

### OPIS PRZEDMIOTU/MODUŁU KSZTAŁCENIA (SYLABUS)

|     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|-----|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1.  | Nazwa przedmiotu/modułu w języku polskim oraz angielskim<br><b>Energetyka jądrowa/ Nuclear energy</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| 2.  | Dyscyplina<br><b>nauki fizyczne</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| 3.  | Język wykładowy<br><b>polski</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| 4.  | Jednostka prowadząca przedmiot<br><b>Instytut Fizyki Doświadczalnej Wydziału Fizyki i Astronomii</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| 5.  | Kod przedmiotu/modułu<br><b>24-FZ-S2-E2-Wsp.EJ</b><br><b>24-SDFD-S3-WspEJ</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| 6.  | Rodzaj przedmiotu/modułu ( <i>obowiązkowy lub do wyboru</i> )<br><b>do wyboru</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| 7.  | Kierunek studiów (specjalność/specjalizacja)<br><b>fizyka</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| 8.  | Poziom studiów ( <i>I lub II stopień, jednolite studia magisterskie, studia doktoranckie</i> )<br><b>II stopień,</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| 9.  | Rok studiów ( <i>jeśli obowiązuje</i> )                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| 10. | Semestr ( <i>zimowy lub letni</i> )<br><b>letni</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| 11. | Forma zajęć i liczba godzin<br><b>Wykład – 30 godz. (2 godz. tygodniowo przez 15 tygodni)</b><br><b>Konwersatorium – 30 godz. (2 godz. tygodniowo przez 15 tygodni)</b><br>Metody kształcenia<br><b>Wykład, ćwiczenia przedmiotowe</b>                                                                                                                                                                   |
| 12. | Imię, nazwisko, tytuł/stopień naukowy osoby prowadzącej zajęcia<br>dr inż. <b>Robert Konieczny</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| 13. | Wymagania wstępne w zakresie wiedzy, umiejętności i kompetencji społecznych dla przedmiotu/modułu<br><b>Podstawy fizyki 1, 2, 3, 4</b>                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| 14. | Cele przedmiotu<br><b>Po zakończeniu nauki w ramach tego przedmiotu student powinien wykazać się znajomością własności promieniowania jądrowego, praw rządzących zjawiskiem promieniotwórczości naturalnej i sztucznej oraz pojęć i wielkości fizycznych służących do opisu tych zjawisk. Powinien posiadać wiedzę o sposobach wytwarzania i praktycznego wykorzystania energii jądrowej dla potrzeb</b> |

|     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                                                                                              |
|-----|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|     | <p><b>energetyki, o aktualnym stanie i perspektywach energetyki jądrowej w Polsce i na świecie oraz o wynikających z tego tytułu korzyściach i zagrożeniach dla człowieka i środowiska naturalnego. Ponadto powinien wykazać się znajomością schematów technologicznych wybranych elektrowni jądrowych. Powinien posiadać wiedzę na temat rodzajów i budowy reaktorów jądrowych oraz ich tendencji rozwojowych. Dodatkowo powinien umieć wskazać ekonomiczne i społeczne aspekty stosowania energetyki jądrowej.</b></p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                                                                                              |
| 15. | <p>Treści programowe</p> <p><b>1. Energia:</b><br/>definicja energii; własności i rodzaje energii; sprawność; jednostki energii; źródła energii.</p> <p><b>2. Wybrane zagadnienia z fizyki jądrowej:</b><br/>historia odkryć; modele budowy atomu; modele budowy jądra atomowego; stabilność jąder atomowych; defekt masy; energia wiązania jądra; przemiany <math>\alpha</math>, <math>\beta</math>, <math>\gamma</math>; prawo rozpadu promieniotwórczego; aktywność promieniotwórcza; oddziaływanie neutronów z materią.</p> <p><b>3. Model standardowy:</b><br/>cztery fundamentalne oddziaływania i ich nośniki: bozony, leptony, hadrony, kwarki; struktura kwarkowa mezonów i barionów.</p> <p><b>4. Reakcje jądrowe:</b><br/>historia badań; samoistne i wymuszone rozszczepienie jądrowe; warunki na samoistne rozszczepienie jądra atomowego; reakcja łańcuchowa; warunki reakcji łańcuchowej; współczynnik powielenia neutronowego; produkcja paliwa jądrowego; sposoby wzbogacania uranu; synteza jądrowa; warunki potrzebne do uzyskania syntezy jądrowej; skład chemiczny naszego Wszechświata i jego pochodzenie; pierwotna nukleosynteza; produkcja ciężkich pierwiastków.</p> <p><b>5. Reaktory jądrowe:</b><br/>historia reaktorów; naturalny reaktor jądrowy; klasyfikacja i główne typy reaktorów; budowa reaktorów I, II, III i IV generacji; reakcje powielające, reaktory torowe; sposoby kontrolowania reakcji wewnątrz rdzenia reaktora; neutrony natychmiastowe i opóźnione.</p> <p><b>6. Reaktory termojądrowe:</b><br/>sposoby uzyskania kontrolowanej reakcji termojądrowej (metoda grawitacyjna, metoda magnetyczna, metoda elektrostatyczna, metoda inercyjna); własności plazmy; reaktory typu: tokamak, stellarator, fuzor, polywell; warunki inercyjnego sposobu uzyskania kontrolowanej reakcji termojądrowej; sznur plazmowy; Z-pinch; Theta-pinch; sposoby grzania plazmy; kryterium Lawsona; parametr fuzji (PF); obecnie działające i budowane eksperymentalne reaktory termojądrowe na świecie.</p> <p><b>7. Problemy energetyki jądrowej:</b><br/>światowe bezpieczeństwo; rozprzestrzenianie się broni jądrowej a rozwój energetyki jądrowej; składowanie/utylizacja odpadów promieniotwórczych i sposoby jego rozwiązania; wypadki/awarie jądrowe.</p> |                                                                                                                                                              |
| 16. | <p>Zakładane efekty uczenia się</p> <p><b>Student zna i rozumie podstawowe pojęcia związane z energetyką jądrową, potrafi przedstawić rodzaje podstawowych typów reaktorów stosowanych w energetyce i wie, jakie są zasady ich działania. Zna cykl paliwowy w energetyce jądrowej. Posiada wiedzę na temat bezpiecznej pracy elektrowni jądrowej oraz nowych rozwiązań w energetyce jądrowej. Rozumie pojęcie bezpieczeństwa i skażenia promieniotwórczego, odpadów jądrowych, ich transportu i przechowywania oraz wpływu na środowisko.</b></p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | <p>Symbole odpowiednich kierunkowych efektów uczenia się:</p> <p><b>F2_W01, F2_W09</b></p> <p><b>F2_U01, F2_U03</b></p> <p><b>F2_K01, F2_K05, F2_K06</b></p> |

