

**PROGRAM STUDIÓW DOKTORANCKICH W RAMACH PROJEKTU
„Radiofarmaceutyki dla ukierunkowanej molekularnie diagnostyki i terapii
medycznej” RadFarm
(POWR.03.02.00-00-1009/17)**

1. Doktorant uczestniczy w seminariach naukowych. Seminaria są zaliczane w danym roku akademickim, po zakończeniu zajęć w semestrze letnim. Podstawą zaliczenia jest obecność na seminariach (udokumentowana podpisami doktoranta na liście obecności).
2. Otwarcie przewodu doktorskiego odbywa się na zasadach obowiązujących w jednostce prowadzącej przewód doktorski.
3. Doktorant uczestniczy w szkołach letnich. Szkoły letnie organizowane są po I, II i III roku studiów doktoranckich. W trakcie wykładów doktorant zdobywa wiedzę na zaawansowanym poziomie dotyczącą najnowszych osiągnięć nauki w obszarach pokrewnych do obszaru prowadzonych badań naukowych.
4. Doktorant jest zobowiązany do aktywnego uczestnictwa w sesjach sprawozdawczych odbywających się jeden raz w roku na koniec roku kalendarzowego, na których będzie prezentował w formie wykładu lub plakatu wyniki dotyczące realizacji swojej pracy doktorskiej. Wystąpienie jest oceniane przez komisję wyznaczoną przez Kierownika Studiów Doktoranckich.
5. Rozpoczynając pracę naukową doktorant uczestniczy w ćwiczeniach Laboratoryjnych w ramach Pracowni Doktoranckiej. Są to zajęcia o charakterze indywidualnym, umożliwiające doktorantowi wdrożenie się do korzystania z aparatury, której będzie używał w trakcie realizowania swojej pracy doktorskiej.
6. Doktorant realizuje pracę naukową w ramach tematu naukowego, do którego został zakwalifikowany w wyniku rekrutacji zgodnie z listą, pod opieką dwóch badaczy, z których przynajmniej jeden musi być samodzielnym pracownikiem naukowym. Doktorant na bieżąco konsultuje wyniki swoich prac z opiekunem, przedstawia wyniki swoich badań w postaci semestralnych sprawozdań w formie raportu pisemnego. Doktorant zdobywa wiedzę na zaawansowanym poziomie o charakterze szczegółowym, odpowiadającą obszarowi prowadzonych badań naukowych, obejmującą najnowsze osiągnięcia nauki oraz rozwija umiejętności związane z metodyką i metodologią prowadzenia badań naukowych.
7. Doktorant Interdyscyplinarnych Studiów Doktoranckich zobowiązany jest do uczęszczania na wykłady zaproszonych w ramach projektu wykładowców oraz na zajęcia według następującego planu zajęć:

I semestr

Wykłady

- Wybrane zagadnienia chemii jądrowej, prof. dr hab. A. Bilewicz/prof. dr hab. K. Bobrowski (IChTJ) - 30 h, 2 ECTS. Wykład obowiązkowy.

Rozpad jądra atomowego, reakcje jądrowe. Prawa rozpadu promieniotwórczego.

Radionuklidy w środowisku. Radiopierwiastki, aktynowce, transaktynowce. Wpływ efektu relatywistycznego na własności pierwiastków. Chemiczne aspekty energetyki jądrowej.

Jądrowe metody analityczne. Zastosowanie radionuklidów w przemyśle, biologii i medycynie. Podstawowe zagadnienia chemii radiacyjnej roztworów i ciała stałego.

- Radiobiologia – prof. dr hab. M. Kruszewski (IChTJ) - 15 h, 1 ECTS. Wykład obowiązkowy.
Budowa komórki i struktur subkomórkowych. Mechanizmami oddziaływania promieniowania jonizującego na układy biologiczne ze szczególnym uwzględnieniem organizmu człowieka. Promieniowanie o niskich i wysokich wartościach LET – różnice w mechanizmach działania i skutkach biologicznych. Przedstawienie aktualnej wiedzy na temat skutków działania promieniowania jonizującego na białeczki, struktury subkomórkowe, komórki, tkanki i organizmy.
Skutki stochastyczne i deterministyczne. Metody oceny skutków działania promieniowania na organizm człowieka. Pośrednie mechanizmy działania promieniowania – efekt widza, odpowiedź adaptacyjna.

- Dydaktyka szkoły wyższej (UW) – 15 godzin, 5 ECTS. Wykład obowiązkowy

- Szkolenie z kompetencji cyfrowych (UW), 10 h, 1 ECTS. Szkolenie obowiązkowe.
Szkolenie z elementami statystyki/chemometrii/analizy wyników, poświęcone również na oprogramowanie prezentacyjne, wspomagające realizację projektów naukowych, nowoczesne metody komunikacji

Ćwiczenia w semestrze I

Pracownia Chemii Jądrowej (IChTJ) – 60h ćwiczeń, 4 ECTS. Zajęcia obowiązkowe.

II semestr

Wykłady

- Podstawy radiofarmacji – dr hab. inż. R. Mikołajczak (NCBJ) dr Marcin Konior (NCBJ), dr Justyna-Pijarowska-Kruszyńska (NCBJ), dr Urszula Karczmarczyk (NCBJ), dr Krzysztof Kasprzak (Uniwersytet w Toruniu) - 30 h, 2 ECTS. Wykład obowiązkowy.

