



Poz. 146

**UCHWAŁA NR 32**  
**RADY DYDAKTYCZNEJ DLA KIERUNKÓW STUDIÓW CHEMIA, CHEMIA**  
**(CHEMISTRY), CHEMIA JĄDROWA I RADIOFARMACEUTYKI, CHEMIA**  
**MEDYCZNA, CHEMIA STOSOWANA, CHEMICZNA ANALIZA INSTRUMENTALNA,**  
**ENERGETYKA I CHEMIA JĄDROWA, REDIOGENOMIKA, ZAAWANSOWANE**  
**METODY INSTRUMENTALNE I TECHNIKI POMIAROWE**

z dnia 22 marca 2021 r.

**w sprawie szczegółowych zasad dyplomowania na kierunku Chemia Jądrowa**  
**i Radiofarmaceutyki organizowanym na Wydziale Chemii**  
**Uniwersytetu Warszawskiego**

Na podstawie § 68 ust. 2 Statutu Uniwersytetu Warszawskiego (Monitor UW z 2019 r. poz. 190) oraz Uchwały nr. 4 Uniwersyteckiej Rady ds. Kształcenia (URK) dotyczących procesu dyplomowania na Uniwersytecie Warszawskim Rada Dydaktyczna Wydziału Chemii postanawia, co następuje:

§ 1

1. Formułuje się szczegółowe zasady dyplomowania na kierunku Chemia Jądrowa i Radiofarmaceutyki organizowanym na Wydziale Chemii Uniwersytetu Warszawskiego.
2. Zasady, o których mowa w ust. 1, stanowią załącznik do uchwały.

§ 2

Uchwała wchodzi w życie z dniem podjęcia.

Przewodnicząca rady dydaktycznej: *B. Krasnodębska-Ostręga*

do uchwały nr 32 rady dydaktycznej dla kierunków studiów chemia, chemia (Chemistry), chemia jądrowa i radiofarmaceutyki, chemia medyczna, chemia stosowana, chemiczna analiza instrumentalna, energetyka i chemia jądrowa, radiogenomika, zaawansowane metody instrumentalne i techniki pomiarowe, z dnia 22 marca 2021 r., w sprawie wytycznych dotyczących procesu dyplomowania na kierunku chemia jądrowa i radiofarmaceutyki organizowanym na Wydziale Chemii Uniwersytetu Warszawskiego

## **SZCZEGÓŁOWE ZASADY DYPLMOWANIA NA KIERUNKU CHEMIA JĄDROWA I RADIOFARMACEUTYKI ORGANIZOWANYM NA WYDZIALE CHEMII UNIwersYTETU WARSZAWSKIEGO**

### **§ 1**

1. Rada Dydaktyczna Wydziału Chemii w drodze uchwały określa szczegółowe zasady procesu dyplomowania na kierunku Chemia Jądrowa i Radiofarmaceutyki składające się z:

- 1). Szczegółowe zasady przygotowywania i oceny prac dyplomowych.
- 2). Szczegółowe zasady przeprowadzania prac dyplomowych - postanowienia ogólne.
- 3). Szczegółowe zasady przeprowadzania prac dyplomowych na studiach pierwszego stopnia.
- 4). Szczegółowe zasady monitorowania procesu dyplomowania.

### **§ 2**

1. Szczegółowe zasady przygotowania i oceny pracy dyplomowej.

- 1). Pracę dyplomową składa się w formie papierowej w trzech egzemplarzach.
- 2). Praca dyplomowa powinna zawierać następujące elementy:
  - streszczenie,
  - opis aktualnego stanu wiedzy na dany temat i wyjaśnienie celowości podjęcia danych badań,
  - hipoteza badawcza lub cel pracy,
  - metodyka badań lub część eksperymentalna,
  - omówienie uzyskanych wyników i ich dyskusja,
  - wnioski,
  - spis cytowanej literatury.
- 3). Praca dyplomowa może być napisana w języku angielskim. Wówczas w pracy umieszcza się wymagane odrębnymi przepisami elementy (streszczenie, oświadczenia studenta i kierującego pracą) w języku pracy i w języku polskim.
- 4). Praca dyplomowa oceniana jest zgodnie z wytycznymi Regulaminu Studiów UW (§ 46 ust. 1 i 13) oraz wytycznymi dotyczącymi procesu dyplomowania na Uniwersytecie Warszawskim (URK Uchwała nr 4 § 2 ust. 2 pkt 1 i 2) odpowiednio:
  - dla pracy dyplomowej na studiach pierwszego stopnia tematyka pracy określana jest przez kierującego pracą, tak aby przygotować studenta do prowadzenia badań naukowych. Prowadzone badania powinny być zgodne z aktualnym stanem wiedzy, a praca może mieć charakter odtwórczy w oparciu o opublikowane dane lub patenty. Wówczas opisuje się metodykę badań zaprezentowanych w cytowanej literaturze i własne wyniki.
- 5). Recenzja pracy dyplomowej musi zawierać następujące elementy: imię i nazwisko autora, tytuł, imię i nazwisko kierującego lub recenzenta pracy, miejsce wykonania pracy, ocenę zgodności treści pracy z tematem określonym w tytule, ocenę formalną pracy (układ pracy, poprawność języka, opanowanie techniki pisanie pracy), ocenę

