów uczenia się

Efekt uczenia się	Odniesienie do efektów zdefiniowanych dla całego programu	Cele przedmiotu	Narzędzia dydaktyczne	Sposób oceny
EW1	E1_W11	C2, C3	Wykład, praca własna, ćwiczenia laboratoryjne	Ocena w skali ocen 2-5
EW2	E1_W35	C1, C4, C5	Wykład, praca własna, ćwiczenia laboratoryjne	Jak wyżej
EU1	E1_U22, E1_U2	C3, C6	Wykład, praca własna, projekt	Jak wyżej
EU2	E1_U23, E1_U31,	C4	Wykład, praca własna, projekt	Jak wyżej
EU3	E1_U23, E1_U31,	C5, C6	Wykład, praca własna, projekt	Jak wyżej
EU4	E1_U04, E1_U30	C6	Wykład, praca własna, projekt	Jak wyżej
EK1	E1_K02	C5, C6	Wykład, praca własna,	Jak wyżej
EK2	E1_K08	C5, C6	Wykład, praca własna,	Jak wyżej

KARTA PRZEDMIOTU

Nazwa przedmiotu:		REAKTORY JĄDROWE	
Stopień studiów:		I (inżynierski)	
Kierunek studiów, specjalność:		Energetyka, Energetyka Jądrowa	
Kod przedmiotu:		Semestr studiów: 6	Liczba punktów ECTS: 4
Poziom przedmiotu: zaawansowany		Typ przedmiotu: specjalnościowy	
		Wykłady:	45 h
		Ćwiczenia:	0 h
Wymiar przedmiotu: 100 h		Laboratoria:	0 h
		Konsultacje:	10 h
		Projekt:	0 h
Odpowiedzialny za przedmiot:			

Cele przedmiotu

Celem ogólnym przedmiotu jest zapoznanie studenta z budową i zasadą działania Reaktorów Jądrowych

Cele szczegółowe przedmiotu obejmują:

- C1. Zapoznanie studenta z budową i zasadą działania wyspy jądrowej i reaktora typu PWR, BWR, PHWR
- C2. Zapoznanie studenta z budową i zasadą działania reaktora typu FBR, GCR/HTGR
- C3. Zapoznanie studenta ze specyfiką reaktorów badawczych
- C4. Zapoznanie studenta z materiałami stosowanymi w budowie reaktorów jądrowych
- C5. Zapoznanie studenta z mechanizmami kontroli mocy reaktora
- C6. Zapoznanie studenta z układami zabezpieczeń i bezpieczeństwa stosowanymi we współczesnych reaktorach jądrowych.

Wymagania wstępne w zakresie wiedzy, umiejętności i innych kompetencji

1. Przedmiot Elementy Fizyki Jądrowej
2. Przedmiot Fizyka Reaktorów Jądrowych

Efekty uczenia się (wiedza)

- | | |
|------|---|
| EW01 | Student zna budowę, schematy cieplne, parametry robocze, wydajności i ograniczeń reaktorów, jak również materiałów używanych do ich budowy. |
| EW02 | Student zna najnowsze rozwiązania systemów zabezpieczeń i układów bezpieczeństwa |
| EW03 | Student zna koncepcję budowy i różnice pomiędzy reaktorami typu PWR, BWR, PHWR, GCR, FBR. Wie jakie są różnice pomiędzy poszczególnymi generacjami reaktorów. |
| EW04 | Student zna mechanizmy do kontroli mocy reaktora |
| EW05 | Student wie jakie są rozwiązania konstrukcyjne wybranych reaktorów badawczych i jaką pełnią one rolę. |
| EW06 | Student wie jakie materiały wykorzystywane są do budowy reaktorów. |

Efekty uczenia się (umiejętności)

- | | |
|------|--|
| EU01 | Student posiada umiejętność wykonania podstawowych obliczeń np. Mocy reaktora, pompy |
| EU02 | Student potrafi opisać poszczególne różnice pomiędzy podstawowymi typami reaktorów. Potrafi wskazać wady i zalety każdego z rozwiązań. |

Efekty kształcenia (kompetencje społeczne)

- | | |
|------|--|
| EK01 | Student potrafi przekazać wiedzę o różnych typach reaktorów jądrowych. |
|------|--|

Treści merytoryczne przedmiotu

Wykłady	Liczba godzin
Budowa i zasada działania reaktora typu PWR (VVER), najważniejsze komponenty wyspy jądrowej. Układy bezpieczeństwa	10
Budowa i zasada działania reaktora typu BWR, najważniejsze komponenty wyspy jądrowej. Układy bezpieczeństwa	7
Ewolucja konstrukcji reaktorów lekkowodnych od gen I do gen III/III+	3
Kontrola mocy w reaktorach lekkowodnych	3
Budowa i zasada działania reaktora typu PHWR	4
Budowa i zasada działania reaktora gazowego	4
Budowa i zasada działania reaktora typu FBR	4
Reaktory badawcze, specyficzne rozwiązania konstrukcyjne, zastosowanie	4
Materiały stosowane do budowy reaktorów jądrowych	3

Literatura podstawowa i uzupełniająca

1. Materiały wykładowe i instrukcje przygotowane przez prowadzącego zajęcia.
2. H. Anglart, Applied Reactor Technology, WPW 2015
3. J.R. Lamarsh, Introduction to Nuclear Engineering, 2014
4. K. D. Kok, Nuclear engineering handbook, 2009

Obciążenie studenta pracą

Forma aktywności	Średnia liczba godzin
Godziny kontaktowe z nauczycielem (zajęcia)	45
Godziny kontaktowe z nauczycielem (konsultacje)	10
Praca własna (studiowanie literatury), przygotowanie się do zajęć, prace domowe, wykonanie sprawozdania	45
SUMA	70

Narzędzia dydaktyczne

1. Wykłady w formie prezentacji w formacie PDF.
2. Makieta reaktora PWR
3. Zajęcia obliczeniowe

Metody oceny (F – formująca, P – podsumowująca)

Kolokwium końcowe (P) test (F), prezentacja (F)

Realizacja efektów uczenia się

Efekt uczenia się	Odniesienie do efektów zdefiniowanych dla całego programu	Cele przedmiotu	Narzędzia dydaktyczne	Sposób oceny
EW1	E1_W27, E1_W28	C4, C1, C2	Wykład, praca samodzielna	Ocena w skali ocen 2-5
EW2	E1_W27	C6	Wykład, praca samodzielna	Jak wyżej
EW3	E1_W27	C1, C2	Wykład, praca samodzielna	Jak wyżej
EW4	E1_W09	C5	Wykład, praca samodzielna	Jak wyżej
EW5	E1_W27, E1_W07	C3	Wykład, praca samodzielna	Jak wyżej
EW6	E1_W27, E1_W07	C4	Wykład, praca samodzielna	Jak wyżej
EU1	E1_U33	C5	Wykład, praca samodzielna	Jak wyżej
EU2	E1_U31, E1_U25	C1, C2	Wykład, praca samodzielna	Jak wyżej
EK1	E1_K01	C1, C2, C3	Wykład, praca samodzielna	Jak wyżej

KARTA PRZEDMIOTU

Nazwa przedmiotu:	PERSPEKTYWICZNE TECHNOLOGIE JĄDROWE (SMR, MMR, GEN-IV, TECHNOLOGIE KOSMICZNE)			
Stopień studiów:	I (inżynierski)			
Kierunek studiów, specjalność:	Energetyka, Energetyka Jądrowa			
Kod przedmiotu:	Semestr studiów: 7		Liczba punktów ECTS:2	
Poziom przedmiotu:	zaawansowany		Typ przedmiotu: specjalnościowy	
Wymiar przedmiotu: 50 h	Wykłady:	30 h		
	Ćwiczenia:	0 h		
	Laboratoria:	0 h	Praca własna:	15 h
	Konsultacje:	5 h		
	Projekt:	0 h		
Odpowiedzialny za przedmiot:				

Cele przedmiotu

Celem ogólnym przedmiotu jest zapoznanie studenta z budową i zasadą działania perspektywicznych reaktorów jądrowych

Cele szczegółowe przedmiotu obejmują:

- C1. Zapoznanie studenta z budową i zasadą działania perspektywicznych reaktorów jądrowych (SMR, MMR, GEN-IV, technologie kosmiczne), zastosowanie perspektywicznych reaktorów, stosowane materiały
- C2. Zapoznanie studenta ze specyfiką procesów bazujących na naturalnych zjawiskach fizycznych
- C3. Zapoznanie studenta z materiałami stosowanymi w budowie perspektywicznych reaktorów jądrowych
- C4. Zapoznanie studenta z układami zabezpieczeń i bezpieczeństwa stosowanymi perspektywicznych reaktorów jądrowych

Wymagania wstępne w zakresie wiedzy, umiejętności i innych kompetencji

1. Reaktory jądrowe

Efekty uczenia się (wiedza)

- | | |
|------|---|
| EW01 | Student zna budowę, schematy cieplne, parametry robocze, wydajności i ograniczeń perspektywicznych reaktorów, jak również materiałów używanych do ich budowy. |
| EW02 | Student zna rozwiązania systemów zabezpieczeń i układów bezpieczeństwa stosowanych w perspektywicznych reaktorach jądrowych |
| EW03 | Student zna zjawiska bazujące na naturalnych zjawiskach fizycznych |
| EW04 | Student wie jakie są zastosowania perspektywicznych technologii jądrowych. |
| EW05 | Student wie jakie materiały wykorzystywane są do budowy reaktorów |

Efekty uczenia się (umiejętności)

- | | |
|------|---|
| EU01 | Student posiada umiejętność wykonania podstawowych obliczeń naturalnych zjawisk fizycznych |
| EU02 | Student potrafi opisać poszczególne różnice pomiędzy perspektywnymi typami reaktorów. Potrafi wskazać wady i zalety każdego z rozwiązań oraz zna ich zastosowania |

Efekty kształcenia (kompetencje społeczne)

- | | |
|------|---|
| EK01 | Student potrafi przekazać wiedzę o różnych perspektywicznych typach reaktorów jądrowych |
|------|---|

Treści merytoryczne przedmiotu

Wykłady	Liczba godzin
Opis naturalnych zjawisk fizycznych	5
Budowa i zasada działania reaktora typu SMR i MMR, najważniejsze komponenty wyspy jądrowej. Układy bezpieczeństwa	10
Budowa i zasada działania reaktorów Gen IV, najważniejsze komponenty wyspy jądrowej. Układy bezpieczeństwa	7
Konstrukcji reaktorów stosowanych w kosmosie	3
Materiały stosowane do budowy perspektywicznych reaktorów jądrowych. Zastosowanie, specyficzne rozwiązania konstrukcyjne.	5

Literatura podstawowa i uzupełniająca

1. Materiały wykładowe i instrukcje przygotowane przez prowadzącego zajęcia
2. Daniel T. Ingersoll and Mario D. Carelli, Handbook of Small Modular Nuclear Reactors, 2020
3. Igor L. Pioro, Handbook of Generation IV Nuclear Reactors, 2016
4. Ugur Guven, Nuclear Propulsion Techniques for Spacecraft: Utilization of Nuclear Reactors in Spacecraft for Space Propulsion, 2019
5. J.R. Lamarsh, Introduction to Nuclear Engineering, 2014
6. K. D. Kok, Nuclear engineering handbook, 2009
7. P. Tsvetkov, Fast Spectrum Reactors, 2013.

