



Poz. 15

**UCHWAŁA NR 8  
RADY DYDAKTYCZNEJ DLA KIERUNKÓW STUDIÓW CHEMIA, CHEMIA  
(CHEMISTRY), CHEMIA JĄDROWA I RADIOFARMACEUTYKI, CHEMIA MEDYCZNA,  
CHEMIA ANALIZ INSTRUMENTALNYCH, CHEMIA STOSOWANA, ENERGETYKA I  
CHEMIA JĄDROWA, RADIOGENOMIKA, ZAAWANSOWANE METODY  
INSTRUMENTALNE I TECHNIKI POMIAROWE**

z dnia 12 kwietnia 2023 r.

**w sprawie szczegółowych zasad dyplomowania na kierunku Chemiczna Analiza Instrumentalna 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 Chemiczna Analiza Instrumentalna organizowanym na Wydziale Chemii Uniwersytetu Warszawskiego.

2. Zasady, o których mowa w ust. 1, stanowią załącznik do uchwały.

**§ 2**

1. Tracą moc uchwały Rady Dydaktycznej Wydziału Chemii Uniwersytetu Warszawskiego:

1) Uchwała Nr 10 Rady Dydaktycznej Wydziału Chemii z dnia 7 kwietnia 2020r. w sprawie szczegółowych zasad dyplomowania na kierunku Chemiczna Analiza Instrumentalna organizowanym na Wydziale Chemii Uniwersytetu Warszawskiego;

2) Uchwała Nr 24 Rady Dydaktycznej Wydziału Chemii z dnia 16 grudnia 2020 r. w sprawie zmiany uchwały nr 10 Rady Dydaktycznej Wydziału Chemii z dnia 7 kwietnia 2020 r. w sprawie szczegółowych zasad dyplomowania na kierunku Chemiczna Analiza Instrumentalna organizowanym na Wydziale Chemii Uniwersytetu Warszawskiego

**§ 3**

Uchwała wchodzi w życie z dniem podjęcia.

Przewodniczący Rady Dydaktycznej:  
B. Krasnodębska-Ostręga

do uchwały nr 8 rady dydaktycznej dla kierunków studiów chemia, chemia (chemisty), chemia jądrowa i radiofarmaceutyki, chemia medyczna, chemia analiz instrumentalnych, chemia stosowana, energetyka i chemia jądrowa, radiogenomika, zaawansowane metody instrumentalne i techniki pomiarowe z dnia 12 kwietnia 2023 r. w sprawie szczegółowych zasad dyplomowania na kierunku chemiczna analiza instrumentalna organizowanym na Wydziale Chemii Uniwersytetu Warszawskiego

## **SZCZEGÓLNE ZASADY DYPLOMOWANIA NA KIERUNKU CHEMICZNA ANALIZA INSTRUMENTALNA ORGANIZOWANYM NA WYDZIALE CHEMII UNIWERSYTETU WARSZAWSKIEGO**

### **§ 1**

1. Rada Dydaktyczna Wydziału Chemii w drodze uchwały określa szczegółowe zasady procesu dyplomowania na kierunku Chemiczna Analiza Instrumentalna 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 oraz 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 pisania 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. 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:

- chemii nieorganicznej i analitycznej,
- chemii organicznej, technologii chemicznej i biochemii,
- chemii fizycznej i spektroskopii,
- chemii teoretycznej i krystalografii.

2). Na stronie Wydziału Chemii jest udostępniany zakres wymagań do egzaminu dyplomowego na studiach pierwszego stopnia z następujących działów chemii określonych w 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 określonego podczas składania dokumentów dotyczących wyboru specjalizacji)
- kierującego pracą
- recenzenta
- dwóch członków komisji reprezentujących pozostałe działy.

4). Na wniosek KJD, Rada Dydaktyczna Wydziału Chemii ustala listę nauczycieli akademickich (maksymalnie 5 osób z każdego z działów chemii określonych w 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 z 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 inżynierskiej 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% broniących 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. Jeżeli praca ma charakter interdyscyplinarny, decyzją KJD można powołać innego nauczyciela akademickiego na współkierującego pracą z Wydziału.

3. Student ma prawo do częściowego wykonywania pracy inżynierskiej 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.