merytoryczną pracy, sposób wykorzystania pracy (publikacja, materiał źródłowy, itp.), inne uwagi oraz ocenę pracy zgodnie ze skalą ocen określoną w § 34 ust. 2 Regulaminu Studiów na UW. Przy ocenie pracy licencjackiej nie wskazuje się sposobu wykorzystania pracy. Recenzja pracy dyplomowej musi być zatwierdzona i udostępniona studentowi na co najmniej trzy dni przed terminem egzaminu dyplomowego.

6) Zgodnie z Regulaminem UW (§ 46 ust. 6) wspólne przygotowanie pracy dyplomowej przez studentów jest dopuszczane po pozytywnym zaopiniowaniu przez Radę Dydaktyczną Wydziału Chemii wniosku kierującego pracą.

### §3

W celu przeprowadzenia egzaminu dyplomowego w języku angielskim, student składa odpowiedni wniosek równocześnie ze złożeniem pracy dyplomowej.

### §4

1. Szczegółowe zasady przeprowadzania egzaminu dyplomowego na studiach pierwszego stopnia obejmują:

1). Egzamin dyplomowy studiów pierwszego stopnia składa się z:  
części pierwszej:

- krótkiej ustnej prezentacji wyników i treści pracy przez dyplomanta,
- odpowiedzi na co najmniej dwa pytania dotyczące pracy, zadane przez członków komisji egzaminacyjnej,

Części drugiej:

- odpowiedzi na cztery pytania przygotowane przez członków komisji w oparciu o listę zagadnień, po jednym z następujących działów:

- chemii nieorganicznej i analitycznej,
- chemii organicznej i biochemii,
- chemii fizycznej i spektroskopii,
- chemii teoretycznej oraz elementów fizyki jądrowej

2). Na stronie Wydziału Chemii jest udostępniany zakres wymagań do egzaminu dyplomowego na studiach pierwszego stopnia z działów chemii określonych w § 4 ust. 1 pkt. 1). Zakres ten przygotowany jest przez zespół nauczycieli akademickich wskazanych przez KJD i stanowi załącznik nr 2 do uchwały.

3). Komisja egzaminacyjna podczas egzaminu dyplomowego pierwszego stopnia składa się z:

- przewodniczącego (spoza działu chemii określonego podczas składania dokumentów dotyczących wyboru specjalizacji)
- kierującego pracą
- recenzenta
- dwóch członków komisji reprezentujących pozostałe działy chemii.

4). Na wniosek KJD, Rada Dydaktyczna Wydziału Chemii ustala listę nauczycieli akademickich (maksymalnie 5 osób z każdego z działów chemii określonych w § 4 ust. 1 pkt. 1.) spośród których będzie wybieranych dwóch członków komisji, o których mowa w § 4 ust. 3.

5). Komisja ocenia wszystkie części składowe odpowiedzi ustnej łącznie, stosując skalę, o której mowa w § 34 ust. 3 Regulaminu Studiów na UW. Ocena uzyskana z czterech pytań zadanych przez członków komisji w oparciu o listę zagadnień stanowi 50% końcowego wyniku egzaminu dyplomowego studiów pierwszego stopnia.

6). Wynik studiów pierwszego stopnia, o którym mowa w § 52 Regulaminu Studiów na UW, stanowi ocena z pracy (0.2), średnia ocen ze studiów (0.7) oraz ocena z egzaminu dyplomowego (0.1) zaokrąglona do 0,5 przy stosowaniu skali, o której mowa w § 34 ust. 3 Regulaminu Studiów na UW.