Obciążenie studenta pracą

Forma aktywności	Średnia liczba godzin
Godziny kontaktowe z nauczycielem (zajęcia)	30
Godziny kontaktowe z nauczycielem (konsultacje)	5
Praca własna (studiowanie literatury), przygotowanie się do zajęć, prace domowe, wykonanie sprawozdania	15
SUMA	50

Narzędzia dydaktyczne

1. Wykłady w formie prezentacji w formacie PDF.
2. Zajęcia obliczeniowe

Metody oceny (F – formująca, P – podsumowująca)

Kolokwium (P), prezentacja (F)

Realizacja efektów uczenia się

Efekt uczenia się	Odniesienie do efektów zdefiniowanych dla całego programu	Cele przedmiotu	Narzędzia dydaktyczne	Sposób oceny
EW1	E1_W27, E1_W28	C1	Wykład, praca samodzielna	Ocena w skali ocen 2-5
EW2	E1_W27	C4	Wykład, praca samodzielna	Jak wyżej
EW3	E1_W09	C2	Wykład, praca samodzielna	Jak wyżej
EW4	E1_W27, E1_W07	C1	Wykład, praca samodzielna	Jak wyżej
EW5	E1_W27, E1_W07	C1	Wykład, praca samodzielna	Jak wyżej
EU1	E1_U33	C2	Wykład, praca samodzielna	Jak wyżej
EU2	E1_U31, E1_U25	C1, C3, C4	Wykład, praca samodzielna	Jak wyżej
EK1	E1_K01	C1, C2, C3	Wykład, praca samodzielna	Jak wyżej

KARTA PRZEDMIOTU

Nazwa przedmiotu:		ELEKTROWNIA JĄDROWA W SYSTEMIE CIEPŁOWNICZYM I ELEKTROENERGETYCZNYM			
Stopień studiów:		I (inżynierski)			
Kierunek studiów, specjalność:		Energetyka, Energetyka Jądrowa			
Kod przedmiotu:		Semestr studiów: 6		Liczba punktów ECTS: 2	
Poziom przedmiotu: zaawansowany		Typ przedmiotu: specjalnościowy			
Wymiar przedmiotu: 50 h	Wykłady:	30 h			
	Ćwiczenia:	0 h			
	Laboratoria:	0 h		Praca własna: 15 h	
	Konsultacje:	5 h			
	Projekt:	0 h			
Odpowiedzialny za przedmiot:					

Cele przedmiotu

Celem ogólnym przedmiotu jest zapoznanie studenta z budową i zasadą działania Elektrowni Jądrowej

Cele szczegółowe przedmiotu obejmują:

- C1. Zapoznanie studenta z budową elektrowni jądrowej (wyspa jądrowa i wyspa konwencjonalna), z systemami podstawowymi i pomocniczymi
- C2. Zapoznanie studenta z podstawowymi wskaźnikami eksploatacyjnymi i ekonomicznymi stosowanymi w energetyce
- C3. Zapoznanie studenta z cyklem życia elektrowni Jądrowej (budowa, licencjonowanie, eksploatacja wyłączenie)
- C4. Zapoznanie studenta z podstawowymi zasadami bezpiecznej eksploatacji elektrowni jądrowej, specyfikacja techniczne, stany operacyjne
- C5. Zapoznanie studenta ze sposobami zmiany obciążenia, turbina/reaktor wiodący, dynamika swobodna
- C6. Zapoznanie studenta z procesem przeładunku paliwa (on-line, okresowy)
- C7. Zapoznanie studenta z możliwościami i ograniczeniami kogeneracji z energetyki jądrowej

Wymagania wstępne w zakresie wiedzy, umiejętności i innych kompetencji

1. Przedmiot Reaktory Jądrowe
2. Podstawowa wiedza o maszynach i urządzeniach stosowanych w energetyce

Efekty uczenia się (wiedza)

- | | |
|------|---|
| EW01 | Student wie jak zbudowana jest elektrownia jądrowa |
| EW02 | Student posiada wiedzę o procesie licencjonowania instalacji jądrowych |
| EW03 | Student zna podstawowe wskaźniki eksploatacyjne i ich typowe wartości dla różnych technologii energetycznych |
| EW04 | Student posiada wiedzę o systemach niezbędnych do prawidłowej eksploatacji |
| EW05 | Student zna różnicę pomiędzy planowanym i nieplanowanym postojem. Wie w jaki sposób odbywa się przeładunek paliwa |
| EW06 | Student wie jakie są generalne zasady eksploatacji elektrowni jądrowej. Wie w jaki sposób zmiana obciążenia przełoży się na stan reaktora |
| EW07 | Student zna podstawowe metody diagnostyczne stosowane w energetyce i energetyce jądrowej |
| EW08 | Student zna możliwości i ograniczenia wykorzystania energetyki jądrowej do produkcji ciepła technologicznego lub systemowego. |

Efekty uczenia się (umiejętności)

- EU01 Student wie, jak zdobyć wiedzę o nowoczesnych urządzeniach i maszynach stosowanych w elektrowniach jądrowych
- EU02 Student potrafi ocenić parametry i wskaźniki eksploatacyjne elektrowni jądrowej.
- EU03 Student potrafi pracować w grupie i prezentować wyniki wspólnej pracy

Efekty kształcenia (kompetencje społeczne)

- EK01 Student potrafi ocenić wpływ energetyki jądrowej na środowisko i przekazać ta wiedzę innym osobom
- EK02 Student potrafi odpowiednio określić priorytety służące realizacji określonego zadania oraz identyfikować i rozstrzygać związane z tym dylematy.

Treści merytoryczne przedmiotu

Wykłady	Liczba godzin
Przemysł jądrowy na przykładzie wybranych krajów (np. Francja, Belgia, USA, Korea, Chiny). Struktura wytwarzania energii elektrycznej, perspektywy rozwoju.	3
Statystyka Energetyki Jądrowej, wskaźniki techniczno-ekonomiczne	2
Budowa i zasada działania Elektrowni Jądrowej, podstawowe komponenty, układy podstawowe i pomocnicze istotne z punktu widzenia eksploatacji	3
Etapy budowy, licencjonowania oraz testów elektrowni jądrowej	2
Zasady bezpiecznej eksploatacji, warunki pracy, specyfikacja techniczna	2
Zmiana obciążenia a stan reaktora, dynamika swobodna, kontrola temperatury, uruchomienie i odstawienie reaktora. Regulacja pierwotna i wtórna	6
Planowy i nieplanowy przestój elektrowni, przeładunek paliwa (on-line, okresowy)	4
Wybrane metody diagnostyczne maszyn i urządzeń energetycznych	3
Zastosowanie energetyki jądrowej do produkcji ciepła technologicznego lub systemowego	3
Ekonomia energetyki jądrowej.	2

Literatura podstawowa i uzupełniająca

1. Materiały wykładowe i instrukcje przygotowane przez prowadzącego zajęcia.
2. G. Ackermann, Eksploatacja Elektrowni Jądrowych, 1987.
3. Advances in Nuclear Power Process Heat Applications, IAEA 2012

Obciążenie studenta pracą

Forma aktywności	Średnia liczba godzin
Godziny kontaktowe z nauczycielem (zajęcia)	30
Godziny kontaktowe z nauczycielem (konsultacje)	5
Praca własna (studiowanie literatury), przygotowanie się do zajęć, prace domowe, wykonanie sprawozdania	15
SUMA	50

Narzędzia dydaktyczne

1. Wykłady w formie prezentacji w formacie PDF.
2. Makieta reaktora PWR
3. Zajęcia obliczeniowe

Metody oceny (F – formująca, P – podsumowująca)

Kolokwium końcowe (P) praca domowa (F), prezentacja (F)

Realizacja efektów uczenia się

Efekt uczenia się	Odniesienie do efektów zdefiniowanych dla całego programu	Cele przedmiotu	Narzędzia dydaktyczne	Sposób oceny
EW1	E1_W27, E1_W28,	C1	Wykład, praca samodzielna	Ocena w skali ocen 2-5
EW2	E1_W35, E1_W31	C3	Wykład, praca samodzielna	Jak wyżej
EW3	E1_W28, E1_W27	C2	Wykład, ćwiczenia, praca samodzielna	Jak wyżej
EW4	E1_W28, E1_W27	C1	Wykład, makieta, praca samodzielna, makieta reaktora PWR	Jak wyżej
EW5	E1_W28, E1_W27	C6	Wykład, praca samodzielna	Jak wyżej
EW6	E1_W28,	C4	Wykład, praca samodzielna	Jak wyżej
EW7	E1_W35	C3	Wykład, praca samodzielna	Jak wyżej
EW8	E1_U01	C7	Wykład, praca samodzielna	Jak wyżej
EU1	E1_W17, EW35	C1	Wykład, praca samodzielna	Jak wyżej
EU2	E1_U18, E1_U17	C2	Wykład, ćwiczenia, praca samodzielna	Jak wyżej
EU3	E1_U18, E1_U17	C7, C2	Wykład, praca samodzielna	Jak wyżej
EU4	E1_U1, E1_U2, E1_U4	C1, C2, C3	Wykład, praca samodzielna	Jak wyżej
EK1	E1_K01	C1, C2, C4	Wykład, praca samodzielna	Jak wyżej
EK2	E1_K08	C3	Wykład, praca samodzielna	Jak wyżej

