



## **UCHWAŁA NR 4 RADY DYDAKTYCZNEJ WYDZIAŁU CHEMII**

z dnia 10 stycznia 2024 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**

Traci moc Uchwała Nr 9 Rady Dydaktycznej Wydziału Chemii z dnia 12 kwietnia 2023 r. w sprawie szczegółowych zasad dyplomowania na kierunku Chemia Jądrowa i Radiofarmaceutyki organizowanym na Wydziale Chemii Uniwersytetu Warszawskiego

#### **§ 3**

Uchwała wchodzi w życie z dniem podjęcia.

Przewodnicząca Rady Dydaktycznej

/-/

Prof. dr hab. Beata Krasnodębska-Ostręga



do uchwały nr 4 Rady Dydaktycznej Wydziału Chemii z dnia 10 stycznia 2024r. w sprawie wytycznych dotyczących procesu dyplomowania na kierunku Chemia Jądrowa i Radiofarmaceutyki organizowanym na Wydziale Chemii Uniwersytetu Warszawskiego

## **SZCZEGÓŁOWE ZASADY DYPLOMOWANIA 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. Dokładny formularz recenzji jest dostępny w systemie APD. 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% branych 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.

4) Protokół z procesu monitorowania dyplomowania zawierający jego ocenę zostaje przedstawiony na styczniowej Radzie Dydaktycznej Wydziału Chemii, a 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 I stopnia na wszystkich kierunkach.

2. Student ma prawo do częściowego wykonywania pracy licencjackiej 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 czerwca 2024 r.



Załącznik 2

do uchwały nr 4 Rady Dydaktycznej Wydziału Chemii z dnia 10 stycznia 2024r. 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 z uwzględnieniem wyjątków: Cr, Cu, Mo, Pd, Ag, Pt, Au.)
- 2). Promienie kowalencyjne i jonowe – definicje, zmienność w układzie okresowym.
- 3). Pojęcia: energii jonizacji, powinowactwa elektronowego i zmienność tych parametrów w układzie okresowym.
- 4). Pojęcia: elektroujemności, potencjału standardowego i zmienność tych parametrów w układzie okresowym.
- 5). Ustalanie kształtu przestrzennego prostych kowalencyjnych cząsteczek i jonów cząsteczkowych, z uwzględnieniem położenia niewiążących par elektronowych (VSEPR).
- 6). Wodór. Wodorki metali i niemetalu. Wiązanie wodorowe. Izotopy wodoru.
- 7). Litowce, berylłowce – reaktywność, reakcje z wodą i tlenem. Amfoteryczność.
- 8). Węgiel i krzem. Odmiany alotropowe węgla. Reakcje  $\text{CaC}_2$  oraz  $\text{SiO}_2$ . Rola wiązań C-C i Si-O-Si w tworzeniu związków węgla i krzemu.
- 9). Azot. Magnetyczne właściwości cząsteczki  $\text{N}_2$ . Otrzymywanie amoniaku i kwasu azotowego(V).
- 10). Reakcje redoks rozpuszczania metali w  $\text{HNO}_3$ .
- 11). Fosfor. Odmiany alotropowe fosforu. Tlenki fosforu – struktura i reakcje z wodą.
- 12). Tlen. Magnetyczne właściwości cząsteczki  $\text{O}_2$ . Reakcje redoks z udziałem nadtlenu wodoru  $\text{H}_2\text{O}_2$ .
- 13). Siarka. Odmiany alotropowe siarki i ich struktura. Oddziaływanie  $\text{SO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{S}$  z wodą. Otrzymywanie  $\text{H}_2\text{SO}_4$ .
- 14). Fluorowce. Właściwości fizyczne. Reakcje fluorowców i fluorowcowodorów z wodą.
- 15). Pierwiastki bloku d. Przykłady połączeń na różnych stopniach utlenienia. Równania reakcji redoks z udziałem jonów metali przejściowych.
- 16). Pierwiastki bloku f. Typowe i nietypowe stopnie utlenienia lantanowców. Kontrakcja lantanowców.
- 17). Związki kompleksowe. Liczby koordynacyjne, struktura i przykłady kompleksów.
- 18). Etylenodiamina i EDTA jako ligandy wielokleszczowe (chelatujące).
- 19). Teoria pola ligandów i teoria pola krystalicznego – założenia.
- 20). Schemat rozszczepienia orbitali d jonu centralnego w oktaedrycznym polu ligandów. Pojęcie kompleksów wysoko- i niskospinowych.
- 21). Zależność magnetycznych właściwości kompleksów od siły pola ligandów.
- 22). Podstawowe pojęcia z zakresu chemii analitycznej (czułość, zakres liniowy, ślepa próbka, granica wykrywalności i oznaczalności, dokładność, precyzja).