7). Z egzaminu dyplomowego sporządza się protokół, jest on formą zapisu przebiegu egzaminu dyplomowego i decyzji komisji o nadaniu tytułu zawodowego.

## **§5**

W celu uzyskania zaliczenia pracowni licencjackiej konieczne jest przedłożenie pracy dyplomowej zaakceptowanej przez kierującego pracą dyplomową.

## **§6**

1. Szczegółowe zasady monitorowania procesu dyplomowania określone są w wytycznych dotyczących procesu dyplomowania na Uniwersytecie Warszawskim (URK Uchwała nr 4 § 4 ).

1) Analiza procesu dyplomowania odbywa się w terminie od 1 października do 31 grudnia każdego roku akademickiego, a dotyczy obron przeprowadzonych do 30 września ubiegłego roku akademickiego.

2) Rada Dydaktyczna Wydziału Chemii powołuje osobę odpowiedzialną za coroczne monitorowanie procesu dyplomowania, w szczególności terminowości udostępniania studentom recenzji prac dyplomowych.

3) Szczegółowej analizie poddawane są losowo wskazane prace dyplomowe (20% bronionych prac dyplomowych) oraz te, w których oceny kierującego pracą oraz recenzenta różnią się o co najmniej 1 stopień. Weryfikowane będą poprawność protokołu, zgodność recenzji z wytycznymi (§ 2 ust. 5) oraz zgodność zadanych pytań z wymaganiami z załącznika 2 lub 3.

4) Protokół z procesu monitorowania dyplomowania zawierający jego ocenę zostaje przedstawiony na styczniowej Radzie Dydaktycznej Wydziału Chemii, po analizie i zaproponowaniu działań naprawczych przesłany do URK.

## **§7**

1. W danym roku akademickim nauczyciel akademicki ze stopniem doktora, doktora habilitowanego lub tytułem profesora może kierować maksymalnie trzema pracami licencjackimi.

2. Student ma prawo do częściowego wykonywania pracy magisterskiej poza Uniwersytetem Warszawskim. W takim przypadku kierujący pracą jest zobowiązany do złożenia do Rady Dydaktycznej Wydziału Chemii wniosku o zgodę na współkierowanie pracą przez osobę spoza Uniwersytetu Warszawskiego.

3. Rada Dydaktyczna ustala wzór wniosku o zgodę na współkierowanie pracą przez osobę z zewnątrz, załącznik 3, który zamieszczony jest na Stronie Wydziału Chemii.

4 . Kierujący pracą ma prawo wskazać opiekuna laboratoryjnego pracy dyplomowej, którym może być jedynie asystent lub doktorant.

## **§8**

Uchwała wchodzi w życie z dniem podjęcia i ma zastosowanie do prac dyplomowych przygotowywanych i egzaminów dyplomowych przeprowadzanych od 1 października 2021 r.

do u chwały nr 32 rady dydaktycznej dla kierunków studiów chemia, chemia (Chemistry), chemia jądrowa i radiofarmaceutyki, chemia medyczna, chemia stosowana, chemiczna analiza instrumentalna, energetyka i chemia jądrowa, radiogenomika, zaawansowane metody instrumentalne i techniki pomiarowe, z dnia 22 marca 2021 r., w sprawie wytycznych dotyczących procesu dyplomowania na kierunku chemia jądrowa i radiofarmaceutyki organizowanym na Wydziale Chemii Uniwersytetu Warszawskiego

## **WYMAGANIA DO EGZAMINU DYPLOMOWEGO NA STUDIACH PIERWSZEGO STOPNIA NA WYDZIALE CHEMII UNIwersYTETU WARSZAWSKIEGO DLA KIERUNKU CHEMIA JĄDROWA I RADIOFARMACEUTYKI**

### **CHEMIA NIEORGANICZNA I ANALITYCZNA**

#### **1. Układ okresowy pierwiastków.**

Podział na bloki s, p, d i f. Konfiguracje elektronowe pierwiastków.

Atomy, jony i cząsteczki izoelektronowe.

Promienie kowalencyjne i jonowe – definicje, wyznaczanie i zmienność w układzie okresowym.

Wpływ rozmiaru i ładunku jonów na właściwości kwasowo-zasadowe ich połączeń.

Pojęcia: energii jonizacji, powinowactwa elektronowego, elektroujemności, potencjału standardowego i zmienność tych wielkości w układzie okresowym.

Związek między elektroujemnością a charakterem wiązań.

