

**REGULAMIN INTERDYSCYPLINARNYCH STUDIÓW DOKTORANCKICH W RAMACH PROJEKTU  
– „Radiofarmaceutyki dla ukierunkowanej molekularnie diagnostyki i terapii medycznej”  
RadFarm**

**(POWR.03.02.00-00-1009/17)**

Załącznik nr 2.

**4 letni plan zajęć na Interdyscyplinarnych Studiach Doktoranckich**

**I semestr – IChTJ, UW**

Wykłady

- **Wybrane zagadnienia chemii jądrowej, prof. dr hab. A. Bilewicz/prof. dr hab. K. Bobrowski - 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 - 15 h, 2 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 biocząsteczki, 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 – 15 godzin, 5 ECTS. Wykład obowiązkowy**

Ćwiczenia w semestrze I

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

**II semestr – NCBJ-Świerk, WUM**

Wykłady

**- Podstawy radiofarmacji – dr hab. inż. R. Mikołajczak (NCBJ) - 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” ( $^{131}\text{I}$ , 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, emitory 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 – 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 - 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 – 40 h (NCBJ-Świerk, UW i WUM), 3 ECTS. Zajęcia obowiązkowe.**  
**Pracownia Medycyny Nuklearnej – 20 h (WUM), 2 ECTS. Zajęcia obowiązkowe.**

**III semestr – UW**

Wykłady

**- Główne kierunki rozwoju chemii organicznej, prof. dr hab. Zbigniew Czarnocki - 15 h, 1 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, prof. dr hab. Zbigniew Stojek – 15h , 1 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 – NCBJ, WUM**

#### Wykłady

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

Wymagania jakościowe, wymagania farmakopealne, metody fizyko-chemiczne, metody biologiczne, wprowadzenie do Farmakopei: monografie ogólne postaci leków, metody badań, 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. Pomiar 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 - Dr hab. Piotr Garnuszek, mgr Jadwiga Gorczyca, dr hab. inż. Renata Mikołajczak (NCBJ), 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

lecniczy 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 - prof. dr hab. I. P. Grudziński (WUM), 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 - 60h ćwiczeń (NCBJ-Świerk), 4 ECTS. Zajęcia obowiązkowe.**

**V semestr, IChTJ, NCBJ, UW**

Wykłady

**- Wybrane aspekty chemii koordynacyjnej - dr Krzysztof Łyczko (IChTJ), 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 stosowanych do związania radionuklidów z cząsteczkami biologicznie aktywnymi.

**- Introduction to high-performance computing - dr Sławomir Potemski (NCBJ), 30 h, 2 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 - dr Wojciech Krzemień (NCBJ), 30 h, 2 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" - dr hab. Magdalena Pecul-Kudelska, Wydział Chemii UW, 30 h bez ćwiczeń w UW, 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).

Ćwiczenia w semestrze V (60 h do wyboru)

- **Pracownia metod obrazowania ( 60h ćwiczeń) (UW, WUM, NCBJ), 4 ECTS. Zajęcia fakultatywne.**

- **Pracownia Modelowania molekularnego (60h ćwiczeń) (NCBJ), 4 ECTS. Zajęcia fakultatywne.**

- **Statistical and artificial intelligence methods in data analysis (22 h NCBJ), 2 ECTS. Zajęcia fakultatywne.**

**VI semestr, NCBJ (IFJ PAN, CO)**

Wykłady

- **Dozymetria i fizyka medyczna w radioterapii protonowej - prof. P. Olko, IFJ PAN, 30 h, 2 ECTS. Wykład obowiązkowy.**

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), 30 h, 2 ECTS. Wykład obowiązkowy.**

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.

Ćwiczenia w semestrze VI:

- Pracownia planowania leczenia ( 8 godzin w VI semestrze) Centrum Onkologii., 1 ECTS.  
Zajęcia obowiązkowe.