Otrzymywanie izotopów promieniotwórczych w reaktorach jądrowych i w cyklotronach, materiały tarczowe i ich przerób, metody rozdzielcze, charakterystyka fizyczna i chemiczna, wybór metody wytwarzania a aktywność właściwa, potencjalne zanieczyszczenia radionuklidowe, chemiczne i radiochemiczne i ich wpływ na możliwość zastosowania w aplikacjach medycznych, Postać leku a wytwarzanie radiofarmaceutyków, radiofarmaceutyki „klasyczne” (^{131}I , generatory radionuklidowe, generator $^{99}\text{Mo}/^{99\text{m}}\text{Tc}$ i zestawy do znakowania $^{99\text{m}}\text{Tc}$ itp), radiofarmaceutyki PET, radiofarmaceutyki do terapii, emitery promieniowania beta, alfa, elektronów Auger’a, nowe radiofarmaceutyki do badań klinicznych. Sporządzanie radiofarmaceutyków w placówkach służby zdrowia, zasady dobrej praktyki radiofarmaceutycznej GRMP w świetle przepisów krajowych i zaleceń EANM.

- Diagnostyka i leczenie radioizotopowe (WUM) – prof. dr hab. L. Krolicki, dr hab. J. Kunikowska, dr med. M. Kobylecka, dr med. J. Mączewska, lek med K. Fronczewska, dr inż. A. Bajera, Zakład Medycyny Nuklearnej WUM, 20 h, 1 ECTS. Wykład obowiązkowy.
Celem wykładów będzie zapoznanie uczestników z charakterem badań diagnostycznych i procedur leczniczych w medycynie nuklearnej.

1. przedstawione zostaną podstawowe zasady budowy urządzeń diagnostycznych (gamma-kamery, urządzenia hybrydowe, znaczenie programów do opracowywania badań)

2. kolejne procedury medyczne wraz z biologicznymi mechanizmami gromadzenia się określonych radiofarmaceutyków.
3. wskazania do badań i procedur leczniczych
4. przedstawione zostaną również zasady interpretacji wyników badań obrazowych.

- Postać leku (WUM) - prof. dr hab. M. Małecki, Katedra i Zakład Farmacji Stosowanej i Bioinżynierii - 10 h, 0.5 ECTS. Wykład obowiązkowy.

Systematyka postaci leku, receptura apteczna. Definicje i charakterystyka postaci leku. Preparaty recepturowe. Technologia płynnych postaci leku. Użyteczność terapeutyczna płynnych postaci leku. Technologia półstałych postaci leku: maści, pasty, żele, kremy. Uzyskiwanie i charakterystyka fizykochemiczna półstałych postaci leku - maści, past, żeli, kremów. Podłoża i substancje pomocnicze stosowane w półstałych postaciach leku. Technologia i użyteczność terapeutyczna stałych postaci leku – kapsułki, czopki, tabletki. Budowa i potencjał terapeutyczny stałych postaci leku. Innowacyjne postacie leku w terapii i diagnostyce. Uzyskiwanie i badania *in vitro* i *in vivo* innowacyjnych postaci leków genowych. Transdermalne preparaty terapeutyczne w terapii i diagnostyce.

Ćwiczenia w semestrze II

Pracownia Radiofarmacji (NCBJ) – 40 h, 3 ECTS. Zajęcia obowiązkowe.

Pracownia Medycyny Nuklearnej – 20 h (WUM), 2 ECTS. Zajęcia obowiązkowe.

III semestr

Wykłady

- Główne kierunki rozwoju chemii organicznej (UW), prof. dr hab. Zbigniew Czarnocki - 30 h, 2 ECTS. Wykład obowiązkowy.

Wykład prezentuje główne kierunki rozwoju współczesnej chemii organicznej, ze szczególnym naciskiem na chemię peptydów i białek, syntezę enancjoselektywną, oraz syntezę związków farmakologicznie czynnych. Wykład porusza też wybrane aspekty chemii strukturalnej związków organicznych.

- Główne kierunki rozwoju chemii nieorganicznej (UW), prof. dr hab. Zbigniew Stojek – 30h, 2 ECTS. Wykład obowiązkowy.

Wykład prezentuje główne kierunki rozwoju współczesnej chemii nieorganicznej, włączając w to chemię ciała stałego i syntezę nieorganiczną, a także elementy elektrochemii. Omówione też zostaną wybrane zagadnienia z dziedziny chemii bioinorganicznej.

Ćwiczenia w semestrze III

Pracownia Chemii Nieorganicznej i Analitycznej - 60 h ćwiczeń (UW), 4 ECTS. Zajęcia obowiązkowe.

IV semestr

Wykłady

- Kontrola jakości produktów radiofarmaceutycznych (NCBJ) – dr hab. P. Garnuszek, dr hab. Ryszard Broda, mgr Michał Korytkowski, 30h, 2 ECTS. Wykład obowiązkowy.

Wymagania jakościowe, wymagania farmakopealne, metody fizyko-chemiczne, metody biologiczne, wprowadzenie do Farmakopei: monografie ogólne postaci leków, metody

badania, preparaty radiofarmaceutyczne, monografie szczegółowe preparatów radiofarmaceutycznych.

Czystość chemiczna i radiochemiczna (metody kolorymetryczne, chromatografia bibułowa, cienkowarstwowa, elektroforeza, ekstrakcja i metody HPLC).

Metody biologiczne kontroli radiofarmaceutyków: jałowość, endotoksyny bakteryjne, badania biodystrybucji. Weryfikacja i walidacja metod analitycznych kontroli jakości *radiofarmaceutyków*. Pomiary aktywności radionuklidów – wybrane zagadnienia (zjawiska podstawowe, rodzaje detektorów, źródła promieniotwórcze, bezwzględne i względne metody pomiarów radioaktywności).

- Wymagania dokumentacji rejestracyjnej dla produktów radiofarmaceutycznych i nowych radiofarmaceutyków do badań klinicznych, badania przedkliniczne (NCBJ) - Dr hab. Piotr Garnuszek, mgr Jadwiga Gorczyca, dr hab. inż. Renata Mikołajczak, 10h, 0.5 ECTS. Wykład obowiązkowy.