#### **2. Właściwości wybranych pierwiastków i ich związków.**

Właściwości wybranych pierwiastków i ich związków.

Wodór. Warunki i możliwości reakcji  $H_2$  z innymi pierwiastkami. Otrzymywanie wodoru.

Wodorki metali i niemetalu - podział na wodorki jonowe, kowalencyjne i metaliczne (przykłady połączeń każdej grupy). Wpływ wiązań wodorowych na właściwości  $NH_3$ ,  $H_2O$  i  $HF$ . Praktyczne (chemiczne) zastosowania wodoru. Zastosowanie reakcji spalania wodoru w tlenie w ogniwie paliwowym.

Litowce, berylłowce – reaktywność, reakcje z wodą i tlenem. Właściwości wybranych związków, przede wszystkim wapnia. Twardość wody i jej usuwanie, wietrzenie skał wapiennych, zjawiska krasowe.

Borowce, właściwości glinu i jego związków, wybrane właściwości boru, zjawisko amfoteryczności

Węgiel i krzem. Struktura najważniejszych odmian alotropowych węgla (grafitu, diamentu, fulerenu  $C_{60}$ ). Podział węglików i reakcje węglików z wodą. Właściwości krzemu, półprzewodniki. Właściwości  $SiO_2$  i jego reakcja z zasadami. Rola wiązań C-C i Si-O-Si w tworzeniu związków węgla i krzemu. Struktura krzemianów.

Azot. Otrzymywanie amoniaku i kwasu azotowego(V). Efekty ekologiczne związane z tlenkami azotu (kwaśne deszcze, smog fotochemiczny). Reakcje redoks roztwarzania metali w  $HNO_3$ .

Fosfor. Odmiany alotropowe fosforu i ich struktura. Tlenek fosforu  $P_4O_{10}$  – struktura i reakcje z wodą.

Tlen, ozon, nadtlenek wodoru. Rodzaje tlenków. Reakcje redoks z udziałem nadtlenu wodoru  $H_2O_2$ .

Siarka. Odmiany alotropowe siarki i ich struktura. Budowa  $SO_2$  i  $SO_3$ , Oddziaływanie  $SO_2$ ,  $H_2S$  z wodą. Otrzymywanie  $H_2SO_4$ .

Fluorowce. Właściwości fizyczne i struktura form pierwiastkowych. Reakcje fluorowców i fluorowcowodorów z wodą.

Gazy szlachetne i ich związki

Pierwiastki bloku d i f. Przykłady połączeń na różnych stopniach utlenienia:  $\text{Cr}^{3+}$ ,  $\text{CrO}_4^{2-}$ ,  $\text{Mn}^{2+}$ ,  $\text{MnO}_2$ ,  $\text{MnO}_4^-$ ,  $\text{Fe}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{3+}$ , błękit pruski,  $\text{Co}^{2+}$ ,  $\text{Co}^{3+}$ . Równania reakcji redoks z udziałem jonów metali przejściowych. Typowe i nietypowe stopnie utlenienia lantanowców i aktynowców. Wpływ kontrakcji lantanowcowej na właściwości zasadowe wodorotlenków lantanowców.

Związki kompleksowe.

Etylenodiamina i EDTA jako ligandy wielokleszczowe (chelatuujące).

Teoria pola krystalicznego, schemat rozszczepienia orbitali d jonu centralnego w oktaedrycznym polu ligandów, kompleksy teraedryczne.

Pojęcie kompleksów wysoko- i niskospinowych.

Zależność magnetycznych właściwości kompleksów od siły pola ligandów.

Elementy teorii pola ligandów. Izomeria związków kompleksowych. Podstawowe mechanizmy reakcji wymiany ligandów.

### **Uniwersalne podstawy analizy chemicznej.**

Cyfry znaczące.

Definicja kwasu i zasady w teorii Brønsteda.

Sprężone pary kwas-zasada.

Hydroliza soli jako reakcja kwasowo-zasadowa.

Definicja kwasu i zasady w teorii Lewisa.

pH roztworów słabych i mocnych kwasów, zasad, soli kwasów i zasad o różnej względnej mocy, pH roztworu buforowego.

Pojęcie iloczynu rozpuszczalności i jego związek z rozpuszczalnością molową substancji. Wpływ wspólnego jonu, obcych jonów, protonowania i kompleksowania na rozpuszczalność osadów.