- 23). Cyfry znaczące.
- 24). Mocne i słabe kwasy zasady. Stała równowagi kwasowej, pH roztworów mocnych i słabych kwasów.
- 25). Czym się różni stopień dysocjacji od stałej dysocjacji?
- 26). Definicja kwasu i zasady w teorii Brønsteda. Sprężone pary kwas-zasada.
- 27). Hydroliza soli jako reakcja kwasowo-zasadowa.
- 28). Definicja kwasu i zasady w teorii Lewisa.
- 29). pH roztworów soli kwasów i zasad o różnej względnej mocy.
- 30). Bufory, pH roztworu buforowego.
- 31). Iloczyn rozpuszczalności, rozpuszczalność molowa substancji. Wpływ wspólnego jonu, obcych jonów, protonowania i kompleksowania na rozpuszczalność osadów.
- 32). Barwy płomienia palnika wywoływane przez lotne połączenia pierwiastków.
- 33). Barwy roztworów związków: litowców, berylowców i metali przejściowych.
- 34). Rozpuszczalność w wodzie chlorków, azotanów(V), siarczanów(VI), siarczków i węglanów litowców, berylowców i metali przejściowych.
- 35). Podstawa podziału kationów na grupy analityczne.
- 36). Reakcje charakterystyczne jonów żelaza, miedzi i niklu.
- 37). Porównanie reakcji NaOH z Al(III) oraz z Cr(III).
- 38). Reakcje halogenków z AgNO<sub>3</sub>.
- 39). Reakcje redoks, stopień utlenienia, środowisko reakcji redoks.
- 40). Analiza wagowa - optymalne warunki strącania osadu.
- 41). Analiza miareczkowa. pH punktu równoważności w miareczkowaniach słabych i mocnych kwasów i zasad. Definicja buforu porównawczego.
- 42). Typowe wskaźniki pH: fenoloftaleina, oranż metylowy i optymalny dobór wskaźnika do danego miareczkowania.
- 43). Zasada alkacymetrycznego oznaczania mieszanin węglanów, wodorowęglanów i wodorotlenków.
- 44). Oznaczanie wapnia i magnezu za pomocą EDTA – miareczkowanie kompleksometryczne.
- 45). Technika miareczkowania redoks z elektrodą platynową jako elektrodą wskaźnikową. Obliczanie potencjału redoks układu w punkcie równoważności.
- 46). Budowa i funkcja elektrody kalomelowej.
- 47). Spektrofotometria UV-VIS. Prawo Lamberta-Beera, molowy współczynnik absorpcji, odstępstwa od prawa L-B.
- 48). Woltamperometria cykliczna, równanie Randlesa-Sevcika jako podstawa analizy ilościowej.
- 49). Porównanie woltamperometrii cyklicznej i metod pulsowych, zastosowania.
- 50). Podstawy potencjometrii. Wzór Nernsta, rodzaje elektrod, zasada pomiaru potencjału.
- 51). Absorpcyjna spektrometria atomowa. Zasada pomiaru i zasadnicze elementy spektrometru AAS.
- 52). Analityczne aspekty fluorymetrii, wpływ stężenia, temperatury, obcych jonów, pH na wielkość emisyjnego sygnału analitycznego.
- 53). Strategie kalibracyjne w chemii analitycznej: metoda krzywej wzorcowej, metoda dodatku wzorca.