Akty prawne: Dyrektywa 2001, Prawo Farmaceutyczne, Dokumentacja rejestracyjna format CTD. Badania przedkliniczne radiofarmaceutyków: metody *in vitro* i *in vivo*: toksyczność, farmakokinetyka, obrazowanie.

- Prawo Farmaceutyczne – dr farm. mgr prawa M. Kubacka (WUM), 10 h, 0.5 ECTS. Wykład obowiązkowy.

Prawo farmaceutyczne w Polsce a prawo UE. Dyrektywy UE, ustawy, rozporządzenia. Podstawowe definicje i przepisy regulujące: produkt leczniczy – RX, OTC, wyrób medyczny, suplement diety – odróżnianie. Odpowiedzialność wytwórcy/podmiotu odpowiedzialnego za produkt leczniczy - w kontekście wytworzenia – dobra praktyka wytwarzania, wprowadzenia do obrotu – procedury oraz dokumentacja, monitorowanie bezpieczeństwa. Obrót produktami leczniczymi – dobra praktyka dystrybucyjna, import równoległy. Produkt leczniczy oryginalny a generyczny. Badania kliniczne. Odpowiedzialność prawna sponsora i badacza. Prawa uczestnika badania – pełnoletniego i małoletniego. Fałszowanie produktów leczniczych.. Współpraca osób wykonujących zawody medyczne z policją, służbą celną i organami administracji państwowej. Autentyfikacja produktów leczniczych. Kompetencje wybranych organów administracji publicznej: Urząd Rejestracji Produktów Leczniczych, Wyrobów Medycznych i Produktów Biobójczych, Inspekcja Farmaceutyczna, Inspekcja Sanitarna.

- Paradygmat Nanotoksykologii. Od Toksykologii Mechanistycznej Do Toksykologii Regulacyjnej (WUM) - prof. dr hab. I. P. Grudziński, 10 h, 0,5 ECTS. Wykład obowiązkowy.

Paradygmat nanotoksykologii. Nanomateriały – definicje, klasyfikacje i charakterystyki. Nanomedycyna, nanobiotechnologia, nanotoksykologia. Bezpieczeństwo nanomateriałów: propozycje EMA, RIVM, OECD, FDA, EPA, NIOHS, OSHA. Paradygmaty „nano-tox” - głos świata nauki. Nanoetyka. Od toksykologii mechanistycznej do toksykologii regulacyjnej. Innowacyjność w badaniach przedklinicznych. Bezpieczeństwo innowacyjnych leków w badaniach przedklinicznych. Toksykologia mechanistyczna. Toksykologia opisowa. Toksykologia regulacyjna.

Ćwiczenia w semestrze IV

Pracownia Kontroli Jakości Radiofarmaceutyków (NCBJ) - 50h ćwiczeń, 3 ECTS. Zajęcia fakultatywne.

V semestr

Wykłady

- **Wybrane aspekty chemii koordynacyjnej (IChTJ) - dr Krzysztof Łyczko, 30 h, 2 ECTS.**

Wykład fakultatywny.

Wykład ma na celu omówienie podstawowych aspektów tej dziedziny chemii, ze szczególnym uwzględnieniem budowy związków koordynacyjnych. Przedstawione zostaną zagadnienia dotyczące nomenklatury, geometrii i izomerii, teorie wiązań chemicznych (m.in. teoria orbitali molekularnych oraz teoria pola krystalicznego) oraz symetrii i budowy elektronowej w tej grupie związków chemicznych. Omówione będą ponadto wybrane właściwości związków koordynacyjnych, zagadnienia związane z ich trwałością oraz metody badania kompleksów metali. Zaprezentowane zostanie również znaczenie tego typu związków w biologii, medycynie i przemyśle. Znaczna część wykładu zostanie poświęcona cyklicznym i acyklicznym ligandom stosowanym do związania radionuklidów z cząsteczkami biologicznie aktywnymi.

- **Introduction to high-performance computing (NCBJ) - dr Sławomir Potemski, 20 h, 1 ECTS. Wykład fakultatywny.**

Course on the computational techniques specific for the massive data processing on high-performance computing infrastructure, suitable for efficient solving of computationally demanding problems, e.g. simulation of the molecular dynamics for drug design, big data processing, reconstruction of images from medical scanning detectors; multithreading and parallelization of jobs on multi-processor clusters in the single-data - multiple-process scheme; multitasking in the single-process - multiple-data scheme; designing efficient processing schemes; debugging parallel tasks; introduction to distributed computing.

- **Statistical and artificial intelligence methods in data analysis (NCBJ) - dr Wojciech Krzemień, 20 h, 1 ECTS. Wykład fakultatywny.**

Presentation and working knowledge of basic modern methods, algorithms and tools of data analysis, including implementations in Python and exercises; statistical inference and hypotheses testing; estimation; statistical bootstrap; neural networks; event classification; hypotheses discrimination; unsupervised and supervised learning; decision trees; k nearest neighbours; compress sensing; Boltzmann machines.

- **Obliczenia kwantowochemiczne - energia, struktura, widma (UW) - dr hab. Magdalena Pecul-Kudelska, Wydział Chemii UW, 30 h bez ćwiczeń, 2 ECTS. Wykład fakultatywny.**

Przedmiot ma za zadanie zapoznać studentów z podstawami teoretycznymi i praktyką obliczeń kwantowochemicznych. Ze względu na specyfikę studiów, szczególny nacisk będzie położony na zagadnienia związane z uwzględnieniem efektów relatywistycznych (dla ciężkich atomów), efektów konformacyjnych oraz rozpuszczalnikowych. Słuchacze zostaną też zaznajomieni ze sposobami modelowania widm molekularnych, w szczególności tych mających znaczenie w badaniach strukturalnych (widma oscylacyjne, dichroizm kołowy, widma rezonansów magnetycznych).