### **Elementy analizy instrumentalnej.**

Technika miareczkowania redoks z elektrodą platynową jako elektrodą wskaźnikową i elektrodą kalomelową jako elektrodą odniesienia. Obliczanie potencjału redoks układu w punkcie równoważności. Prawo Lamberta-Beera jako podstawa spektrofotometrii absorpcyjnej. Molowy współczynnik absorpcji. Równanie Ilkoviča jako podstawa analizy ilościowej metodą polarograficzną. Zasada i zastosowanie metody woltamperometrii inwersyjnej. Potencjometria i elektrody jonoselektywne. Atomowa spektrometria emisyjna i absorpcyjna.

## **CHEMIA ORGANICZNA I BIOCHEMIA**

Węglowodory i ich pochodne.

Podział na klasy. Hybrydyzacja atomu węgla.

Struktura węglowodorów: alkany, cykloalkany, alkeny, alkiny, związki aromatyczne (charakter aromatyczny, reguła Hückla).

Konformacja: alkanów (etan, butan, wolna rotacja), cykloalkanów (trwałość pierścieni).

Izomeria: szkieletowa, geometryczna (cis/trans, Z/E), optyczna (konfiguracja absolutna R/S i jej oznaczanie, reguły Cahn-Ingolda-Preloga; enancjomery, diastereoizomery, mieszanina racemiczna, konfiguracja względna).

Alkany. Właściwości i otrzymywanie. Substytucja wolnorodnikowa (mechanizm SR, orientacja reakcji). Struktura wolnego rodnika. Trwałość wolnych rodników. Inne reakcje

alkanów. Cykloalkany: właściwości i reakcje.

Alkeny. Właściwości i otrzymywanie. Addycja elektrofilowa halogenowodoru i halogenu (mechanizm AdE, reguła Markownikowa). Trwałość karbokationów. Addycja wolnorodnikowa bromowodoru (mechanizm AdR). Uwodornianie i ozonoliza alkenów.

Alkiny: właściwości i otrzymywanie. Reakcje alkinów (addycja wodoru, halogenu, halogenowodoru, wody).

Węglowodory aromatyczne (benzen). Substytucja elektrofilowa związków aromatycznych (mechanizm SE). Nitrowanie, sulfonowanie, chlorowcowanie, alkilowanie, acylowanie. Wpływ kierujący podstawników (efekt indukcyjny i mezomeryczny). Alkilowe pochodne benzenu, substytucja w łańcuchu bocznym. Chlorowcopochodne: właściwości i otrzymywanie. Chlorowcoalkany: substytucja nukleofilowa, mechanizmy i stereochemia reakcji SN1 i SN2. Reakcje eliminacji, mechanizmy E1 i E2. Reaktywność chlorowcopochodnych alkilowych, alilowych, winylowych i aromatycznych.

Alkohole. Właściwości i otrzymywanie. Klasyfikacja. Reakcje substytucji SN1 i SN2. Reakcje eliminacji (dehydratacja).

Aminy. Właściwości i otrzymywanie. Klasyfikacja amin. Alkilowanie amin. Zasadowość amin. Sole amin i

czwartorzędowe sole amoniowe. Aminy aromatyczne - substytucja w pierścieniu. Reakcje amin z kwasem azotawym (azotowym(III)), reakcje soli diazoniowych.

2. Związki karbonylowe i ich pochodne.

Aldehydy i ketony. Właściwości i otrzymywanie. Reakcje utleniania i redukcji.

Addycja nukleofilowa (AdN) do grupy karbonylowej: przyłączanie wody, alkoholi, cyjanowodoru, wodorosiarczynu (wodorosiarczanu(IV)), pochodnych amoniaku, związków Grignarda. Reakcje Cannizzaro i kondensacji aldolowej (mechanizmy).

Kwasy karboksylowe i ich pochodne. Właściwości i otrzymywanie. Klasyfikacja kwasów karboksylowych. Wpływ budowy na moc kwasów karboksylowych. Sole. Otrzymywanie chlorków i bezwodników kwasowych oraz estrów i amidów, porównanie ich reaktywności. Estry: mechanizm estryfikacji i hydrolizy, mechanizm

kondensacji Claisena). Redukcja kwasów karboksylowych i ich pochodnych.

Związki heterocykliczne. Podział i podstawowe metody otrzymywania.

Związki wielofunkcyjne. Hydroksyketony, hydroksyaldehydy, chlorowcokwasy, aminokwasy, związki dwukarbonylowe – otrzymywanie i reakcje.

Tautomeria ketoenolowa.