KARTA PRZEDMIOTU

Nazwa przedmiotu:	FIZYKA REAKTORÓW JĄDROWYCH			
Stopień studiów:	I (inżynierski)			
Kierunek studiów, specjalność:	Energetyka, Energetyka Jądrowa			
Kod przedmiotu:	Semestr studiów: 6		Liczba punktów ECTS: 5	
Poziom przedmiotu:	zaawansowany		Typ przedmiotu: specjalnościowy	
Wymiar przedmiotu:	Wykłady:	30 h	Praca własna:	40 h
	Ćwiczenia:	15 h		
	Laboratoria:	30 h		
	Konsultacje:	10 h		
	Projekt:	0 h		
125 h				

Odpowiedzialny za przedmiot:

Cele przedmiotu

Celem ogólnym przedmiotu jest zapoznanie studenta z elementami fizyki reaktorów jądrowych

Cele szczegółowe przedmiotu obejmują:

- C1. Zapoznanie studentów z reakcjami jądrowymi zachodzącymi w reaktorach jądrowych
- C2. Zapoznanie studentów z zagadnieniem transportu neutronów
- C3. Zapoznanie studentów z metodami rozwiązywania zagadnień transportu neutronów
- C4. Zapoznanie studentów z zagadnieniami stanu krytycznego reaktora
- C5. Zapoznanie studentów z podstawami kinetyki i dynamiki reaktorów
- C6. Zapoznanie studentów ze zmianami zachodzącymi w reaktorze podczas jego pracy
- C7. Zapoznanie studentów z cyklem życia neutronów w reaktorach.
- C7. Nabycie umiejętności przez studentów prostych obliczeń cyklu życia neutronów w reaktorze jądrowym
- C8. Zapoznanie studentów z podstawowymi metodami badań eksperymentalnych fizyki reaktorów
- C9. Zapoznanie studentów z podstawowymi zasadami projektowania rdzeni reaktorów

Wymagania wstępne w zakresie wiedzy, umiejętności i innych kompetencji

1. Przedmiot Elementy Fizyki Jądrowej

Efekty uczenia się (wiedza)

- | | |
|------|--|
| EW01 | Student zna mechanizmy oddziaływania neutronów z materią oraz reakcji jądrowych indukowanych przez neutrony. znajomość innych istotnych reakcji. |
| EW02 | Student wie co to są neutrony opóźnione, zna ich udział oraz rolę w kontrolowaniu reakcji łańcuchowej. zna pojęcia i zasady opisujące dynamikę reaktorów jądrowych. |
| EW03 | Student posiada wiedzę o mechanizmie reakcji łańcuchowej, warunkach konieczne do realizacji reakcji łańcuchowych i nuklidów w nich uczestniczących. |
| EW04 | Student posiada wiedzę o podstawowych założeniach teorii transportu neutronów. wie o uproszczenia równań transportu neutronów tj. pn, p1 i dyfuzji oraz zna podstawowe metody stosowane w ich rozwiązywaniu. |
| EW05 | Student zna mechanizmy spowalniania neutronów w materii. wie co to jest wychwyty rezonansowy, rozpraszanie neutronów oraz inne istotne procesy. |
| EW06 | Student zna definicję współczynnika mnożenia neutronów, wie jakie zjawiska fizyczne wpływają na jego wartość. |
| EW07 | Student zna przyczyny i skutki zmian reaktywności podczas pracy reaktora. . |
| EW08 | Student zna podstawy zagadnień kinetyki i dynamiki reaktorów jądrowych. |

EW09	Student zna procesy zmiany składu izotopowego w reaktorze w czasie jego pracy oraz zna efekty tych zmian.
EW10	Student zna pojęcie efektów reaktywnościowych oraz ich wpływ na bezpieczeństwo.
Efekty uczenia się (umiejętności)	
EU01	Student potrafi wykonać inżynierskie obliczenia fizyki reaktorów jądrowych.
EU02	Student potrafi przeprowadzić proste obliczenia parametrów reaktora w stanie krytycznym.
EU03	Student potrafi przygotować i przeprowadzić pomiar strumienia neutronów oraz interpretować wyniki.
EU04	Student potrafi przygotować i przeprowadzić pomiar reaktywności prętów regulacyjnych reaktora jądrowego oraz interpretować wyniki.
Efekty kształcenia (kompetencje społeczne)	
EK01	Student jest świadomy złożoności procesów zachodzących w reaktorach jądrowych i związanej z tym konieczność stosowania w energetyce jądrowej najlepszych technologii i najwyższych standardach jakościowych.
EK02	Student potrafi ocenić wpływ energetyki jądrowej na środowisko i przekazać ta wiedzę innym osobom
EK03	Student potrafi odpowiednio określić priorytety służące realizacji określonego zadania oraz identyfikować i rozstrzygać związane z tym dylematy.

Treści merytoryczne przedmiotu

Wykłady	Liczba godzin
Reakcje jądrowe w reaktorach jądrowych	2
Teoria transportu neutronów	8
Metody przybliżone transportu neutronów oraz teoria dyfuzji	3
Metody rozwiązywania równania dyfuzji	4
Stan krytyczny reaktora jądrowego	3
Zmiany w rdzeniu w czasie pracy reaktora	2
Kinetyka reaktorów	4
Dynamika reaktorów, efekty reaktywnościowe i stabilność	4
Ćwiczenia z fizyki reaktorów jądrowych	15
Zajęcia laboratorium reaktorów jądrowych	30

Literatura podstawowa i uzupełniająca

1. Materiały wykładowe i instrukcje przygotowane przez prowadzącego zajęcia.
2. E.E. Lewis, Fundamentals of Nuclear Reactor Physics, Academic Press, 2008.
3. M. Kiełkiewicz, Teoria Reaktorów Jądrowych, WPW, 1986.
4. J. Adamski, Zbiór zadań z fizyki reaktorów jądrowych, WPW, 1977.
5. J. J Duderstadt, Nuclear Reactor Analysis, Wiley, 1976.
6. W. M. Stacey, Nuclear Reactor Physics, Wiley, 2007.

Obciążenie studenta pracą

Forma aktywności	Średnia liczba godzin
Godziny kontaktowe z nauczycielem (zajęcia)	75
Godziny kontaktowe z nauczycielem (konsultacje)	10

Praca własna (studiowanie literatury), przygotowanie się do zajęć, prace domowe, wykonanie sprawozdania	40
SUMA	125

Narzędzia dydaktyczne

1. Wykłady w formie prezentacji w formacie PDF.
2. Ćwiczenia tablicowe
3. Ćwiczenia i laboratoria z wykorzystaniem komputera
4. Reaktor jądrowy Maria

Metody oceny (F – formująca, P – podsumowująca)

Egzamin (P), Kolokwium (F), raport (F), praca domowa (F), prezentacja (F).

Realizacja efektów uczenia się

Efekt uczenia się	Odniesienie do efektów zdefiniowanych dla całego programu	Cele przedmiotu	Narzędzia dydaktyczne	Sposób oceny
EW1	E1_W02, E1_W27	C1, C2	Wykład, praca własna	Ocena w skali ocen 2-5
EW2	E1_W02, E1_W27	C3	Wykład, praca własna	Jak wyżej
EW3	E1_W02, E1_W27	C2	Wykład, praca własna	Jak wyżej
EW4	E1_W02, E1_W27	C2, C3	Wykład, praca własna	Jak wyżej
EW5	E1_W02, E1_W27	C4	Wykład, praca własna	Jak wyżej
EW6	E1_W02, E1_W27	C5	Wykład, praca własna	Jak wyżej
EW7	E1_W02, E1_W27	C6	Wykład, praca własna	Jak wyżej
EW8	E1_W02, E1_W27	C5	Wykład, praca własna	Jak wyżej
EW9	E1_W02, E1_W27	C1		
EW10	E1_W02, E1_W27	C7		
EU1	E1_U12, E1_U33	C7, C3	Wykład, praca własna, ćwiczenia	Jak wyżej
EU2	E1_U12, E1_U33	C7, C3, C9	Wykład, praca własna, ćwiczenia	Jak wyżej
EU3	E1_U09, E1_U10	C8	Wykład, praca własna, reaktor jądrowy	Jak wyżej
EU4	E1_U09, E1_U10	C8	Wykład, praca własna, reaktor jądrowy	Jak wyżej
EU5	E1_U09, E1_U10	C8	Wykład, praca własna, reaktor jądrowy	Jak wyżej
EK1	E1_K02	C1, C2	Wykład, praca własna	Jak wyżej
EK2	E1_K01	C1, C2	Wykład, praca własna	Jak wyżej
EK3	E1_K08	C8	Wykład, praca własna, reaktor jądrowy	Jak wyżej

KARTA PRZEDMIOTU

Nazwa przedmiotu:		ZAGADNIENIA CIEPLNO-PRZEPŁYWOWE REAKTORÓW JĄDROWYCH			
Stopień studiów:		I (inżynierski)			
Kierunek studiów, specjalność:		Energetyka, Energetyka Jądrowa			
Kod przedmiotu:		Semestr studiów: 5		Liczba punktów ECTS: 2	
Poziom przedmiotu: zaawansowany		Typ przedmiotu: specjalnościowy			
Wymiar przedmiotu: 75 h	Wykłady:	15 h			
	Ćwiczenia:	15 h			
	Laboratoria:	0 h		Praca własna: 20 h	
	Konsultacje:	10 h			
	Projekt:	15 h			
Odpowiedzialny za przedmiot: dr. inż. Piotr Darnowski					

Cele przedmiotu

Celem ogólnym przedmiotu jest zapoznanie studenta z podstawowymi zagadnieniami cieplno-przepływowymi zachodzącymi w reaktorze jądrowym

Celem szczegółowym jest:

- C1. Zapoznanie studentów z źródłami ciepła w reaktorze jądrowym.
- C2. Zapoznanie studentów z procesami wymiany ciepła w elementach paliwowych.
- C3. Zapoznanie studentów z równaniami bilansu dla przepływów jednofazowych i dwufazowych chłodziwa.
- C4. Zapoznanie studentów z wymianą ciepła oraz hydrauliką przepływów jednofazowego i dwufazowego w kanale chłodzącym rdzenia reaktora.
- C6. Zapoznanie studentów z metodami matematycznymi, numerycznymi i eksperymentalnymi stosowanymi w badaniu zjawisk cieplno-przepływowych istotnych dla reaktorów jądrowych.
- C7. Zapoznanie studentów z rolą zagadnień cieplno-przepływowych w projektowaniu reaktorów.
- C8. Zapoznanie studentów z rolą zagadnień cieplno-przepływowych w bezpieczeństwie reaktorów jądrowych.