VI semestr

Wykłady

- **Dozymetria i fizyka medyczna w radioterapii protonowej (IFJ PAN) - prof. P. Olko, 5 h, 0.5ECTS. Wykład fakultatywny.**

Wykład obejmie fizykę oddziaływania protonów z materią, oddziaływanie protonów z systemami biologicznymi, technikę akceleracji i prowadzenia wiązki protonowej, sposoby formowania wiązki dla celów terapeutycznych, metody monitorowania wiązki protonowej, podstawy mikrodozymetrii, metody dozymetrii referencyjnej i względnej stosowane w radioterapii protonowej.

- **Radioterapia - dr hab. A. Wysocka-Rabin (NCBJ), dr hab. W. Bulski (CO), 5 h, 0.5 ECTS. Wykład fakultatywny.**

Podstawowe pojęcia używane w radioterapii, metody obliczania rozkładu dawki, zasady planowania leczenia, radioterapia konformalna, radioterapia wiązką o modulowanej intensywności (IMRT), radioterapia stereotaktyczna (SRS), radioterapia hadronowa (protony, ciężkie jony), brachyterapia-źródła radioaktywne stosowane w brachyterapii, techniki brachyterapii, brachyterapia nowotworów gałki ocznej i brachyterapia śródnaczyniowa.

Szkolenie z kompetencji miękkich - mgr Stefan Bulaszewski (NCBJ), 16 h, 1 ECTS. Szkolenie obowiązkowe

Sesja szkoleniowa w zakresie m.in. kierowania zespołem (cechy dobrego lidera), pracy w zespole, IWA (Impact Without Authority) - wywieranie wpływu, zapraszanie do współpracy bez formalnej władzy oraz tworzenie CV i listu motywacyjnego.

Podsumowanie

Rok:	1	2	3	4	Suma
Dydaktyka Szkoły Wyższej (15h, wykład)	5 ECTS				5
Szkolenie z kompetencji cyfrowych (10h)	1 ECTS				1
Wybrane zagadnienia chemii jądrowej (30h, wykład)	2 ECTS				2
Radiobiologia (15h, wykład)	1 ECTS				1
Pracownia Chemii Jądrowej (60h, ćwiczenia)	4 ECTS				4
Podstawy Radiofarmacji (30h, wykład)	2 ECTS				2
Diagnostyka i leczenie radioizotopowe (20h, wykład)	1 ECTS				1
Postać leku (10h, wykład)	0.5 ECTS				0,5
Pracownia Radiofarmacji (40h, ćwiczenia)	3 ECTS				3
Pracownia Medycyny Nuklearnej (20h, ćwiczenia)	2 ECTS				2
Główne kierunki rozwoju chemii organicznej (30h, wykład)		2 ECTS			2

Główne kierunki rozwoju chemii nieorganicznej (30h, wykład)		2 ECTS			2
Pracownia Chemii Nieorganicznej i Analitycznej (60h, ćwiczenia)		4 ECTS			4
Kontrola jakości produktów radiofarmaceutycznych (30h, wykład)		2 ECTS			2
Wymagania dokumentacji rejestracyjnej dla produktów radiofarmaceutycznych i nowych radiofarmaceutyków do badań klinicznych, badania przedkliniczne (10h, wykład)		0.5 ECTS			0,5
Prawo Farmaceutyczne (10h, wykład)		0.5 ECTS			0,5
Paradygmat Nanotoksykologii. Od Toksykologii Mechanistycznej Do Toksykologii Regulacyjnej (10h, wykład)		0.5 ECTS			0,5
Szkolenie z kompetencji miękkich (16h)			1 ECTS		1
Pracownia Kontroli Jakości Radiofarmaceutyków (50h, ćwiczenia)*		3 ECTS			6
Wybrane aspekty chemii koordynacyjnej (30h, wykład)*			2 ECTS		
Introduction to high-performance computing (20h, wykład)*			1 ECTS		
Statistical and artificial intelligence methods in data analysis (20h, wykład)*			1 ECTS		
Obliczenia kwantowochemiczne - energia, struktura, widma (30h, wykład)*			2 ECTS		
Dozymetria i fizyka medyczna w radioterapii protonowej (5h, wykład)*			0.5 ECTS		
Radioterapia (5h, wykład)*			0.5 ECTS		
Praktyki dydaktyczne (4x10h)	0.5 ECTS	0.5 ECTS	0.5 ECTS	0.5 ECTS	2
				Suma:	42 ECTS

* Przedmioty fakultatywne. Łączna liczba punktów ECTS do realizacji wynosi 6.

**Wykaz imienny profesorów zaangażowanych
w STUDIA DOKTORANCKIE W RAMACH PROJEKTU
„Radiofarmaceutyki dla ukierunkowanej molekularnie diagnostyki i terapii medycznej”
RadFarm
(POWR.03.02.00-00-1009/17)**

Narodowe Centrum Badań Jądrowych

1. dr hab. Ryszard Broda - wykładowca
2. dr hab. Piotr Garnuszek - wykładowca
3. dr hab. inż. Renata Mikołajczak – wykładowca (kierownik projektu RadFarm)
4. dr hab. Anna Wysocka-Rabin - wykładowca
5. prof. dr hab. Paweł Olko, IFJ PAN - wykładowca
6. dr hab. Wojciech Bulski, Centrum Onkologii - wykładowca

Instytut Chemii i Techniki Jądrowej

1. Prof. dr hab. Marcin Kruszewski - wykładowca
2. Prof. dr hab. Aleksander Bilewicz - wykładowca

Wydział Chemii Uniwersytetu Warszawskiego

1. Prof. dr hab. Zbigniew Czarnocki – wykładowca
2. Prof. dr hab. Zbigniew Stojek – wykładowca
3. dr hab. Magdalena Pelcu-Kudelska, prof. UW – wykładowca
4. Prof. dr hab. Michał K. Cyrański (kierownik Studiów Doktoranckich RadFarm)