3. Identyfikacja związków organicznych metodami spektralnymi.

Umiejętność interpretacji prostych widm  $^1\text{H-NMR}$ ,  $^{13}\text{C-NMR}$  oraz widm w podczerwieni (znajomość częstości drgań dla podstawowych grup funkcyjnych) w celu identyfikacji związków.

4. Biochemia.

Budowa i funkcja błon biologicznych.

Przepuszczalność i transport przez błony.

Hierarchiczna budowa białek (struktura I-, II-, III- i IV-rzędowa).

Metody stosowane do przewidywania i ustalania struktury przestrzennej białek.

Budowa enzymów, ich klasyfikacja.

Mechanizm działania i cechy charakterystyczne enzymów.

Czynniki wpływające na szybkość reakcji enzymatycznych.

Podstawowe pojęcia metabolizmu (termodynamika reakcji biochemicznych, reakcje sprzężone, związki o wysokim potencjale fosforylacyjnym, podstawowe

zasady organizacji metabolizmu).  
ATP jako główny nośnik energii w komórce.  
Oddychanie komórkowe, fosforylacja substratowa i oksydacyjne.  
Budowa DNA.  
Rodzaje i rola RNA.  
Proces replikacji, transkrypcji i translacji  
Biopolimery

## CHEMIA FIZYCZNA I SPEKTROSKOPIA

### 1. Termodynamika

Pojęcie układu fizycznego, gaz doskonały, równanie Clapeyrona. Podstawowe pojęcia mechaniki klasycznej, zderzenia sprężyste. Energia wewnętrzna, dystrybucja energii pomiędzy molekuly (rozkład Boltzmann), obliczanie liczby mikrostanów danego makrostanu, entropia.

Równowaga termiczna -termodynamiczna definicja temperatury, równowaga mechaniczna - termodynamiczna definicja ciśnienia, równowaga związana z wymianą składników - termodynamiczna definicja potencjału chemicznego. Pojęcie różniczki zupełnej, różniczka zupełna entropii i energii wewnętrznej.

Pierwsza zasada termodynamiki. Ciepło, praca, praca objętościowa. Przykłady procesów odwracalnych i nieodwracalnych. Druga zasada termodynamiki, produkcja entropii. Transformacja Legendre'a, nowe funkcje termodynamiczne jako transformaty Legendre'a energii wewnętrznej.

Energia wewnętrzna i entalpia, a ciepło procesu. Energia swobodna, a samorzutność procesów. Entalpia swobodna, a samorzutność procesów.

Pochodne cząstkowe funkcji termodynamicznych, relacje Maxwella. Energia wewnętrzna jako funkcja temperatury i objętości. Entalpia jako funkcja temperatury i ciśnienia. Relacja pomiędzy  $C_p$  i  $C_v$ . Entropia jako funkcja  $(T,V)$  i  $(T,p)$ . Funkcje termodynamiczne gazu doskonałego. Obliczanie ciepła reakcji z danych termodynamicznych. Pomiary kalorymetryczne. Wyznaczanie entropii substancji. Potencjał chemiczny, molowy potencjał chemiczny. Relacja pomiędzy (molowym) potencjałem chemicznym i entalpią swobodną. Funkcje termodynamiczne układu otwartego. Wielkości ekstensywne i intensywne. Zmiany entalpii swobodnej podczas reakcji chemicznej. Warunek równowagi reakcji chemicznej. Prawo działania mas, równanie van't Hoffa.

### 2. Kinetyka chemiczna

Szybkość reakcji – definicja, równania kinetyczne, stała szybkości reakcji, różniczkowa postać równań kinetycznych. Rozwiązania równań różniczkowych dla reakcji 0, 1, 2 i n-tego rzędu, czas połowicznej przemiany.

Zapisywanie równań kinetycznych reakcji złożonych. Reakcje równoległe następcze i równowagowe (przeciwbieżne).

Przybliżenie stanu stacjonarnego (reakcja następcza, reakcja następcza z równowagą wstępną). Kinetyka enzymatyczna w modelu Michaelisa-Menten. Zależność stałej szybkości od temperatury.

### 3. Elektrochemia

Roztwory idealne i rzeczywiste. Oddziaływania jon-jon w roztworach elektrolitów (elementy teorii Debye- Hückela). Oddziaływania jon-rozpuszczalnik w roztworach



elektrolitów (teoria Borna). Oddziaływania jonów z zewnętrznym polem elektrycznym (prawo Ohma, przewodnictwo właściwe i molowe roztworów elektrolitów, pojęcie ruchliwości jonów, zależność przewodnictwa właściwego i molowego od stężenia elektrolitu).