|     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                       |
|-----|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|
| 17. | <p>Literatura obowiązkowa i zalecana (<i>źródła, opracowania, podręczniki itp.</i>)</p> <p><b>Materiały dostarczane bieżąco przez wykładowcę;</b></p> <p><b>Literatura zalecana:</b></p> <p><b>podręczniki</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Strzałkowski, Wstęp do fizyki jądrowej, PWN, 1979.</li> <li>2. Z. Celiński, Energetyka jądrowa, PWN, Warszawa 1991.</li> <li>3. Encyklopedia Techniki, Energia Jądrowa, 1970.</li> <li>4. G. E. Pustowałow, Fizyka atomowa i Jądrowa, 1972.</li> <li>5. W. Szymański, Chemia jądrowa, PWN, Warszawa 1996.</li> <li>6. Sobkowski i M. Jelińska-Kaźmierczuk, Chemia jądrowa, Wydawnictwo Adamantan, Warszawa 2006.</li> <li>7. A. Sokołowska, B. Gostkowska, Promieniowanie jonizujące a człowiek i środowisko</li> <li>8. M. Kiełkiewicz, Teoria reaktorów jądrowych, W-wa, PWN, 1957.</li> <li>9. J. Kubowski, Nowoczesne elektrownie jądrowe, WNT, Warszawa, 2010.</li> <li>10. G. Akerman, Eksploatacja elektrowni jądrowych. WNT, Warszawa, 1987.</li> <li>11. A. Strupczewski, Awarie reaktorowe a bezpieczeństwo energetyki jądrowej. WNT, Warszawa, 1990.</li> </ol> <p><b>źródła internetowe:</b></p> <p><a href="http://ncbj.edu.pl/materialy-edukacyjne/materialy-dla-studentow">http://ncbj.edu.pl/materialy-edukacyjne/materialy-dla-studentow</a><br/> <a href="http://ncbj.edu.pl/energia-jadrowa-i-jej-zastosowania">http://ncbj.edu.pl/energia-jadrowa-i-jej-zastosowania</a><br/> <a href="http://nuclear.pl/index.php#edukacja">http://nuclear.pl/index.php#edukacja</a><br/> <a href="http://atom.edu.pl/">http://atom.edu.pl/</a><br/> <a href="http://kierunekenergetyka.pl/">http://kierunekenergetyka.pl/</a><br/> <a href="http://swiadomieoatomie.pl/">http://swiadomieoatomie.pl/</a></p> |                                                       |
| 18. | <p>Metody weryfikacji zakładanych efektów uczenia się:</p> <p>Wykład: <b>egzamin ustny oceniający znajomość treści wykładu; warunkiem przystąpienia do egzaminu jest zaliczenie konwersatorium.</b></p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                                       |
| 19. | <p>Warunki i forma zaliczenia poszczególnych komponentów przedmiotu/modułu:</p> <p>Konwersatorium: <b>ocena znajomości zagadnień przedstawionych na wykładzie oraz umiejętności rozwiązywania stosownych zadań przy tablicy i na sprawdzianach pisemnych, a także aktywności studentów podczas zajęć.</b></p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                       |
| 20. | 20. Nakład pracy studenta/doktoranta                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                       |
|     | forma działań studenta/doktoranta                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | liczba godzin na realizację działań                   |
|     | Zajęcia (wg planu studiów) z prowadzącym:<br>- wykład:<br>- konwersatorium:                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | <b>30 godz.</b><br><b>30 godz.</b>                    |
|     | Praca własna studenta, doktoranta (w tym udział w pracach grupowych):<br>- przygotowanie do zajęć:<br>- czytanie wskazanej literatury:<br>- przygotowanie do sprawdzianów i egzaminu:                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | <b>30 godz.</b><br><b>30 godz.</b><br><b>30 godz.</b> |
|     | Łączna liczba godzin                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | <b>150 godz.</b>                                      |
|     | Liczba punktów ECTS                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | <b>6</b>                                              |