Wydział Farmaceutyczny Warszawskiego Uniwersytetu Medycznego

1. Prof. dr hab. Maciej Małecki – wykładowca
2. Prof. dr hab. Leszek Krolicki – wykładowca
3. dr hab. J. Kunikowska – wykładowca
4. Prof. dr hab. Ireneusz P. Grudziński – wykładowca

Efekty kształcenia

Nazwa kierunku studiów: „Radiofarmaceutyki dla ukierunkowanej molekularnie diagnostyki i terapii medycznej” RadFarm Poziom kształcenia: III stopień Profil kształcenia: ogólnoakademicki	
Symbol kierunkowych efektów kształcenia	EFEKTY KSZTAŁCENIA
WIEDZA	
K_W01	Posiada zaawansowaną wiedzę – w stopniu umożliwiającym rewizję istniejących pojęć i teorii – w zakresie najważniejszych koncepcji, zasad i teorii chemii/fizyki/nauk farmaceutycznych, a także ich historycznego rozwoju i znaczenia dla nauk ścisłych oraz nauk o zdrowiu, zna i rozumie główne trendy rozwojowe swojej dyscypliny naukowej.
K_W02	Posiada szczegółową wiedzę w zakresie najnowszych światowych osiągnięć w zakresie swojej, wybranej specjalizacji naukowej na poziomie aktualnych publikacji w czołowych specjalistycznych czasopismach naukowych.
K_W03	Zna specjalistyczną metodologię technik stosowanych w jego dziedzinie w stopniu pozwalającym na samodzielne rozwiązywanie problemów badawczych.
K_W04	Ma zaawansowaną znajomość słownictwa fachowego w swojej dziedzinie w języku ojczystym i angielskim.
K_W05	Ma wiedzę na temat pozyskiwania funduszy na prowadzenie badań naukowych i tworzenia projektów badawczych: projektów naukowo-badawczych, badawczo-rozwojowych i dydaktyczno-naukowych, oraz podstawową wiedzę dotyczącą transferu wiedzy i komercjalizacji wyników badań.
K_W06	Ma podstawową wiedzę o etycznych, prawnych i ekonomicznych uwarunkowaniach działalności badawczej i pracy badacza, zna metody oceny publikacji naukowych, projektów badawczych oraz zna zasady finansowania badań naukowych.
K_W07	Zna zasady bezpieczeństwa i higieny pracy w stopniu zadowalającym na samodzielną organizację indywidualnej i zespołowej pracy w pracowni naukowej.
K_W08	Posiada wiedzę z zakresu dydaktyki szkoły wyższej, wykazuje zrozumienie społeczno-zawodowej roli nauczyciela akademickiego, zna nowoczesne koncepcje, metody i narzędzia organizowania i prowadzenia zajęć dydaktycznych na poziomie akademickim.
UMIEJĘTNOŚCI	
K_U01	Rozumie i potrafi krytycznie ocenić prace i najnowsze osiągnięcia w swojej dziedzinie.

K_U02	Potrafi wykorzystywać wiedzę z różnych dziedzin nauki do twórczego identyfikowania, formułowania i rozwiązywania złożonych problemów oraz wykonywania zadań o charakterze badawczym, a w szczególności: - definiować cel i przedmiot badań, formułować hipotezę naukową; - rozwijać metody, techniki i narzędzia badawcze, oraz twórczo je stosować; - wnioskować na podstawie wyników badań.
K_U03	Potrafi samodzielnie sformułować problem badawczy oraz zaproponować i wykonać badania zmierzające do jego rozwiązania, a także rozwijać niezbędne metody, techniki i narzędzia.
K_U04	Potrafi krytycznie odnieść własne wyniki do wyników innych badaczy, wyjaśnić powstałe różnice oraz ocenić znaczenie i jakość uzyskanych rezultatów. Potrafi, dokonywać krytycznej analizy i oceny rezultatów badań, działalności eksperckiej i innych prac o charakterze twórczym i ich wkładu w rozwój nauki.
K_U05	Potrafi przedstawić wyniki badań w formie publikacji w czasopiśmie naukowym, przygotować dysertację zawierającą przedstawienie aktualnego stanu światowej wiedzy w tematyce bliskiej tematyce doktorskiej oraz uzasadnić podjęcie problemu badawczego i przyjętej metodologii.
K_U06	Wykazuje umiejętność samodzielnego posługiwania się nowoczesnymi technikami badawczymi stosowanymi w uprawianej specjalizacji oraz potrafi zinterpretować rezultaty otrzymane tymi technikami.
K_U07	Posiada umiejętność stosowania odpowiedniego oprogramowania komputerowego oraz korzystania z dostępnych baz dla potrzeb pracy badawczej.
K_U08	Posługuje się językiem ojczystym i angielskim w stopniu umożliwiającym uczestnictwo w międzynarodowym środowisku naukowym i zawodowym, w szczególności pisanie artykułów do międzynarodowych czasopism oraz wygłaszanie referatów na międzynarodowych konferencjach. W związku z udziałem w konferencjach, seminariach, warsztatach itp. w kraju i za granicą potrafi nawiązywać kontakty służące wymianie doświadczeń i idei.
K_U09	Potrafi samodzielnie przygotować i wykonać projekty badawcze oraz pozyskiwać fundusze krajowe i zagraniczne na realizację projektu. potrafi przygotować wniosek o finansowanie projektu badawczego. Potrafi planować i realizować indywidualne i zespołowe przedsięwzięcie badawcze, także w środowisku międzynarodowym.
K_U010	Wykazuje umiejętność inicjowania debaty naukowej oraz przekazywania wiedzy i dyskusji na poziomie popularnym i podstawowym akademickim, w języku ojczystym i angielskim. Potrafi upowszechniać wyniki badań w szczególności w formie publikacji naukowych, także w formach popularnych.
K_U011	Wykazuje chęć stałego zawodowego i naukowego rozwoju osobistego, rozwijania swojej dyscypliny badawczej, nadążania za rozwojem swojej dziedziny w szczególności, a nauk przyrodniczych w ogólności. Potrafi samodzielnie działać na rzecz własnego rozwoju oraz inspirować i organizować rozwój innych osób.
K_U012	Posiada umiejętność organizowania i prowadzenia kształcenia na studiach