Procesy przeniesienia elektronu w roztworach, przeniesienie elektronu w obecności fazy przewodzącej (metal), elektroda w stanie równowagi (potencjał redoks elektrody). Wytrącenie elektrody ze stanu równowagi - procesy kontrolowane kinetycznie i dyfuzyjnie. Ogniwa galwaniczne (schemat ogniwa i zasady zapisu, siła elektromotoryczna, związek SEM z funkcjami termodynamicznymi reakcji zachodzącej w ogniwie).

#### **4. Chemia jądrowa i radiacyjna**

Prawo rozpadu promieniotwórczego, stała rozpadu, czas połowicznego zaniku, aktywność substancji promieniotwórczej. Podstawowe zasady ochrony radiologicznej, optymalizacja ochrony radiologicznej, ograniczanie narażenia. Organizacja ochrony radiologicznej w jednostce organizacyjnej, obowiązki i uprawnienia kierownika jednostki, inspektora ochrony radiologicznej i pracowników. Wielkości stosowane w dozymetrii promieniowania jonizującego, wartości graniczne dawek zgodnie z Prawem Atomowym. Optymalizacja warunków pracy w warunkach narażenia. Tło naturalne promieniowania, jego składniki. Efekty izotopowe podstawienia H-D. Metody syntez związków chemicznych znakowanych izotopami promieniotwórczymi na przykładzie F-18, Tc-99m, At-211, Ac-225. Oddziaływanie promieniowania na organizmy żywe. Skala INES. Elementy budowy elektrowni jądrowej, jaką pełnią rolę i z jakich materiałów są wykonywane: paliwo jądrowe; materiał chłodzący (chłodziwo); moderatory; pręty kontrolne.

#### **5. Spektroskopia.**

Natura i właściwości promieniowania elektromagnetycznego.

Kwantowanie energii stanów rotacyjnych, oscylacyjnych (z uwzględnieniem drgań anharmonicznych) i elektronowych molekuly.

Obsadzenie poziomów energetycznych według rozkładu energii Boltzmann.

Zakres widma promieniowania a typ przejść widmowych.

Reguły wyboru w absorpcyjnej spektroskopii rotacyjnej i oscylacyjnej.

Nieelastyczne rozpraszanie promieniowania: pasma stokesowskie i antystokesowskie.

Reguły wyboru w oscylacyjnej spektroskopii ramanowskiej.

Położenie na osi długości fali widma luminescencyjnego (fluorescencji i fosforescencji) w stosunku do odpowiedniego absorpcyjnego widma elektronowego.

Idea spektroskopii EPR. Struktura nadsubtelna widm EPR.

Spektroskopia NMR: oddziaływanie jąder atomowych o niezerowym momencie magnetycznym z zewnętrznym polem magnetycznym, ekranowanie jądra i przesunięcie chemiczne. Wzajemne oddziaływania jąder (sprężenie spinowo-spinowe).

## **CHEMIA TEORETYCZNA ORAZ ELEMENTY FIZYKI JĄDROWEJ**

### **1. Chemia teoretyczna.**

Statystyczna interpretacja funkcji falowej.

Poziomy energetyczne (degeneracja, odległości sąsiednich poziomów), funkcje falowe (od jakich zmiennych zależą, liczba węzłów) oraz liczby kwantowe dla następujących

układów kwantowych: jednowymiarowe pudło potencjału, jednowymiarowy oscylator harmoniczny, rotator sztywny, atomu wodoru i jony wodoropodobne (tu także kontury funkcji  $s$ ,  $p$ ,  $d$ ).

Przybliżenie jednoelektronowe.

Orbitale i spinorbitale.

Funkcja falowa dla układu wieloelektronowego.

Zakaz Pauliego.

Metoda Hartree-Focka.

Konfiguracje elektronowe atomów i jonów wieloelektronowych.

Reguły Hunda.

Symbole termów atomowych (term podstawowy atomu wieloelektronowego).

Przybliżenie Borna-Oppenheimera.

Metoda orbitali molekularnych (MO). Metoda LCAO MO.

Mechanizm powstawania wiązania chemicznego w ujęciu metody MO.

Orbitale molekularne dla dwuatomowych cząsteczek homojądrowych ( $\sigma_g$ ,  $\sigma_u$ ,  $\pi_g$ ,  $\pi_u$ ).