Wymagania wstępne w zakresie wiedzy, umiejętności i innych kompetencji

1. Przedmiot Wymiana ciepła I
2. Przedmiot Mechanika płynów I
3. Termodynamika I

Efekty uczenia się (wiedza)

- | | |
|-------|--|
| EW_01 | Student zna podstawowe procesy cieplno-przepływowe zachodzące w reaktorach jądrowych lekkowodnych. |
| EW_02 | Student zna zagadnienie przepływów jednofazowych i dwufazowych w reaktorach. |
| EW_03 | Student zna metody obliczeniowe stosowane przy badaniu procesów cieplno-przepływowych. |

Efekty uczenia się (umiejętności)

- | | |
|-------|---|
| EU_01 | Student potrafi rozwiązać problemy inżynierskie związane z zagadnieniami cieplno-przepływowymi reaktorów jądrowych. |
| EU_02 | Student potrafi wykorzystać metody obliczeniowe do modelowania procesów cieplno-przepływowych. |

Efekty kształcenia (kompetencje społeczne)

- | | |
|-------|--|
| EK_01 | Student jest świadomy złożoności procesów cieplno-przepływowych zachodzących w reaktorach jądrowych i związanej z tym konieczności stosowania w energetyce jądrowej sprawdzonych metod obliczeniowych. |
|-------|--|

EK_02	Student potrafi odpowiednio określić priorytety służące realizacji określonego zadania oraz identyfikować i rozstrzygać związane z tym dylematy.
-------	--

Treści merytoryczne przedmiotu

Wykłady	Liczba godzin
Źródła ciepła w reaktorach jądrowych	2
Równania przepływów jednofazowych	2
Równania przepływów dwufazowych	2
Przepływy jednofazowe i dwufazowe w kanale chłodzącym	3
Transport ciepła w elementach paliwowych	2
Wymiana ciepła pomiędzy paliwem a chłodziwem	2
Inne zagadnienia	2
Ćwiczenia z zagadnień cieplno-przepływowych	15

Literatura podstawowa i uzupełniająca

1. Materiały wykładowe i instrukcje przygotowane przez prowadzącego zajęcia.
2. H. Anglart, Thermal-Hydraulics in Nuclear Systems, WPW, 2015.
3. H. Anglart, Applied Reactor Technology, WPW, 2015.
4. Todreas and Kazimi, Nuclear Systems I: Thermal Hydraulics Fundamentals. Vol. 1., 1990.

Obciążenie studenta pracą

Forma aktywności	Średnia liczba godzin
Godziny kontaktowe z nauczycielem (zajęcia)	30
Godziny kontaktowe z nauczycielem (konsultacje)	10
Praca własna (studiowanie literatury), przygotowanie się do zajęć, prace domowe, wykonanie sprawozdania, projekt	35
SUMA	75

Narzędzia dydaktyczne

1. Wykłady w formie prezentacji w formacie PDF.
2. Zadania obliczeniowe
3. Projekt

Metody oceny (F – formująca, P – podsumowująca)

Kolokwium (P), projekt (F)

Realizacja efektów uczenia się

Efekt uczenia się	Odniesienie do efektów zdefiniowanych dla całego programu	Cele przedmiotu	Narzędzia dydaktyczne	Sposób oceny
EW1	E1_W05	C1, C2	Wykład, praca własna,	Ocena w skali ocen 2-5
EW2	E1_W11	C3, C4	Wykład, praca własna,	Jak wyżej
EW3	E1_W11	C5	Wykład, praca własna,	Jak wyżej
EU1	E1_U21, E1_U12	C6	Wykład, praca własna, projekt	Jak wyżej
EU2	E1_U22	C6	Wykład, praca własna, projekt	Jak wyżej
EK1	E1_K01	C7	Wykład, praca własna,	Jak wyżej
EK2	E1_K08	C8	Wykład, praca własna,	Jak wyżej

KARTA PRZEDMIOTU

Nazwa przedmiotu:		BEZPIECZEŃSTWO INSTALACJI JĄDROWYCH			
Stopień studiów:		I (inżynierski)			
Kierunek studiów, specjalność:		Energetyka, Energetyka Jądrowa			
Kod przedmiotu:		Semestr studiów: 7		Liczba punktów ECTS: 3	
Poziom przedmiotu: zaawansowany		Typ przedmiotu: specjalnościowy			
Wymiar przedmiotu: 75 h		Wykłady:	30 h		
		Ćwiczenia:	15 h		
		Laboratoria:	0 h	Praca własna: 20 h	
		Konsultacje:	10 h		
		Projekt:	0 h		
Odpowiedzialny za przedmiot:					

Cele przedmiotu

Celem ogólnym przedmiotu jest zapoznanie studenta z bezpieczeństwem instalacji jądrowych

Celem szczegółowym jest:

- C1. Zapoznanie studenta z obroną w głąb
- C2. Zapoznanie studenta z technicznymi i organizacyjnymi aspektami bezpieczeństwa elektrowni jądrowej
- C3. Zapoznanie studenta z rolą organu regulacyjnego w kwestiach bezpieczeństwa
- C4. Zapoznać studenta z podstawami analiz bezpieczeństwa stosowanymi w instalacjach jądrowych
- C5. Zapoznać studenta z zagadnieniami ochrony fizycznej

Wymagania wstępne w zakresie wiedzy, umiejętności i innych kompetencji

- 1. Przedmiot Reaktory jądrowe
- 2. Przedmiot Ochrona przed promieniowaniem

Efekty uczenia się (wiedza)

- | | |
|------|---|
| EW01 | Student ma wiedzę na temat poziomów i zasad obrony w głąb stosowanych w projektowaniu instalacji jądrowych |
| EW02 | Student zna zasady bezpieczeństwa elektrowni jądrowych elektrowni. |
| EW03 | Student zna techniczne aspekty bezpieczeństwa elektrowni jądrowych. |
| EW04 | Student zna rolę organów nadzoru jądrowego i organizacji międzynarodowych w zapewnieniu bezpieczeństwa elektrowni jądrowych. |
| EW05 | Student zna pojęcia i ogólne zasady analizy bezpieczeństwa. wie jakie są różnice pomiędzy analizami deterministycznymi i probabilistycznymi |
| EW06 | Student zna najnowsze i przyszłościowe rozwiązania dla systemów bezpieczeństwa elektrowni jądrowych. |
| EW07 | Student zna zasady bezpieczeństwa ochrony fizycznej instalacji jądrowych. |

Efekty uczenia się (umiejętności)

- | | |
|------|--|
| EU01 | Student potrafi porównać i ocenić bezpieczeństwo, w zależności od zastosowanej techniki. |
| EU02 | Student potrafi omówić przyczyny i skutki najpoważniejszych awarii instalacji jądrowych |
| EU03 | Student potrafi zaproponować podstawowe zasady bezpieczeństwa i ochrony fizycznej dla instalacji jądrowej |
| EU04 | Student potrafi zamodelować prostą instalację i wykonać dla niej deterministyczne/probabilistyczne analizy bezpieczeństwa. |

Efekty kształcenia (kompetencje społeczne)

EK01 Student jest świadomy ważności bezpieczeństwa elektrowni jądrowych oraz potrzebę podnoszenia świadomości na temat najnowszych osiągnięć w tej dziedzinie

Treści merytoryczne przedmiotu

Wykłady	Liczba godzin
Podstawowe zasady, kryteria i wymagania bezpieczeństwa jądrowego	3
Systemy bezpieczeństwa elektrowni jądrowych	3
Uwarunkowania prawne, rola organów dozoru jądrowego i instytucji międzynarodowych, raport bezpieczeństwa	2
Wprowadzenie do zagadnienia analiz bezpieczeństwa	4
Wprowadzenie do deterministycznych analiz bezpieczeństwa	4
Wprowadzenie do probabilistycznych analiz bezpieczeństwa	4
Kultura bezpieczeństwa, procedury awaryjne i zarządzanie awariami	2
Źródła promieniowania w energetyce jądrowej, człon źródłowy radionuklidów i planowanie awaryjne	2
Omówienie najważniejszych awarii jądrowych: TMI, Chernobyl, Fukushima Daiichi	2
Ochrona fizyczna instalacji jądrowych	2
Wpływ energetyki jądrowej na środowisko i społeczeństwo	2
Ćwiczenia	15

Literatura podstawowa i uzupełniająca

1. Materiały wykładowe i instrukcje przygotowane przez prowadzącego zajęcia.
2. B. Pershagen, Light Water Reactor Safety, 1989

Obciążenie studenta pracą

Forma aktywności	Średnia liczba godzin
Godziny kontaktowe z nauczycielem (zajęcia)	45
Godziny kontaktowe z nauczycielem (konsultacje)	10
Praca własna (studiowanie literatury), przygotowanie się do zajęć, prace domowe, wykonanie sprawozdania	20
SUMA	75

Narzędzia dydaktyczne

1. Wykłady w formie prezentacji w formacie PDF.
2. Zadania obliczeniowe

Metody oceny (F – formująca, P – podsumowująca)

Kolokwium (P), projekt (F)

Realizacja efektów uczenia się

Efekt uczenia się	Odniesienie do efektów zdefiniowanych dla całego programu	Cele przedmiotu	Narzędzia dydaktyczne	Sposób oceny
EW1	E1_W35, E1_W27	C1	Wykład, praca własna	Ocena w skali ocen 2-5
EW2	E1_W35, E1_W27	C2	Wykład, praca własna	Jak wyżej
EW3	E1_W35, E1_W27	C2	Wykład, praca własna	Jak wyżej
EW4	E1_W35, E1_W27	C3	Wykład, praca własna	Jak wyżej
EW5	E1_W08	C4	Wykład, praca własna	Jak wyżej
EW6	E1_W35, E1_W27	C2	Wykład, praca własna	Jak wyżej
EW7	E1_W35, E1_W27	C5	Wykład, praca własna	Jak wyżej
EU1	E1_U01, E1_U31	C2, C4, C5	Wykład, praca własna, projekt	Jak wyżej
EU2	E1_U01,	C1, C2	Wykład, praca własna, projekt	Jak wyżej
EU3	E1_U31	C2, C5	Wykład, praca własna, projekt	Jak wyżej
EU4	E1_U16, E1_U25	C4	Wykład, praca własna, projekt	Jak wyżej
EK1	E1_K02	C2, C3	Wykład, praca własna	Jak wyżej