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

5. 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 2023 r.

do uchwała nr 8 rady dydaktycznej dla kierunków studiów chemia, chemia (chemistry), chemia jądrowa i radiofarmaceutyki, chemia medyczna, chemia analiz instrumentalnych, chemia stosowana, energetyka i chemia jądrowa, radiogenomika, zaawansowane metody instrumentalne i techniki pomiarowe z dnia 12 kwietnia 2023 r. w sprawie szczegółowych zasad dyplomowania na kierunku chemiczna analiza instrumentalna organizowanym na Wydziale Chemii Uniwersytetu Warszawskiego

## **WYMAGANIA DO EGZAMINU DYPLOMOWEGO NA STUDIACH PIERWSZEGO STOPNIA NA WYDZIALE CHEMII UNIWERSYTETU WARSZAWSKIEGO DLA KIERUNKU CHEMICZNA ANALIZA INSTRUMENTALNA**

### **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 (chelatuujące).
- 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, TECHNOLOGIA CHEMICZNA I BIOCHEMIA**

- 1). Alkany: właściwości fizykochemiczne, halogenowanie i spalanie, izomery, konformacje etanu i butanu.
- 2). Cykloalkany: hybrydyzacja sp<sup>3</sup>, rodzaje naprężeń w cząsteczkach, izomery cis-trans cykloalkanów, konformery cykloheksanu i wpływ podstawników na położenie ich stanu równowagi.
- 3). Alkeny: hybrydyzacja sp<sup>2</sup>, izomeria E/Z, otrzymywanie i reakcje (mechanizm addycji HBr i Br<sub>2</sub>, 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 (SN1, SN2, E1 i E2) 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 kwasowość (na podstawie struktur rezonansowych), wybrane metody syntezy fenoli, alkilowanie anionu fenolanowego, reakcje eterów z HBr.
- 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-Kiznera, 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 i Michaela.
- 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). 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.
- 15). Budowa i funkcja błon biologicznych.
- 16). Przepuszczalność i transport przez błony.
- 17). Hierarchiczna budowa białek (struktura I-, II-, III- i IV-rzędowa). Metody stosowane do przewidywania i ustalania struktury przestrzennej białek.
- 18). Budowa enzymów, ich klasyfikacja, cechy charakterystyczne enzymów. Czynniki wpływające na szybkość reakcji enzymatycznych.
- 19). Podstawowe pojęcia metabolizmu (termodynamika reakcji biochemicznych, reakcje sprzężone, związki o wysokim potencjale fosforylacyjnym, podstawowe zasady organizacji metabolizmu).
- 20). Budowa kwasów nukleinowych (DNA i różne rodzaje RNA), ich właściwości i funkcje pełnione w organizmie
- 21). ATP jako główny nośnik energii w komórce. Fosforylacja substratowa i oksydacyjna.
- 22). Efektywność, wydajność, selektywność i energochłonność procesu technologicznego.
- 23). Bilanse materiałowe i energetyczne procesu.
- 24). Zasady technologiczne.
- 25). Wymiana masy i ciepła. Mechanizmy ruchu ciepła i procesy związane z ich ruchem.
- 26). Kinetyka reakcji chemicznej w skali przemysłowej.
- 27). Kataliza homogeniczna, heterogeniczna i enzymatyczna w technologii chemicznej i biotechnologii.
- 28). Przemysłowe procesy wydzielania i oczyszczania.
- 29). Technologia i gospodarka. Pierwotne surowce energetyczne i chemiczne.



- 30). Etapy przeróbki ropy naftowej, charakterystyka paliw i produktów otrzymywanych z ropy naftowej.
- 31). Polimery naturalne i syntetyczne.
- 32). Ochrona środowiska: recykling, utylizacja ścieków i odpadów przemysłowych.