	pierwszego i drugiego stopnia.
KOMPETENCJE SPOŁECZNE	
K_K01	Potrafi pracować indywidualnie i w zespole badawczym, także międzynarodowym oraz posiada umiejętność merytorycznego i administracyjnego kierowania jednostkami i zespołami naukowo-badawczymi, badawczo-rozwojowymi, dydaktyczno-naukowymi.
K_K02	Zna i stosuje zasady etyki pracy naukowej, jest gotów do krytycznej oceny dorobku w swojej dyscyplinie naukowej i własnego wkładu w rozwój tej dyscypliny oraz postępuje z dobrymi obyczajami akademickimi.
K_K03	Wykazuje odpowiedzialność za bezpieczeństwo i organizację odpowiednich warunków pracy, również w tworzonych nowych miejscach pracy.
K_K04	Jest gotów do wypełniania zobowiązań społecznych badaczy, a także inicjowania działań na rzecz interesu publicznego, m.in. przez przekazywanie społeczeństwu we właściwy sposób informacji i opinii dotyczących osiągnięć nauki, zaangażowanie się w kształcenie specjalistów i inne działania prowadzące do rozwoju społeczeństwa obywatelskiego opartego na wiedzy.
K_K05	Przejawia inicjatywę w określaniu nowych obszarów badań.
K_K06	Nieustannie kształtuje w sobie krytyczną, autonomiczną i twórczą postawę wobec zawodu nauczyciela akademickiego.
K_K07	Potrafi myśleć i działać w sposób przedsiębiorczy, kreować nowe idee i poszukiwania – we współdziałaniu z osobami reprezentującymi inne dyscypliny – innowacyjnych rozwiązań, podejmowania wyzwań i ryzyka intelektualnego w sferze naukowej i publicznej oraz ponoszenia odpowiedzialności za skutki swoich decyzji.
K_K08	Jest gotów do podtrzymania i rozwijania etosu środowisk badawczych i twórczych, w tym: prowadzenia badań w sposób niezależny, z uwzględnieniem istniejących ograniczeń wynikających np. ze względów finansowych lub infrastrukturalnych oraz respektowania zasady publicznej własności wyników badań naukowych z uwzględnieniem zasad ochrony własności intelektualnej.

Matryca realizacji efektów kształcenia

W ramach studiów doktoranckich realizowane są następujące przedmioty:

1. Wykłady obowiązkowe

WO_1. Dydaktyka Szkoły Wyższej

WO_2. Wybrane zagadnienia chemii jądrowej

WO_3. Radiobiologia

WO_4 Podstawy radiofarmacji

WO_5. Diagnostyka i leczenie radioizotopowe

WO_6. Postać leku

WO_7. Główne kierunki rozwoju chemii organicznej

WO_8. Główne kierunki rozwoju chemii nieorganicznej

WO_9. Kontrola jakości produktów radiofarmaceutycznych

WO_10. Wymagania dokumentacji rejestracyjnej dla produktów radiofarmaceutycznych i nowych radiofarmaceutyków do badań klinicznych, badania przedkliniczne

WO_11. Prawo Farmaceutyczne

WO_12. Paradygmat Nanotoksykologii. Od Toksykologii Mechanistycznej Do Toksykologii Regulacyjnej