KARTA PRZEDMIOTU

Nazwa przedmiotu:		LABORATORIUM SYMULACJI ELEKTROWNI JĄDROWEJ			
Stopień studiów:		I (inżynierski)			
Kierunek studiów, specjalność:		Energetyka, Energetyka Jądrowa			
Kod przedmiotu:		Semestr studiów: 7		Liczba punktów ECTS: 3	
Poziom przedmiotu: zaawansowany		Typ przedmiotu: specjalnościowy			
		Wykłady:	15 h		
		Ćwiczenia:	30 h		
Wymiar przedmiotu: 75 h		Laboratoria:	0 h	Praca własna:	20 h
		Konsultacje:	10 h		
		Projekt:	0 h		

Odpowiedzialny za przedmiot:

Cele przedmiotu

Celem ogólnym przedmiotu jest zapoznanie studenta zagadnieniami związanymi z eksploatacją instalacji jądrowych

Celem szczegółowym jest:

- C1. Omówienie zagadnień teoretycznych oraz wykonanie symulacji rozruchów, zmiany obciążenia oraz odstawienia elektrowni jądrowej
- C2. Omówienie zagadnień teoretycznych oraz wykonanie symulacji rozruchów wybranych awarii projektowych
- C3. Zapoznanie się z zasadą działania wybranych systemów pomocniczych i bezpieczeństwa

Wymagania wstępne w zakresie wiedzy, umiejętności i innych kompetencji

1. Przedmiot Elektrownia jądrowa w systemie ciepłowniczym i elektroenergetycznym
2. Przedmiot Reaktory jądrowe

Efekty uczenia się (wiedza)

- EW01 Student wie jakie są generalne zasady eksploatacji elektrowni jądrowej. wie w jaki sposób zmiana obciążenia przełoży się na stan reaktora
- EW02 Student zna podstawowe zasady sterowania i regulacji instalacji jądrowych
- EW03 Student zna zasadę działania układów oraz systemów zabezpieczeń i bezpieczeństwa
- EW04 Student zna podstawowe metody diagnostyczne stosowane w energetyce i energetyce jądrowej

Efekty uczenia się (umiejętności)

- EU01 Student potrafi wykonać symulację stanów przejściowych elektrowni i poprawnie zinterpretować wyniki
- EU02 Student potrafi wykonać symulację awarii elektrowni i poprawnie zinterpretować wyniki.

Efekty kształcenia (kompetencje społeczne)

- EK01 Student potrafi ocenić wpływ energetyki jądrowej na środowisko i przekazać ta wiedzę innym osobom.

Treści merytoryczne przedmiotu

Wykłady i ćwiczenia laboratoryjne	Liczba godzin
Omówienie zagadnień teoretycznych oraz wykonanie symulacji rozruchów, zmiany obciążenia oraz odstawienia elektrowni jądrowej. Badanie wpływu układu urządzenia wiodącego na stan układu.	15

Omówienie zagadnień teoretycznych oraz wykonanie symulacji rozruchów wybranych awarii projektowych	15
Omówienie zagadnień teoretycznych oraz wykonanie symulacji pracy wybranych systemów pomocniczych.	9
Symulacja stanu swobodnej dynamiki reaktora	3
Analiza wpływu wybranych sposobów regulacji mocy na stan reaktora.	3

Literatura podstawowa i uzupełniająca

1. Materiały wykładowe i instrukcje przygotowane przez prowadzącego zajęcia.

Obciążenie studenta pracą

Forma aktywności	Średnia liczba godzin
Godziny kontaktowe z nauczycielem (zajęcia)	45
Godziny kontaktowe z nauczycielem (konsultacje)	10
Praca własna (studiowanie literatury), przygotowanie się do zajęć, prace domowe, wykonanie sprawozdania	20
SUMA	75

Narzędzia dydaktyczne

1. Wykłady w formie prezentacji w formacie PDF.
2. Ćwiczenia laboratoryjne

Metody oceny (F – formująca, P – podsumowująca)

Praca domowa (F), raport (P)

Realizacja efektów uczenia się

Efekt uczenia się	Odniesienie do efektów zdefiniowanych dla całego programu	Cele przedmiotu	Narzędzia dydaktyczne	Sposób oceny
EW1	E1_W28, E1_W28, E1_W35	C1	Wykład, praca własna, laboratorium	Ocena w skali ocen 2-5
EW2	E1_W19, E1_W09	C1	Wykład, praca własna, laboratorium	Jak wyżej
EW3	E1_W27	C2	Wykład, praca własna, laboratorium	Jak wyżej
EW4	E1_W27, E1_W28	C3	Wykład, praca własna, laboratorium	Jak wyżej
EU1	E1_U11, E1_U24	C1	Wykład, praca własna, laboratorium	Jak wyżej
EU2	E1_U11, E1_U24	C2	Wykład, praca własna, laboratorium	Jak wyżej
EK1	E1_K1	C1, C2, C3	Wykład, praca własna, laboratorium	Jak wyżej

KARTA PRZEDMIOTU

Nazwa przedmiotu:	MODELOWANIE I OBLICZENIA REAKTORÓW JĄDROWYCH			
Stopień studiów:	I (inżynierski)			
Kierunek studiów, specjalność:	Energetyka, Energetyka Jądrowa			
Kod przedmiotu:	Semestr studiów: 7		Liczba punktów ECTS: 3	
Poziom przedmiotu: zaawansowany	Typ przedmiotu: specjalnościowy			
	Wykłady:	15 h		
	Ćwiczenia:	0 h		
Wymiar przedmiotu: 75 h	Laboratoria:	15 h	Praca własna:	20 h
	Konsultacje:	10 h		
	Projekt:	15 h		
Odpowiedzialny za przedmiot: dr. Inż. Piotr Darnowski				

Cele przedmiotu

Celem ogólnym przedmiotu jest zapoznanie studenta z metodami oraz narzędziami projektowania i obliczeń reaktorów jądrowych.

Celem szczegółowym jest:

- C1. Zapoznanie studenta z metodami analizy, modelowania i obliczeń stosowanymi we współczesnej fizyce reaktorów jądrowych.
- C2. Zapoznanie studenta z wybranym narzędziem obliczeniowym dla symulacji fizyki rdzenia.
- C3. Zapoznanie studenta z zasadami projektowania reaktorów jądrowych.

Wymagania wstępne w zakresie wiedzy, umiejętności i innych kompetencji

1. Przedmiot Reaktory Jądrowe
2. Przedmiot Fizyka Reaktorów Jądrowych

Efekty uczenia się (wiedza)

- EW01 Student zna narzędzia do symulacji procesów zachodzących w reaktorach jądrowych.
- EW02 Student zna metody modelowania instalacji jądrowych oraz sposoby pozyskiwania brakujących danych.

Efekty uczenia się (umiejętności)

- EU01 Student potrafi zamodelować procesy zachodzący w reaktorze w wybranym narzędziu.
- EU02 Student potrafi uprościć modelowaną instalację, w taki sposób, aby dostatecznie prawidłowo zasymulować procesy zachodzące w instalacjach jądrowych.
- EU03 Student potrafi zamodelować podstawowe elementy reaktora jądrowego i przeprowadzić ich obliczenia numeryczne
- EU04 Student potrafi pracować w grupie i prezentować wyniki wspólnej pracy.

Efekty kształcenia (kompetencje społeczne)

- EK01 Student jest świadomy ważności umiejętności modelowania procesów zachodzących w instalacjach jądrowych oraz potrzebę podnoszenia świadomości na temat najnowszych narzędzi stosowanych w tej dziedzinie.
- EK02 Student potrafi odpowiednio określić priorytety służące realizacji określonego zadania oraz identyfikować i rozstrzygać związane z tym dylematy.

Treści merytoryczne przedmiotu

Wykłady i ćwiczenia laboratoryjne	Liczba godzin
Przegląd metod obliczeniowych, numerycznych i technik modelowania transportu neutronów oraz innych zagadnień fizyki reaktora	4

Wprowadzenie do metody Monte Carlo	4
Metoda Monte Carlo w układach jądrowych	5
Wprowadzenie do wybranego nowoczesnego narzędzia symulacji transportu neutronów	2
Laboratorium komputerowe	15
Projekt z projektowania reaktorów jądrowych	15

Literatura podstawowa i uzupełniająca

1. Materiały wykładowe i instrukcje przygotowane przez prowadzącego zajęcia.
2. J. Lepannen, Development of a New Monte Carlo Physics Code, 2007.
3. F. B. Brown, Fundamentals of Monte Carlo Particle Transport, Los Alamos National Laboratory, LA-UR-05-4983
4. F. B. Brown, Monte Carlo Techniques for Nuclear Systems – Theory Lectures, Los Alamos National Laboratory, LA-UR-16-29043

Obciążenie studenta pracą

Forma aktywności	Średnia liczba godzin
Godziny kontaktowe z nauczycielem (zajęcia)	45
Godziny kontaktowe z nauczycielem (konsultacje)	10
Praca własna (studiowanie literatury), przygotowanie się do zajęć, prace domowe, wykonanie sprawozdania	20
SUMA	75

Narzędzia dydaktyczne

1. Wykłady w formie prezentacji w formacie PDF.
2. Laboratorium komputerowe
3. Projekt studencki

Metody oceny (F – formująca, P – podsumowująca)

Praca domowa (F), prezentacja (F), raport (P)

Realizacja efektów uczenia się

Efekt uczenia się	Odniesienie do efektów zdefiniowanych dla całego programu	Cele przedmiotu	Narzędzia dydaktyczne	Sposób oceny
EW1	E1_W11	C2, C3	Wykład, praca własna, ćwiczenia laboratoryjne	Ocena w skali ocen 2-5
EW2	E1_W35	C1, C4, C5	Wykład, praca własna, ćwiczenia laboratoryjne	Jak wyżej
EU1	E1_U22, E1_U2	C3, C6	Wykład, praca własna, projekt	Jak wyżej
EU2	E1_U23, E1_U31,	C4	Wykład, praca własna, projekt	Jak wyżej
EU3	E1_U23, E1_U31,	C5, C6	Wykład, praca własna, projekt	Jak wyżej
EU4	E1_U04, E1_U30	C6	Wykład, praca własna, projekt	Jak wyżej
EK1	E1_K02	C5, C6	Wykład, praca własna,	Jak wyżej
EK2	E1_K08	C5, C6	Wykład, praca własna,	Jak wyżej

KARTA PRZEDMIOTU

Nazwa przedmiotu:	METODY NUMERYCZNE I TECHNIKI KOMPUTEROWE W ENERGETYCE			
Stopień studiów:	I (inżynierski)			
Kierunek studiów, specjalność:	Energetyka, Energetyka Jądrowa			
Kod przedmiotu:	Semestr studiów: 6		Liczba punktów ECTS: 2	
Poziom przedmiotu: zaawansowany	Typ przedmiotu: obieralny			
Wymiar przedmiotu: 50 h	Wykłady:	15 h		
	Ćwiczenia:	0 h		
	Laboratoria:	15 h	Praca własna:	15h
	Konsultacje:	5 h		
	Projekt:	0h		
Odpowiedzialny za przedmiot: dr inż. Piotr Darnowski				

Cele przedmiotu

Celem ogólnym przedmiotu jest zapoznanie studenta z metodami numerycznymi i technikami komputerowymi stosowanymi w energetyce w tym w energetyce jądrowej.