Orbitale wiążące, antywiążące i niewiążące.

Poziomy energetyczne i konfiguracje elektronowe dwuatomowych cząsteczek homojądrowych pierwiastków drugiego okresu i prostych dwuatomowych cząsteczek heterojądrowych.

Krzywe energii potencjalnej dla cząsteczki dwuatomowej (poziomy oscylacyjne i rotacyjne cząsteczki).

Metoda orbitali molekularnych dla cząsteczek wieloatomowych.

Hybrydacja orbitali. Orbitale zhybrydowane typu:  $sp$ ,  $sp^2$ ,  $sp^3$ .

### 3. Elementy fizyki jądrowej

Budowa jądra atomowego.

Rozpady jąder atomowych (promieniowanie alfa, beta i gamma).

Model powłokowy jąder atomowych: podstawy doświadczalne, potencjał modelu powłokowego, liczby magiczne, przewidywania spinów i parzystości stanów podstawowych.

Przemiany jąder atomowych: rozpad alfa, beta i gamma, energia emitowanych cząstek, reguły wyboru, prawdopodobieństwa przejść.

Przejścia gamma i konwersja wewnętrzna: energia emitowanych cząstek, reguły wyboru, prawdopodobieństwa przejść, emisja neutronów opóźnionych.

Oddziaływanie ciężkich cząstek naładowanych z materią. Oddziaływanie elektronów z materią. Straty energii na jonizację i zasięg cząstek naładowanych.

Oddziaływanie promieniowania gamma z materią (zjawisko fotoelektryczne, efekt Comptona, reakcja par).

Rozszczepienie jąder atomowych. Warunki rozszczepialności, energia wyzwolana w rozszczepieniu, rozkład masy fragmentów rozszczepienia.

Wytwarzanie i spowalnianie neutronów oraz ich oddziaływanie z materią.

Masa nuklidu, energia wiązania jądra, energia separacji cząstki. Model kroplowy.

Oddziaływanie jądro-jądro: potencjał oddziaływania, rozpraszanie Rutherforda, całkowity przekrój czynny na reakcję jądrową. Techniki jądrowe w diagnostyce i terapii medycznej.

do uchwały nr 32 rady dydaktycznej dla kierunków studiów chemia, chemia (Chemistry), chemia jądrowa i radiofarmaceutyki, chemia medyczna, chemia stosowana, chemiczna analiza instrumentalna, energetyka i chemia jądrowa, radiogenomika, zaawansowane metody instrumentalne i techniki pomiarowe, z dnia 22 marca 2021 r., w sprawie wytycznych dotyczących procesu dyplomowania na kierunku chemia jądrowa i radiofarmaceutyki organizowanym na Wydziale Chemii Uniwersytetu Warszawskiego

## WZÓR WNIOSKU O ZGODĘ NA WSPÓLKIEROWANIE PRACĄ DYPLOMOWĄ PRZEZ OSOBĘ SPOZA UNIwersYTETU WARSZAWSKIEGO

<b>Wniosek o powołanie współkierującego pracą dyplomowej</b>		
<p>.....</p> <p>typ pracy dyplomowej</p> <p>.....</p> <p>imię i nazwisko, tytuł naukowy kierującego pracą dyplomową (pracownika Wydziału Chemii UW)</p>		
<p>.....</p> <p>imię i nazwisko studenta</p>	<p>.....</p> <p>numer indeksu studenta</p>	<p>.....</p> <p>kierunek studiów</p>
<p>.....</p> <p>imię i nazwisko, tytuł naukowy proponowanego współkierującego pracą dyplomową (spoza UW)</p> <p>.....</p> <p>miejsce zatrudnienia</p>		
<p><b>Opis projektu dyplomowego</b></p>		

### Uzasadnienie podjęcia współpracy

Uprzejmie przypominamy, że jeżeli wyniki badań przeprowadzonych przez studenta w trakcie realizacji pracy dyplomowej zostaną opublikowane, student powinien umieścić przy swoim nazwisku również afiliację Uniwersytetu Warszawskiego oraz przypominamy, że współkierujący pracą dyplomową jest zobowiązany do napisania recenzji pracy zgodnie z zasadami dyplomowania na WCh UW.

.....  
imię i nazwisko  
proponowanego współkierującego pracą  
(spoza WCh)

imię i nazwisko  
kierującego pracą z WCh UW