2. Pracownie obowiązkowe:

PO_1. Pracownia Chemii Jądrowej

PO_2. Pracownia Radiofarmacji

PO_3. Pracownia Medycyny Nuklearnej

PO_4. Pracownia Chemii Nieorganicznej i Analitycznej

PO_5. Szkolenie z kompetencji cyfrowych

PO_6. Szkolenie z kompetencji miękkich

3. Wykłady fakultatywne:

WF_1. Wybrane aspekty chemii koordynacyjnej

WF_2. Introduction to high-performance computing

WF_3. Statistical and artificial intelligence methods in data analysis

WF_4. Obliczenia kwantowochemiczne - energia, struktura, widma

WF_5. Dozymetria i fizyka medyczna w radioterapii protonowej

WF_6. Radioterapia

4. Pracownie fakultatywne:

PF_1. Pracownia Kontroli Jakości Radiofarmaceutyków

5. Praktyki

PD_1. Praktyki dydaktyczne

	wyników badań.														
K_W06	Ma podstawową wiedzę o etycznych, prawnych i ekonomicznych uwarunkowaniach działalności badawczej i pracy badacza, zna metody oceny publikacji naukowych, projektów badawczych oraz zna zasady finansowania badań naukowych.														E, Z
K_W07	Zna zasady bezpieczeństwa i higieny pracy w stopniu zadowalającym na samodzielną organizację indywidualnej i zespołowej pracy w pracowni naukowej.	+	+								+	+			E, Z
K_W08	Posiada wiedzę z zakresu dydaktyki szkoły wyższej, wykazuje zrozumienie społeczno-zawodowej roli nauczyciela akademickiego, zna nowoczesne koncepcje, metody i narzędzia organizowania i prowadzenia zajęć dydaktycznych na poziomie akademickim.				+							+			E, Z
K_U01	Rozumie i potrafi krytycznie ocenić prace i najnowsze osiągnięcia w swojej dziedzinie.	+	+		+					+	+	+			Z
K_U02	Potrafi wykorzystywać wiedzę z różnych dziedzin nauki do twórczego identyfikowania, formułowania i rozwiązywania złożonych problemów oraz wykonywania zadań o charakterze badawczym, a w szczególności: - definiować cel i przedmiot badań, formułować hipotezę naukową; - rozwijać metody, techniki i narzędzia badawcze, oraz twórczo je stosować; - wnioskować na podstawie wyników badań.	+	+	+	+							+	+	+	Z
K_U03	Potrafi samodzielnie sformułować problem badawczy oraz zaproponować i wykonać badania zmierzające do jego rozwiązania, a także rozwijać niezbędne metody, techniki i narzędzia.	+	+	+	+							+	+	+	Z
K_U04	Potrafi krytycznie odnieść własne wyniki do wyników innych badaczy, wyjaśnić powstałe różnice oraz ocenić znaczenie i jakość uzyskanych rezultatów. Potrafi, dokonywać krytycznej analizy i oceny rezultatów badań, działalności eksperckiej i innych prac o charakterze twórczym i ich wkładu w rozwój nauki.												+	+	Z
K_U05	Potrafi przedstawić wyniki badań w formie publikacji w czasopiśmie naukowym, przygotować dysertację zawierającą przedstawienie aktualnego stanu światowej wiedzy w tematyce bliskiej tematyce doktorskiej oraz uzasadnić podjęcie problemu badawczego i przyjętej metodologii.												+	+	Z
K_U06	Wykazuje umiejętność samodzielnego posługiwania się nowoczesnymi technikami badawczymi stosowanymi w uprawianej specjalizacji oraz potrafi zinterpretować rezultaty otrzymane tymi technikami.	+	+	+	+							+	+	+	Z
K_U07	Posiada umiejętność stosowania odpowiedniego oprogramowania	+	+	+	+							+	+	+	Z

	publicznego, m.in. przez przekazywanie społeczeństwu we właściwy sposób informacji i opinii dotyczących osiągnięć nauki, zaangażowanie się w kształcenie specjalistów i inne działania prowadzące do rozwoju społeczeństwa obywatelskiego opartego na wiedzy.															
K_K05	Przejawia inicjatywę w określaniu nowych obszarów badań.			+		+	+	+	+					+	+	Z
K_K06	Nieustannie kształtuje w sobie krytyczną, autonomiczną i twórczą postawę wobec zawodu nauczyciela akademickiego.												+	+	+	Z
K_K07	Potrafi myśleć i działać w sposób przedsiębiorczy, kreować nowe idee i poszukiwania – we współdziałaniu z osobami reprezentującymi inne dyscypliny – innowacyjnych rozwiązań, podejmowania wyzwań i ryzyka intelektualnego w sferze naukowej i publicznej oraz ponoszenia odpowiedzialności za skutki swoich decyzji.	+	+	+	+							+		+		Z
K_K08	Jest gotów do podtrzymania i rozwijania etosu środowisk badawczych i twórczych, w tym: prowadzenia badań w sposób niezależny, z uwzględnieniem istniejących ograniczeń wynikających np. ze względów finansowych lub infrastrukturalnych oraz respektowania zasady publicznej własności wyników badań naukowych z uwzględnieniem zasad ochrony własności intelektualnej.					+								+	+	E, Z
Metody weryfikacji Egzamin (E), zaliczenie (Z)		Z	Z	Z	Z	E	E	E	E	E	E	Z	Z	z	z	

Symbol kierunkowych efektów kształcenia	Efekty kierunkowe	Przedmioty	Metody weryfikacji Egzamin (E), zaliczenie (Z)
		SL_1	
K_W01	Posiada zaawansowaną wiedzę – w stopniu umożliwiającym rewizję istniejących pojęć i teorii – w zakresie najważniejszych koncepcji, zasad i teorii chemii/fizyki/nauk farmaceutycznych, a także ich historycznego rozwoju i znaczenia dla nauk ścisłych oraz nauk o zdrowiu, zna i rozumie główne trendy rozwojowe swojej dyscypliny naukowej.	+	E, Z
K_W02	Posiada szczegółową wiedzę w zakresie najnowszych światowych osiągnięć w zakresie swojej, wybranej specjalizacji naukowej na poziomie aktualnych publikacji w czołowych specjalistycznych czasopiśmie naukowych.	+	E, Z
K_W03	Zna specjalistyczną metodologię technik stosowanych w jego dziedzinie w stopniu pozwalającym na	+	E, Z

	samodzielne rozwiązywanie problemów badawczych.		
K_W04	Ma zaawansowaną znajomość słownictwa fachowego w swojej dziedzinie w języku ojczystym i angielskim.	+	E, Z
K_W05	Ma wiedzę na temat pozyskiwania funduszy na prowadzenie badań naukowych i tworzenia projektów badawczych: projektów naukowo-badawczych, badawczo-rozwojowych i dydaktyczno-naukowych, oraz podstawową wiedzę dotyczącą transferu wiedzy i komercjalizacji wyników badań.		E, Z
K_W06	Ma podstawową wiedzę o etycznych, prawnych i ekonomicznych uwarunkowaniach działalności badawczej i pracy badacza, zna metody oceny publikacji naukowych, projektów badawczych oraz zna zasady finansowania badań naukowych.		E, Z
K_W07	Zna zasady bezpieczeństwa i higieny pracy w stopniu zadowalającym na samodzielną organizację indywidualnej i zespołowej pracy w pracowni naukowej.		E, Z
K_W08	Posiada wiedzę z zakresu dydaktyki szkoły wyższej, wykazuje zrozumienie społeczno-zawodowej roli nauczyciela akademickiego, zna nowoczesne koncepcje, metody i narzędzia organizowania i prowadzenia zajęć dydaktycznych na poziomie akademickim.		E, Z
K_U01	Rozumie i potrafi krytycznie ocenić prace i najnowsze osiągnięcia w swojej dziedzinie.		Z
K_U02	Potrafi wykorzystywać wiedzę z różnych dziedzin nauki do twórczego identyfikowania, formułowania i rozwiązywania złożonych problemów oraz wykonywania zadań o charakterze badawczym, a w szczególności: - definiować cel i przedmiot badań, formułować hipotezę naukową; - rozwijać metody, techniki i narzędzia badawcze, oraz twórczo je stosować; - wnioskować na podstawie wyników badań.	+	Z
K_U03	Potrafi samodzielnie sformułować problem badawczy oraz zaproponować i wykonać badania zmierzające do jego rozwiązania, a także rozwijać niezbędne metody, techniki i narzędzia.	+	Z
K_U04	Potrafi krytycznie odnieść własne wyniki do wyników innych badaczy, wyjaśnić powstałe różnice oraz ocenić znaczenie i jakość uzyskanych rezultatów. Potrafi, dokonywać krytycznej analizy i oceny rezultatów badań, działalności eksperckiej i innych prac o charakterze twórczym i ich wkładu w rozwój nauki.	+	Z
K_U05	Potrafi przedstawić wyniki badań w formie publikacji w czasopiśmie	+	Z