Celem szczegółowym jest:

- C1. Zapoznanie studenta z najważniejszymi metodami numerycznymi stosowanymi w energetyce jądrowej.
- C2. Zapoznanie studenta z wybranymi metodami matematycznymi stosowanymi w energetyce jądrowej.
- C3. Zapoznanie studenta z wykorzystaniem współczesnych narzędzi programistycznych dla rozwiązywania problemów inżynierskich oraz analizy danych dla energetyki jądrowej.

Wymagania wstępne w zakresie wiedzy, umiejętności i innych kompetencji

1. Przedmiot Fizyka Reaktorów Jądrowych
2. Przedmiot Informatyka II
3. Podstawowa umiejętność programowania

Efekty uczenia się (wiedza)

- EW01 Student zna współczesne narzędzia programistyczne stosowane do obliczeń inżynierskich.
- EW02 Student zna współczesne metody numeryczne stosowane w energetyce jądrowej.
- EW03 Student zna innowacyjne rozwiązania informatyczne stosowane w energetyce (3D, AI)

Efekty uczenia się (umiejętności)

- EU01 Student potrafi wykorzystać współczesne metody stosowane w optymalizacji.
- EU02 Student potrafi wykorzystać współczesne narzędzia programistyczne oraz umiejętnie przedstawić wyniki obliczeń.
- EU03 Student potrafi wykorzystać współczesne narzędzia obliczeniowe do przeprowadzenia prostej analizy układów w energetyce.

Efekty kształcenia (kompetencje społeczne)

- EK01 Student jest świadomy ważności wykorzystywania narzędzi programistycznych oraz potrzeby podnoszenia świadomości na temat najnowszych narzędzi stosowanych w tej dziedzinie.

Treści merytoryczne przedmiotu

Wykłady i ćwiczenia laboratoryjne	Liczba godzin
Wybrane metody matematyczne stosowane w energetyce jądrowej	4
Metody numeryczne stosowane w energetyce jądrowej	7
Wybrane metody analizy danych, optymalizacji i metody sztucznej inteligencji w energetyce jądrowej	4

Laboratorium z wykorzystaniem współczesnych narzędzi matematyki obliczeniowej	15
---	----

Literatura podstawowa i uzupełniająca

1. Materiały wykładowe i instrukcje przygotowane przez prowadzącego zajęcia.
2. P. Krzyżanowski, Obliczenia inżynierskie i naukowe, 2023.
3. K. Huff, Effective Computation in Physics, 2015
4. G. Strang, Computational Science and Engineering, 2015.
5. R. Pratap, MATLAB dla naukowców i inżynierów, 2013.
6. M. Gągolewski, Przetwarzanie i analiza danych w języku Python, PWN, 2016.

Obciążenie studenta pracą

Forma aktywności	Średnia liczba godzin
Godziny kontaktowe z nauczycielem (zajęcia)	30
Godziny kontaktowe z nauczycielem (konsultacje)	5
Praca własna (studiowanie literatury), przygotowanie się do zajęć, prace domowe, wykonanie sprawozdania	15
SUMA	50

Narzędzia dydaktyczne

1. Wykłady w formie prezentacji w formacie PDF.
2. Ćwiczenia laboratoryjne

Metody oceny (F – formująca, P – podsumowująca)

Praca domowa (F), prezentacja (F), raport (P)

Realizacja efektów uczenia się

Efekt uczenia się	Odniesienie do efektów zdefiniowanych dla całego programu	Cele przedmiotu	Narzędzia dydaktyczne	Sposób oceny
EW1	E1_W26	C1	Wykład, praca własna, laboratorium	Ocena w skali ocen 2-5
EW2	E1_W26	C2	Wykład, praca własna, laboratorium	Jak wyżej
EW3	E1_w35	C1, C2	Wykład, praca własna, laboratorium	Jak wyżej
EU1	E1_U12	C1, C3	Wykład, praca własna, laboratorium	Jak wyżej
EU2	E1_U33	C2, C3	Wykład, praca własna, laboratorium	Jak wyżej
EU3	E1_U33	C3	Wykład, praca własna, laboratorium	Jak wyżej
EK1	E1_K02	C1, C2, C3	Wykład, praca własna, laboratorium	Jak wyżej

KARTA PRZEDMIOTU

Nazwa przedmiotu:		ZAGADNIENIA ORGANIZACYJNE ZWIĄZANE Z REALIZACJĄ PRZEDSIĘWZIĘCIA BUDOWY ELEKTROWNI JĄDROWEJ			
Stopień studiów:		I (inżynierski)			
Kierunek studiów, specjalność:		Energetyka, Energetyka Jądrowa			
Kod przedmiotu:		Semestr studiów: 7		Liczba punktów ECTS: 2	
Poziom przedmiotu: zaawansowany		Typ przedmiotu: obieralny			
		Wykłady:	15 h		
		Ćwiczenia:	15 h		
Wymiar przedmiotu:	50 h	Laboratoria:	0 h		Praca własna: 10 h
		Konsultacje:	5 h		
		Projekt:	5 h		
Odpowiedzialny za przedmiot: dr inż. Piotr Mazgaj					

Cele przedmiotu

Celem ogólnym przedmiotu jest zapoznanie studenta z przebiegiem procesu realizacji przedsięwzięcia budowa elektrowni jądrowej.

Celem szczegółowym jest:

C1. Zapoznanie studentów z przygotowaniem organizacji na etapie przygotowania inwestycji, budowy, rozruchu i eksploatacji oraz likwidacji.

C2. Zapoznanie studentów z procesem wyborem lokalizacji budowy elektrowni jądrowej.

C3. Zapoznanie studentów z przebiegiem badań środowiskowych i lokalizacyjnych oraz procesu licencjonowania przez Państwową Agencję Atomistyki.

C4. Zapoznanie studentów z harmonogramem realizacji inwestycji oraz obliczaniem wyrównanego kosztu energii elektrycznej pochodzącej z elektrowni jądrowej.

Wymagania wstępne w zakresie wiedzy, umiejętności i innych kompetencji

1. Narzędzia pakietu Office

Efekty uczenia się (wiedza)

- EW01 Student zna przebieg procesu realizacji przedsięwzięcia budowy elektrowni jądrowej.
- EW02 Student wie w jaki wskazać lokalizację elektrowni jądrowej
- EW03 Student wie jak wygląda przebieg badań środowiskowych i lokalizacyjnych oraz procesu licencjonowania przez państwową agencję atomistyki.
- EW04 Student zna składowe odpowiedzialne za wysokość wyrównanego kosztu energii elektrycznej pochodzącej z elektrowni jądrowej.

Efekty uczenia się (umiejętności)

- EU01 Student potrafi przedstawić etapy realizacji przedsięwzięcia budowy elektrowni jądrowej wraz z zaznaczeniem etapów milowych
- EU02 Student potrafi zaproponować lokalizację elektrowni jądrowej oraz zaproponować, jak powinna wyglądać organizacja na poszczególnych etapach realizacji inwestycji.
- EU03 Student potrafi przedstawić przebieg badań środowiskowych i lokalizacyjnych oraz procesu licencjonowania przez państwową agencję atomistyki.
- EU04 Student potrafi wyliczyć wyrównanego kosztu energii elektrycznej pochodzącej z elektrowni jądrowej.
- EU05 Student potrafi pracować w grupie i prezentować wyniki wspólnej pracy

Efekty kształcenia (kompetencje społeczne)

EK01	Student jest świadomy ważności prawidłowego przebiegu realizacji przedsięwzięcia budowa elektrowni jądrowej oraz aspektów związanych z komunikowaniem realizacji takiego przedsięwzięcia społeczeństwu.
EK02	Student potrafi odpowiednio określić priorytety służące realizacji określonego zadania oraz identyfikować i rozstrzygać związane z tym dylematy.

Treści merytoryczne przedmiotu

Wykłady i ćwiczenia laboratoryjne	Liczba godzin
Przebieg realizacji przedsięwzięcia budowy elektrowni jądrowej. Wytyczne IAEA. Przygotowanie organizacji na etapie przygotowania inwestycji, budowy, rozruchu i eksploatacji oraz likwidacji.	6h
Wybór lokalizacji – proces wskazania lokalizacji, kryteria wyboru, zdarzenia zewnętrzne.	6h
Przebieg badań środowiskowych i lokalizacyjnych oraz licencjonowania elektrowni przez Państwową Agencję Atomistyki.	6h
Harmonogram realizacji inwestycji oraz obliczaniem wyrównanego kosztu energii elektrycznej pochodzącej z elektrowni jądrowej.	7h
Przygotowanie projektu.	5h

Literatura podstawowa i uzupełniająca

1. Materiały wykładowe i instrukcje przygotowane przez prowadzącego zajęcia.
2. Wytyczne i standardy IAEA, wymagania i wytyczne polskiego i zagranicznych dozorów jądrowych.
3. Jurgen Schnell, Julian Meyer. Rudiger Meiswinkel. Design and Construction of Nuclear Power Plants, 2013.
4. Parsons, John E., Update on the Cost of Nuclear Power, MIT, 2009.