## CHEMIA ORGANICZNA I BIOCHEMIA

- 1). Alkany: właściwości fizykochemiczne, halogenowanie i spalanie, izomery, konformacje etanu i butanu.
- 2). Cykloalkany: hybrydyzacja  $sp^3$ , rodzaje naprężeń w cząsteczkach, izomery cis-trans cykloalkanów, konformery cykloheksanu i wpływ podstawników na położenie ich stanu równowagi.
- 3). Alkeny: hybrydyzacja  $sp^2$ , izomeria E/Z, otrzymywanie i reakcje (mechanizm addycji HBr i  $Br_2$ , regio- i stereoselektywność reakcji, ozonoliza, addycja wody zgodna i niezgodna z regułą Markownikowa, uwodornienie).
- 4). Alkiny: hybrydyzacja  $sp$ , kwasowość, częściowa i wyczerpująca redukcja, addycja wody, tautomeria keto-enolowa.
- 5). Stereochemia: rodzaje izomerii, przykłady enancjomerów, diastereoizomerów, oraz reakcji, które do nich prowadzą, czynność optyczna, konfiguracja R/S, projekcja Fischera.
- 6). Halogenki alkilowe: reakcje wolnorodnikowego halogenowania (etapy, selektywność i jej przyczyny), halogenowanie pozycji alilowej, transformacje alkenów i alkoholi w halogenki alkilowe (wpływ rzędowości).
- 7). Halogenki alkilowe: konkurencyjne procesy substytucji i eliminacji, mechanizmy jedno- i dwucząsteczkowe ( $SN_1$ ,  $SN_2$ ,  $E_1$  i  $E_2$ ) i ich konsekwencje stereochemiczne, wpływ rodzaju nukleofila, grupy opuszczającej, szkieletu węglowego oraz rozpuszczalnika na przebieg reakcji, reguła Zajcewa, przykłady.
- 8). Związki aromatyczne: warunki i konsekwencje aromatyczności, reguła Hückla, przykłady związków aromatycznych, izomeria orto-meta-para, reakcje elektrofilowej substytucji aromatycznej (przykłady, wpływ podstawnika w substracie na kierunek i szybkość reakcji, mechanizm).
- 9). Alkohole: właściwości fizykochemiczne i kwasowo-zasadowe alkoholi, transformacje alkenów w alkohole, procesy utleniania i redukcji, reakcje związków Grignarda i donorów anionu wodorkowego ze związkami karbonyłowymi (aldehydami, ketonami i estrami, mechanizm), tosylany alkoholi.
- 10). Fenole: właściwości kwasowo-zasadowe, efekty elektronowe podstawników i ich wpływ na kwasowość (na podstawie struktur rezonansowych), wybrane metody syntezy fenoli.
- 11). Aldehydy i ketony: addycja nukleofilowa do grupy karbonylowej i różnice elektrofilowości aldehydów i ketonów, metody syntezy aldehydów i ketonów, reakcje z alkoholami, aminami i związkami Grignarda, reakcje redoks, reakcja aldolowa, reakcja Wittiga i Wolfa-Kiżnera, mechanizm syntezy acetalu.
- 12). Kwasy karboksylowe i ich pochodne w grupie acylowej: wpływ efektu indukcyjnego i rezonansowego podstawników na kwasowość (przykłady), metody syntezy kwasów karboksylowych, pochodne w grupie acylowej (chlorki, bezwodniki, estry, amidy; różnice elektrofilowości, ich przyczyny i konsekwencje dla reaktywności), mechanizm estryfikacji Fischera, zasadowa hydroliza estrów, reakcja Claisena.
- 13). Aminy: rzędowość, właściwości kwasowo-zasadowe, wzajemny wpływ grupy aminowej i pierścienia aromatycznego na przykładzie aniliny (kwasowość, reakcje podstawienia), wybrane metody syntezy amin, synteza i transformacje soli diazoniowych.
- 14). Aminokwasy i białka: budowa i podział aminokwasów, punkt izoelektryczny, synteza i reakcje aminokwasów, synteza peptydów, klasyfikacja peptydów, hierarchiczna budowa białek (struktura I-, II-, III- i IV-rzędowa), funkcje białek.





- 15). Węglowodany: podział, stereochemia, wzór Fischera i wzór Hawortha, mutarotacja, tworzenie glikozydów, cukry redukujące i nieredukujące, disacharydy i polisacharydy - budowa i właściwości.
- 16). Lipidy: podział i funkcje, budowa i reakcje tłuszczów właściwych.
- 17). Budowa kwasów nukleinowych (DNA i różne rodzaje RNA), ich właściwości i funkcje pełnione w organizmie.