	naukowym, przygotować dysertację zawierającą przedstawienie aktualnego stanu światowej wiedzy w tematyce bliskiej tematyce doktorskiej oraz uzasadnić podjęcie problemu badawczego i przyjęcie metodologii.		
K_U06	Wykazuje umiejętność samodzielnego posługiwania się nowoczesnymi technikami badawczymi stosowanymi w uprawianej specjalizacji oraz potrafi zinterpretować rezultaty otrzymane tymi technikami.	+	Z
K_U07	Posiada umiejętność stosowania odpowiedniego oprogramowania komputerowego oraz korzystania z dostępnych baz dla potrzeb pracy badawczej.	+	Z
K_U08	Posługuje się językiem ojczystym i angielskim w stopniu umożliwiającym uczestnictwo w międzynarodowym środowisku naukowym i zawodowym, w szczególności pisanie artykułów do międzynarodowych czasopism oraz wygłaszanie referatów na międzynarodowych konferencjach. W związku z udziałem w konferencjach, seminariach, warsztatach itp. w kraju i za granicą potrafi nawiązywać kontakty służące wymianie doświadczeń i idei.	+	Z
K_U09	Potrafi samodzielnie przygotować i wykonać projekty badawcze oraz pozyskiwać fundusze krajowe i zagraniczne na realizację projektu, potrafi przygotować wniosek o finansowanie projektu badawczego, Potrafi planować i realizować indywidualne i zespołowe przedsięwzięcie badawcze, także w środowisku międzynarodowym.		Z
K_U010	Wykazuje umiejętność inicjowania debaty naukowej oraz przekazywania wiedzy i dyskusji na poziomie popularnym i podstawowym akademickim, w języku ojczystym i angielskim. Potrafi upowszechniać wyniki badań w szczególności w formie publikacji naukowych, także w formach popularnych.	+	Z
K_U011	Wykazuje chęć stałego zawodowego i naukowego rozwoju osobistego, rozwijania swojej dyscypliny badawczej, nadążania za rozwojem swojej dziedziny w szczególności, a nauk przyrodniczych w ogólności. Potrafi samodzielnie działać na rzecz własnego rozwoju oraz inspirować i organizować rozwój innych osób.	+	Z
K_U012	Posiada umiejętność organizowania i prowadzenia kształcenia na studiach pierwszego i drugiego stopnia.		Z
K_K01	Potrafi pracować indywidualnie i w zespole badawczym, także międzynarodowym oraz posiada umiejętność merytorycznego i administracyjnego kierowania jednostkami i zespołami naukowo-badawczymi, badawczo-rozwojowymi, dydaktyczno-naukowymi.		Z

K_K02	Zna i stosuje zasady etyki pracy naukowej, jest gotów do krytycznej oceny dorobku w swojej dyscyplinie naukowej i własnego wkładu w rozwój tej dyscypliny oraz postępuje z dobrymi obyczajami akademickimi.		Z
K_K03	Wykazuje odpowiedzialność za bezpieczeństwo i organizację odpowiednich warunków pracy, również w tworzonych nowych miejscach pracy.		Z
K_K04	Jest gotów do wypełniania zobowiązań społecznych badaczy, a także inicjowania działań na rzecz interesu publicznego, m.in. przez przekazywanie społeczeństwu we właściwy sposób informacji i opinii dotyczących osiągnięć nauki, zaangażowanie się w kształcenie specjalistów i inne działania prowadzące do rozwoju społeczeństwa obywatelskiego opartego na wiedzy.	+	Z
K_K05	Przejawia inicjatywę w określaniu nowych obszarów badań.	+	Z
K_K06	Nieustannie kształtuje w sobie krytyczną, autonomiczną i twórczą postawę wobec zawodu nauczyciela akademickiego.	+	Z
K_K07	Potrafi myśleć i działać w sposób przedsiębiorczy, kreować nowe idee i poszukiwania – we współdziałaniu z osobami reprezentującymi inne dyscypliny – innowacyjnych rozwiązań, podejmowania wyzwań i ryzyka intelektualnego w sferze naukowej i publicznej oraz ponoszenia odpowiedzialności za skutki swoich decyzji.		Z
K_K08	Jest gotów do podtrzymania i rozwijania etosu środowisk badawczych i twórczych, w tym: prowadzenia badań w sposób niezależny, z uwzględnieniem istniejących ograniczeń wynikających np. ze względów finansowych lub infrastrukturalnych oraz respektowania zasady publicznej własności wyników badań naukowych z uwzględnieniem zasad ochrony własności intelektualnej.	+	E, Z
Metody weryfikacji Egzamin (E), zaliczenie (Z)		z	