Obciążenie studenta pracą

Forma aktywności	Średnia liczba godzin
Godziny kontaktowe z nauczycielem (zajęcia)	30
Godziny kontaktowe z nauczycielem (konsultacje)	5
Wykonanie projektu	5
Praca własna (studiowanie literatury), przygotowanie się do zajęć, prace domowe, wykonanie sprawozdania	10
SUMA	50

Narzędzia dydaktyczne

1. Wykłady w formie prezentacji w formacie PDF.
2. Ćwiczenia obliczeniowe.

Metody oceny (F – formująca, P – podsumowująca)

Projekt (P), kolokwium (P), prezentacja (F).

Realizacja efektów uczenia się

Efekt uczenia się	Odniesienie do efektów zdefiniowanych dla całego programu	Cele przedmiotu	Narzędzia dydaktyczne	Sposób oceny
EW01	E1_W32, E1_W31	C1, C2, C3, C4.	Wykład, praca własna, prezentacja, ćwiczenia obliczeniowe, raport.	Ocena w skali ocen 2-5
EW02	E1_W31, E1_W28	C2	Wykład, praca własna, prezentacja, raport	Jak wyżej
EW03	E1_W31	C3	Wykład, praca własna, prezentacja, raport	Jak wyżej
EW04	E1_W32, E1_W31	C4	Wykład, praca własna, ćwiczenia obliczeniowe, prezentacja, raport	Jak wyżej
EU01	E1_U29	C1, C2, C3, C4.	Wykład, praca własna, prezentacja, ćwiczenia obliczeniowe, raport.	Jak wyżej
EU02	E1_U27	C2	Wykład, praca własna, prezentacja, raport	Jak wyżej
EU03	E1_U29	C3	Wykład, praca własna, ćwiczenia obliczeniowe, prezentacja, raport	Jak wyżej
EU04	E1_U18	C4	Wykład, praca własna, ćwiczenia obliczeniowe, prezentacja, raport	Jak wyżej
EU05	E1_U04, E1_U30	C1, C2, C3, C4	Wykład, praca własna, ćwiczenia obliczeniowe, prezentacja, raport	Jak wyżej
EK01	E1_K02	C1, C2, C3, C4	Wykład, praca własna, ćwiczenia obliczeniowe, prezentacja, raport	Jak wyżej
EK02	E1_K08	C5	Wykład, praca własna, ćwiczenia obliczeniowe, prezentacja, raport	Jak wyżej

KARTA PRZEDMIOTU

Nazwa przedmiotu:		PODSTAWY TRANSMUTACJI			
Stopień studiów:		I (inżynierski)			
Kierunek studiów, specjalność:		Energetyka, Energetyka Jądrowa			
Kod przedmiotu:		Semestr studiów: 7		Liczba punktów ECTS: 2	
Poziom przedmiotu: zaawansowany		Typ przedmiotu: obieralny			
		Wykłady:	15 h		
		Ćwiczenia:	15 h		
Wymiar przedmiotu: 55h		Laboratoria:	0 h	Praca własna:	10 h
		Konsultacje:	5 h		
		Projekt:	5 h		
Odpowiedzialny za przedmiot: dr inż. Piotr Mazgaj					

Cele przedmiotu

Celem ogólnym przedmiotu jest zapoznanie studenta zagadnieniami związanymi z transmutacją wypalonego paliwa jądrowego.

Celem szczegółowym jest:

C1. Zapoznanie studentów z radiotoksycznością wypalonego paliwa jądrowego oraz z sposobami jej redukcji.

C2. Zapoznanie studentów z transmutacją w reaktorach lekkowodnych.

C3. Zapoznanie studentów z transmutacją w reaktorach prędkich.

C4. Zapoznanie studentów z transmutacją w układach podkrytycznych napędzanych poprzez akceleratory ADS (Accelerator Driven Systems).

C5. Uzyskanie kompetencji w porównaniu transmutacji w różnych typach reaktorów oraz oszacowanie możliwych rozwiązań redukcji radiotoksyczności paliwa.

Wymagania wstępne w zakresie wiedzy, umiejętności i innych kompetencji

1. CYKL PALIWOWY I PALIWA JĄDROWE
2. Podstawy programowania

Efekty uczenia się (wiedza)

- EW01 Student zna zagadnienia związane z transmutacją wypalonego paliwa jądrowego.
- EW02 Student zna współczesne narzędzia do symulowania transmutacji.

Efekty uczenia się (umiejętności)

- EU01 Student potrafi zasymulować transmutację wypalonego paliwa w reaktorach lekkowodnych, prędkich oraz układach podkrytycznych napędzanych akceleratorami.
- EU02 Student potrafi wykorzystać współczesne narzędzia do symulowania transmutacji.
- EU03 Student potrafi pracować w grupie i prezentować wyniki wspólnej pracy.

Efekty kształcenia (kompetencje społeczne)

- EK01 Student jest świadomy ważności tematyki transmutacji wypalonego paliwa jądrowego oraz potrzeby podnoszenia świadomości społeczeństwa w tej dziedzinie.
- EK02 Student potrafi odpowiednio określić priorytety służące realizacji określonego zadania oraz identyfikować i rozstrzygać związane z tym dylematy.

Treści merytoryczne przedmiotu

Wykłady i ćwiczenia obliczeniowe	Liczba godzin
Radiotoksyczność wypalonego paliwa jądrowego. Równanie Batemana. Przygotowanie skryptu obliczeniowego.	4h
Prezentacja kodu obliczeniowego służącego do obliczeń wypalenia paliwa jądrowego.	4h
Transmutacja w reaktorach lekkowodnych, obliczenia, prezentacja wyników obliczeń.	5h
Transmutacja w reaktorach prędkich, obliczenia, prezentacja wyników obliczeń.	5h
Transmutacja w reaktorach w układach podkrytycznych napędzanych poprzez akceleratory ADS (Accelerator Driven Systems obliczenia, prezentacja wyników obliczeń.	5h
Porównanie transmutacji w różnych typach reaktorów – prezentacja. Wnioski końcowe.	2h
Przygotowanie projektu.	5h

Literatura podstawowa i uzupełniająca

1. Materiały wykładowe i instrukcje przygotowane przez prowadzącego zajęcia.
2. Nakajima, Ken, Nuclear Back-end and Transmutation Technology for Waste Disposal, Beyond the Fukushima Accident, 2015
3. Wallenius, Janne, Transmutation of nuclear waste, 2011.

Obciążenie studenta pracą

Forma aktywności	Średnia liczba godzin
Godziny kontaktowe z nauczycielem (zajęcia)	30
Godziny kontaktowe z nauczycielem (konsultacje)	5
Wykonanie projektu	5
Praca własna (studiowanie literatury), przygotowanie się do zajęć, prace domowe, wykonanie sprawozdania	10
SUMA	55

Narzędzia dydaktyczne

1. Wykłady w formie prezentacji w formacie PDF.
2. Ćwiczenia obliczeniowe, kod obliczeniowy.

Metody oceny (F – formująca, P – podsumowująca)

Raport (P), prezentacja (F).

Realizacja efektów uczenia się

Efekt uczenia się	Odniesienie do efektów zdefiniowanych dla całego programu	Cele przedmiotu	Narzędzia dydaktyczne	Sposób oceny
EW1	E1_W35	C1, C3, C4, C5	Wykład, praca własna, ćwiczenia obliczeniowe, prezentacja, raport.	Ocena w skali ocen 2-5
EW2	E1_W35	C1, C2, C3, C4, C5	Wykład, praca własna, ćwiczenia obliczeniowe, prezentacja, raport	Jak wyżej
EU1	E1_U22, E1_U31	C2, C3, C4, C5	Wykład, praca własna, ćwiczenia obliczeniowe, prezentacja, raport	Jak wyżej
EU2	E1_U22, E1_U31	C2, C3, C4, C5	Wykład, praca własna, ćwiczenia obliczeniowe, prezentacja, raport	Jak wyżej
EU3	E1_U04, E1_U30	C2, C3, C4, C5	Wykład, praca własna, ćwiczenia obliczeniowe, prezentacja, raport	Jak wyżej
EK1	E1_K02	C1, C2, C3, C4	Wykład, praca własna, ćwiczenia obliczeniowe, prezentacja, raport	Jak wyżej
EK2	E1_K08	C5	Wykład, praca własna, ćwiczenia obliczeniowe, prezentacja, raport	Jak wyżej

KARTA PRZEDMIOTU

Nazwa przedmiotu:		PODSTAWY ROZPRZESTRZENIANIA SIĘ SUBSTANCJI PROMIENIOTWÓRCZYCH W ŚRODOWISKU			
Stopień studiów:		I (inżynierski)			
Kierunek studiów, specjalność:		Energetyka, Energetyka Jądrowa			
Kod przedmiotu:		Semestr studiów: 6		Liczba punktów ECTS: 2	
Poziom przedmiotu: zaawansowany		Typ przedmiotu: obieralny			
		Wykłady:	15 h		
		Ćwiczenia:	15 h		
Wymiar przedmiotu: 50h		Laboratoria:	0 h	Praca własna:	15 h
		Konsultacje:	5 h		
		Projekt:	0 h		
Odpowiedzialny za przedmiot: dr inż. Piotr Mazgaj					

Cele przedmiotu

Celem ogólnym przedmiotu jest zapoznanie studenta zagadnieniami związanymi z rozprzestrzenianiem się substancji promieniotwórczej w atmosferze

Celem szczegółowym jest:

- C1. Zapoznanie studentów z modelami rozprzestrzeniania się zanieczyszczeń w atmosferze
- C2. Zapoznanie studentów z metodami obliczeń skażeń środowiskowych i dawek
- C3. Zapoznanie studentów z metodami wyznaczania skutków natychmiastowych oraz późnych uwolnienia
- C4. Zapoznanie studentów z działaniami interwencyjnymi
- C5. Uzyskanie kompetencji w zakresie obliczeń prostych uwolnień

Wymagania wstępne w zakresie wiedzy, umiejętności i innych kompetencji

1. Przedmiot Ochrona przed promieniowaniem
2. Podstawy programowania

Efekty uczenia się (wiedza)

- EW01 Student zna modele transportu substancji promieniotwórczych w atmosferze
- EW02 Student wie, jak obliczyć dawki w środowisku w wyniku uwolnienia i jakie parametry mają na nie wpływ
- EW03 Student wie jakie są rodzaje skutków środowiskowych uwolnienia i jakie im odpowiadają działania interwencyjne
- EW04 Student zna metody i narzędzia do modelowania uwolnienia.