## CHEMIA FIZYCZNA I SPEKTROSKOPIA

- 1). Pojęcie układu fizycznego (zamknięty, otwarty, izolowany, adiabatyczny).
- 2). Gaz doskonały i rzeczywisty (równanie Clapeyrona i równanie van der Waalsa).
- 3). Termodynamiczna definicja temperatury, ciśnienia oraz potencjału chemicznego.
- 4). Pierwsza zasada termodynamiki (ciepło, praca objętościowa).
- 5). Energia wewnętrzna (U), entalpia (H) i ich zmiany w różnych procesach.
- 6). Druga zasada termodynamiki (entropia - definicja statystyczna i termodynamiczna, przykłady procesów odwracalnych i nieodwracalnych).
- 7). Funkcje termodynamiczne i relacje między nimi (U, H, S, G).
- 8). Ciepło procesu (prawo Hessa, prawo Kirchhoffa).
- 9). Potencjał chemiczny i jego związek z entalpią swobodną.
- 10). Zmiany entalpii swobodnej w miarę postępu reakcji chemicznej.
- 11). Równowaga reakcji chemicznej (wpływ różnych czynników na jej wartość, związek między  $\Delta G_r^0$  a K).
- 12). Szybkość reakcji chemicznej (definicja, równanie kinetyczne, stała szybkości reakcji i rząd reakcji).
- 13). Reakcje chemiczne 0, 1, 2 i n-tego rzędu (rozwiązania równań różniczkowych, wykresy, czas połowicznej przemiany).
- 14). Kinetyka enzymatyczna w modelu Michaelisa-Menten (przybliżenie stanu stacjonarnego, szybkość maksymalna).
- 15). Zależność stałej szybkości od temperatury (energia aktywacji, katalizatory i inhibitory).
- 16). Roztwory idealne i rzeczywiste (współczynnik aktywności, prawo graniczne Debye'a-Hückela).
- 17). Pojęcie elektrody i jej potencjału (potencjał standardowy, równanie Nernsta).
- 18). Rodzaje elektrod (elektrody I i II rodzaju – budowa i zapis równania zachodzącej reakcji).
- 19). Typowe elektrody odniesienia: wodorowa, kalomelowa, chlorosrebrowa (opis potencjału poprzez równanie Nernsta).
- 20). Elektrody do pomiaru pH roztworów.
- 21). Ogniwa galwaniczne (rodzaje i reakcje w nich zachodzące).
- 22). SEM (obliczanie i eksperymentalne wyznaczanie siły elektromotorycznej ogniwa).
- 23). Parametry termodynamiczne reakcji elektrodowych (wyznaczanie wielkości termodynamicznych z pomiarów SEM).
- 24). Elektroliza wodnych roztworów różnych soli (reakcje elektrodowe, prawo Faradaya).
- 25). Natura i właściwości promieniowania elektromagnetycznego (dualizm korpuskularno-falowy, długość fali, a energia promieniowania).
- 26). Kwantowanie energii stanów rotacyjnych, oscylacyjnych (z uwzględnieniem drgań anharmonicznych) i elektronowych molekuly.
- 27). Obsadzenie poziomów energetycznych według rozkładu energii Boltzmanna.



- 28). Zakres widma promieniowania a typ przejść widmowych.
- 29). Reguły wyboru w absorpcyjnej spektroskopii rotacyjnej i oscylacyjnej.
- 30). Nieelastyczne rozpraszanie promieniowania: pasma stokesowskie i antystokesowskie. Reguły wyboru w oscylacyjnej spektroskopii ramanowskiej.
- 31). Widmo fluorescencji i fosforescencji (schemat poziomów energetycznych i położenie względem fali wzbudzenia).
- 32). Idea spektroskopii EPR.
- 33). Spektroskopia NMR (definicja przesunięcia chemicznego, ekranowanie jądra i zasady pomiaru)
- 34). Budowa cząsteczki a moment dipolowy.
- 35). Przewodnictwo jonowe (przewodnictwo właściwe i molowe, prawa Kohlrauscha).
- 36). Prawo rozpadu promieniotwórczego, stała rozpadu, czas połowicznego zaniku, aktywność substancji promieniotwórczej.
- 37). Organizacja ochrony radiologicznej w jednostce organizacyjnej, obowiązki i uprawnienia kierownika jednostki, inspektora ochrony radiologicznej i pracowników.
- 38). Wielkości stosowane w dozymetrii promieniowania jonizującego, wartości graniczne dawek zgodnie z Prawem Atomowym.
- 39). Rodzaje detektorów promieniowania jonizującego.
- 40). Tło naturalne promieniowania, jego składniki.
- 41). Efekty izotopowe podstawienia H-D.
- 42). Metody syntez związków chemicznych znakowanych izotopami promieniotwórczymi na przykładzie F-18, Tc-99m, At-211, Ac-225.
- 43). Oddziaływanie promieniowania jonizującego na organizmy żywe.

### CHEMIA TEORETYCZNA I FIZYKA JĄDROWA

- 1). Statystyczna interpretacja funkcji falowej. Sposób wyznaczania funkcji falowej dla danego układu fizycznego.
- 2). Rozwiązania równania Schrödingera dla układów modelowych: cząstka w pudle, oscylator harmoniczny, rotator sztywny, atomu wodoru i jony wodoropodobne. Liczby kwantowe, poziomy energetyczne (degeneracja, odległości między sąsiednimi poziomami), funkcje falowe (dla atomu wodoru kontury orbitali).
- 3). Metoda Hartree-Focka. Postać funkcji jednoelektronowych (orbitale, spinorbitale) i konstrukcja funkcji wieloelektronowych (zakaz Pauliego i wyznacznik Slatera). Sposób rozwiązywania równań metody Hartree-Focka, interpretacja rozwiązań. Ograniczenia metody Hartree-Focka.
- 4). Konfiguracje elektronowe atomów i jonów wieloelektronowych. Reguły Hunda i wyznaczanie symboli termów atomowych.
- 5). Metoda orbitali molekularnych (MO) w przybliżeniu LCAO MO. Mechanizm powstawania wiązania chemicznego w ujęciu metody MO. Orbitale wiążące, antywiązące i niewiązące.
- 6). Postać (oznaczenia  $\sigma/\pi/\dots$  oraz g/u) i powstawanie orbitali molekularnych dla dwuatomowych cząsteczek homojądrowych. Poziomy energetyczne i konfiguracje elektronowe dwuatomowych cząsteczek homojądrowych pierwiastków drugiego okresu i prostych dwuatomowych cząsteczek heterojądrowych. Rząd wiązania i termy cząsteczkowe.
- 7). Metoda orbitali molekularnych dla cząsteczek wieloatomowych. Poziom HOMO i LUMO. Termy dla stanu podstawowego i stanów wzbudzonych.



- 8). Przybliżenie Borna-Oppenheimera. Krzywa energii potencjalnej dla cząsteczek dwuatomowych i hiperpowierzchni energii potencjalnej dla cząsteczek wieloatomowych.
- 9). Struktura elektronowo-oscylacyjno-rotacyjna poziomów energetycznych molekuł dwuatomowych. Energia dysocjacji cząsteczek dwuatomowych. Efekt izotopowy.
- 10). Optymalizacja geometrii cząsteczek wieloatomowych. Drgania normalne cząsteczek wieloatomowych. Energia drgań zerowych. Klasyfikacja punktów ekstremalnych na hiperpowierzchni energii potencjalnej. Przebieg reakcji chemicznych.
- 11). Energia korelacji. Definicja i systematyczna poprawa wyników obliczeń numerycznych (coraz lepsze bazy funkcyjne i metody obliczeniowe oparte na funkcji falowej i teorii funkcjonału gęstości).
- 12). Budowa jądra atomowego.
- 13). Model powłokowy jąder atomowych: podstawy doświadczalne, potencjał modelu powłokowego, liczby magiczne, przewidywania spinów i parzystości stanów podstawowych.
- 14). Przemiany jąder atomowych: rozpad alfa, beta i gamma, energia emitowanych cząstek, reguły wyboru, prawdopodobieństwa przejść.
- 15). 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.
- 16). Oddziaływanie promieniowania gamma z materią (zjawisko fotoelektryczne, efekt Comptona, kreacja par).
- 17). Rozszczepienie jąder atomowych. Warunki rozszczepialności, energia wyzwolana w rozszczepieniu, rozkład masowy fragmentów rozszczepienia.
- 18). Wytwarzanie i spowalnianie neutronów oraz ich oddziaływanie z materią.
- 19). Masa nuklidu, energia wiązania jądra, energia separacji cząstki. Model kroplowy jąder atomowych.
- 20). Oddziaływanie jądro-jądro: potencjał oddziaływania, rozpraszanie Rutherforda, całkowity przekrój czynny na reakcję jądrową.
- 21). Techniki jądrowe w diagnostyce i terapii medycznej.
- 22). Zdarzenia radiacyjne. Skala INES.
- 23). Elementy budowy elektrowni jądrowej, jaką pełnią rolę i z jakich materiałów są wykonywane: paliwo jądrowe; materiał chłodzący (chłodziwo); moderatory; pręty kontrolne.



Załącznik 3

do uchwały nr 4 Rady Dydaktycznej Wydziału Chemii z dnia 10 stycznia 2024r. w sprawie wytycznych dotyczących procesu dyplomowania na kierunku Chemia Jądrowa i Radiofarmaceutyki organizowanym na Wydziale Chemii Uniwersytetu Warszawskiego

**WZÓR WNIOSKU O ZGODĘ NA WSPÓŁKIEROWANIE PRACĄ DYPLOMOWĄ PRZEZ OSOBĘ SPOZA UNIwersYTETU WARSZAWSKIEGO**

| Wniosek o powołanie współkierującego pracą dyplomową                                                                                                          |                                            |                                      |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------|--------------------------------------|
| <p>.....</p> <p>typ pracy dyplomowej</p> <p>.....</p> <p>imię i nazwisko, tytuł naukowy<br/>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<br/>proponowanego współkierującego pracą dyplomową<br/>(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