Efekty uczenia się (umiejętności)

- EU01 Student potrafi zamodelować rozprzestrzenianie substancji promieniotwórczej w atmosferze.
- EU02 Student potrafi oszacować dawki i zaproponować działania interwencyjne
- EU03 Student potrafi oszacować skutki natychmiastowe i późne uwolnienia
- EU04 Student potrafi pracować w grupie i prezentować wyniki wspólnej pracy.

Efekty kształcenia (kompetencje społeczne)

- EK01 Student jest świadomy ważności umiejętności modelowania procesów uwolnienia i rozprzestrzeniania substancji promieniotwórczej w środowisku.
- EK02 Student potrafi odpowiednio określić priorytety służące realizacji określonego zadania oraz identyfikować i rozstrzygać związane z tym dylematy.

Treści merytoryczne przedmiotu

Wykłady i ćwiczenia obliczeniowe	Liczba godzin
Transport substancji promieniotwórczych z rdzenia do środowiska. Charakterystyka uwolnienia materiałów promieniotwórczych	4
Model rozprzestrzeniania się substancji promieniotwórczych w atmosferze, Model smugi Gaussa, Lagrange'a, Eulera, modele 3D.	4
Warunki powodowe w lokalizacji uwolnienia (róża wiatrów, opady, klasa stabilności atmosfery, temperatura). Wpływ poszczególnych parametrów rodzaj i skalę uwolnienia	3
Warunki terenowe i infrastruktura transportowa w lokalizacji uwolnienia (rodzaj terenu, zabudowa, gęstość zaludnienia, szlaki komunikacyjne). Wpływ poszczególnych parametrów rodzaj i skalę uwolnienia	4
Obliczenia rozprzestrzeniania się materiału promieniotwórczego w atmosferze.	3
Obliczenia dawek, działania interwencyjne, aspekty prawne nakazów pozostawania w domu, ewakuacji, przesiedlenia,	4
Obliczenia skutków natychmiastowych oraz późnych uwolnienia	4
Modelowanie i obliczenia prostego uwolnienia substancji promieniotwórczych z wykorzystaniem kodów obliczeniowych	4

Literatura podstawowa i uzupełniająca

1. Materiały wykładowe i instrukcje przygotowane przez prowadzącego zajęcia.

Obciążenie studenta pracą

Forma aktywności	Średnia liczba godzin
Godziny kontaktowe z nauczycielem (zajęcia)	30
Godziny kontaktowe z nauczycielem (konsultacje)	5
Praca własna (studiowanie literatury), przygotowanie się do zajęć, prace domowe, wykonanie sprawozdania	15
SUMA	50

Narzędzia dydaktyczne

1. Wykłady w formie prezentacji w formacie PDF.
2. Ćwiczenia obliczeniowe

Metody oceny (F – formująca, P – podsumowująca)

Kolokwium (P), Praca domowa (F), raport (F)

Realizacja efektów uczenia się

Efekt uczenia się	Odniesienie do efektów zdefiniowanych dla całego programu	Cele przedmiotu	Narzędzia dydaktyczne	Sposób oceny
EW1	E1_W6, E1_W14	C1	Wykład, praca własna	Ocena w skali ocen 2-5
EW2	E1_W35, E1_W14	C2	Wykład, praca własna	Jak wyżej
EW3	E1_W35	C3	Wykład, praca własna	Jak wyżej
EW4	E1_W27, E1_W35	C5	Wykład, praca własna	Jak wyżej
EU1	E1_U22, E1_U2	C1, C5	Wykład, praca własna, ćwiczenia obliczeniowe	Jak wyżej
EU2	E1_U19, E1_U31,	C2, C5	Wykład, praca własna, ćwiczenia obliczeniowe	Jak wyżej
EU3	E1_U30	C3, C5	Wykład, praca własna, ćwiczenia obliczeniowe	Jak wyżej
EU4	E1_U04, E1_U30	C5	Wykład, praca własna, ćwiczenia obliczeniowe	Jak wyżej
EK1	E1_K02	C1, C5	Wykład, praca własna,	Jak wyżej
EK2	E1_K08	C5	Wykład, praca własna	Jak wyżej

KARTA PRZEDMIOTU

Nazwa przedmiotu:	AWARIE REAKTOROWE		
Stopień studiów:	I (inżynierski)		
Kierunek studiów, specjalność:	Energetyka, Energetyka Jądrowa		
Kod przedmiotu:		Semestr studiów: 7	Liczba punktów ECTS: 2
Poziom przedmiotu: zaawansowany		Typ przedmiotu: obieralny	
	Wykłady:	30 h	
	Ćwiczenia:	0 h	
	Laboratoria:	0 h	Praca własna: 15 h
Wymiar przedmiotu: 50h	Konsultacje:	5 h	
	Projekt:	0 h	
Odpowiedzialny za przedmiot: dr inż. Piotr Darnowski			

Cele przedmiotu

Celem ogólnym przedmiotu jest zapoznanie studenta z szczegółowymi zagadnieniami związanymi z przyczynami, przebiegiem i skutkami awarii reaktorów jądrowych

Celem szczegółowym jest:

- C1. Zapoznanie studentów z przyczynami awarii w reaktorach jądrowych
- C2. Zapoznanie studentów z przebiegiem i zjawiskami zachodzącymi podczas stanów przejściowych i awarii w lekko-wodnych reaktorach jądrowych.
- C3. Zapoznanie studentów ze skutkami awarii w lekko-wodnych reaktorach jądrowych.
- C4. Zapoznanie studentów z przeciwdziałaniem i mitygacją awarii w reaktorach jądrowych.

Wymagania wstępne w zakresie wiedzy, umiejętności i innych kompetencji

1. Zagadnienia cieplno-przepływowe reaktorów jądrowych
2. Reaktory jądrowe

Efekty uczenia się (wiedza)

EW01	Student ma wiedzę na temat ryzyka instalacji jądrowych z reaktorami lekko-wodnymi
EW02	Student zna możliwe stany przejściowe oraz awarie projektowe oraz zachodzące zjawiska fizyczne
EW03	Student zna przyczyny, przebieg i konsekwencje stanów przejściowych i awarii projektowych
EW04	Student zna możliwe awarie ciężkie oraz zachodzące zjawiska fizyczne
EW05	Student zna przyczyny, przebieg i konsekwencje awarii ciężkich
EW06	Student zna środki zapobiegania awariom oraz środki łagodzenia skutków awarii

Efekty uczenia się (umiejętności)

EU01	Student potrafi porównać i ocenić rozwiązania techniczne elektrowni jądrowej z reaktorem lekko-wodnym w kontekście awarii projektowych oraz awarii ciężkich.
EU02	Student potrafi zidentyfikować, opisać i ocenić najważniejsze stany przejściowe, awarie projektowe oraz awarie ciężkie w lekko-wodnych reaktorach jądrowych
EU03	Student potrafi opisać i ocenić przyczyny, przebieg i skutki awarii w lekko-wodnych reaktorach jądrowych

Efekty kształcenia (kompetencje społeczne)

EK01	Student jest świadomy przyczyn, przebiegu, zjawisk i skutków awarii jądrowych oraz ich roli w społecznej akceptacji energetyki jądrowej.
EK02	Student potrafi komunikować zdobytą wiedzę oraz rozumie jej rolę społeczną.

Treści merytoryczne przedmiotu

Wykłady i ćwiczenia obliczeniowe	Liczba godzin
Wprowadzenie do badań awarii w lekko-wodnych reaktorach jądrowych	2
Stany przejściowe i awarie projektowe – zjawiska	4
Stany przejściowe i awarie projektowe - identyfikacja, przyczyny, przebieg, przykłady	5
Stany przejściowe i awarie projektowe - skutki, zapobieganie, mitygacja	3
Awarie ciężkie - zjawiska	10
Awarie ciężkie - identyfikacja, przyczyny, przebieg, przykłady	3
Awarie ciężkie - skutki, zapobieganie, mitygacja	3

Literatura podstawowa i uzupełniająca

1. Materiały wykładowe i instrukcje przygotowane przez prowadzącego zajęcia.
2. A. Strupczewski, Awarie reaktorowe a bezpieczeństwo energetyki jądrowej, PWN, 1990.
3. B. R. Sehgal, Nuclear Safety, Academic Press, 2012
4. D. Jacquemain, Nuclear Power Reactor Core Melt Accidents: Current State of Knowledge, IRSN, 2015
5. John C. Lee, Norman J. McCormick Risk and Safety Analysis of Nuclear Systems, Wiley, 2011

Obciążenie studenta pracą

Forma aktywności	Średnia liczba godzin
Godziny kontaktowe z nauczycielem (zajęcia)	30
Godziny kontaktowe z nauczycielem (konsultacje)	5
Praca własna (studiowanie literatury), przygotowanie się do zajęć, prace domowe, wykonanie sprawozdania	15
SUMA	50

Narzędzia dydaktyczne

1. Wykłady w formie prezentacji w formacie PDF.

Metody oceny (F – formująca, P – podsumowująca)

Kolokwium (P), Praca domowa (F), raport (F)

Realizacja efektów uczenia się

Efekt uczenia się	Odniesienie do efektów zdefiniowanych dla całego programu	Cele przedmiotu	Narzędzia dydaktyczne	Sposób oceny
EW1	E1_W35, E1_W27	C1, C3	Wykład, praca własna	Ocena w skali ocen 2-5
EW2	E1_W35, E1_W27	C1, C2	Wykład, praca własna	Jak wyżej
EW3	E1_W35, E1_W27	C1, C2	Wykład, praca własna	Jak wyżej
EW4	E1_W35, E1_W27	C1, C2, C3	Wykład, praca własna	Jak wyżej
EW5	E1_W35, E1_W27	C1, C3	Wykład, praca własna	Jak wyżej
EW6	E1_W35, E1_W27	C4	Wykład, praca własna	Jak wyżej
EU1	E1_U16, E1_U25, E1_U18	C1, C2, C3, C4	Wykład, praca własna	Jak wyżej
EU2	E1_U01, E1_U31, E1_U18	C1, C2, C3, C4	Wykład, praca własna	Jak wyżej
EU3	E1_U01, E1_U18	C1, C2, C3, C4	Wykład, praca własna	Jak wyżej
EK1	E1_K02	C1, C2, C3, C4	Wykład, praca własna	Jak wyżej
EK2	E1_K08	C1, C2, C3, C4	Wykład, praca własna	Jak wyżej