## CHEMIA FIZYCZNA I SPEKTROSKOPIA

- 1). Pierwsza zasada termodynamiki (ciepło, praca objętościowa, pojęcie funkcji stanu).
- 2). Energia wewnętrzna  $U$ , entalpia  $H$  i ich zmiany w różnych procesach.
- 3). Ciepło procesów chemicznych (prawo Hessa, prawo Kirchhoffa).
- 4). Entropia (definicja statystyczna i termodynamiczna, druga i trzecia zasada termodynamiki, zależność  $S$  od temperatury).
- 5). Termodynamiczne kryteria przebiegu procesu oparte na zmianach energii swobodnej ( $F$ ) i entalpii swobodnej ( $G$ ).
- 6). Potencjał chemiczny czystego składnika i składnika w mieszaninie.
- 7). Równowaga chemiczna (stała równowagi reakcji chemicznej ( $K$ ), stałe równowagi wyrażone poprzez ciśnienia cząstkowe, stężenia i ułamki molowe, wpływ różnych czynników na stan równowagi - reguła przekory).
- 8). Związek między  $\Delta G_r^0$  i  $K$  (izobara i izoterma van't Hoffa, zależność stałej  $K$  od temperatury).
- 9). Gazy (gaz doskonały a gaz rzeczywisty, równanie Clapeyrona i równanie van der Waalsa).
- 10). Roztwory doskonałe i roztwory rzeczywiste (prawo Raoult'a, prawo Henry'ego).
- 11). Diagramy fazowe substancji czystych dla wody i  $\text{CO}_2$  (równanie Clausiusa-Clapeyrona, punkt potrójny, punkt krytyczny, reguła faz Gibbsa, warunki równowagi międzyfazowej).
- 12). Diagramy fazowe układów dwuskładnikowych równowaga ciecż-para (zeotropy, azeotropy).
- 13). Diagramy fazowe układów dwuskładnikowych równowaga ciecż-ciało stałe (roztwory stałe, eutektyki proste).
- 14). Przewodnictwo elektrolitów (przewodnictwo właściwe, przewodnictwo molowe, prawa Kohlrauscha).
- 15). Aktywność jonów w roztworach elektrolitów (współczynnik aktywności, prawo graniczne Debye'a-Hückela).
- 16). Pojęcie elektrody i jej potencjału (elektrody I i II rodzaju oraz typowe elektrody odniesienia: wodorowa, kalomelowa, chlorosrebrowa – równania reakcji, opis potencjału poprzez równanie Nernsta).
- 17). Elektrody do pomiaru pH (elektroda szklana, elektroda wodorowa, elektrody tlenkowe).
- 18). Ogniwa galwaniczne, rodzaje ogni i reakcje w nich zachodzące. Obliczanie i eksperymentalne wyznaczenie siły elektromotorycznej (SEM).
- 19). Parametry termodynamiczne reakcji elektrodowych w ogniwie (wyznaczanie parametrów termodynamicznych reakcji z pomiarów SEM).
- 20). Elektroliza wodnych roztworów różnych soli (reakcje elektrodowe, prawa Faradaya).
- 21). Nadpotencjał (nadm napięcie) procesu elektrodowego. Prąd dyfuzyjny i kinetyczny.
- 22). Szybkość reakcji chemicznej (definicja i wpływ różnych czynników, rząd reakcji i metody jego wyznaczenia).
- 23). Równania kinetyczne i zależność stężenia od czasu dla reakcji różnych rzędów. Czas połowicznej przemiany.
- 24). Energia aktywacji (równanie Arrheniusa, teoria kompleksu aktywnego, pojęcie i rola katalizatora).
- 25). Dyfuzja (I prawo Ficka, gradient stężenia i współczynnik dyfuzji).
- 26). Koloidy (rodzaje koloidów, właściwości optyczne i elektryczne, punkt izoelektryczny).
- 27). Trwały i indukowany moment dipolowy cząsteczki. Względna przenikalność elektryczna.
- 28). Paramagnetyzm, diamagnetyzm, ferromagnetyzm. Podatność magnetyczna. Prawo Curie.
- 29). Natura i właściwości promieniowania elektromagnetycznego.
- 30). Kwantowanie energii stanów rotacyjnych, oscylacyjnych (z uwzględnieniem drgań anharmonicznych) i elektronowych molekuly.
- 31). Obsadzenie poziomów energetycznych według rozkładu energii Boltzmanna.
- 32). Zakres widma promieniowania a typ przejść widmowych.
- 33). Reguły wyboru w absorpcyjnej spektroskopii rotacyjnej i oscylacyjnej.
- 34). Nieelastyczne rozpraszanie promieniowania: pasma stokesowskie i antystokesowskie.
- 35). Reguły wyboru w oscylacyjnej spektroskopii ramanowskiej.

- 36). Położenie na osi długości fali widma luminescencyjnego (fluorescencji i fosforescencji) w stosunku do odpowiedniego absorpcyjnego widma elektronowego. Diagram Jabłońskiego.
- 37). Idea spektroskopii EPR.
- 38). Struktura nadsubtelna widm EPR.
- 39). Spektroskopia NMR (oddziaływanie jąder atomowych o niezerowym momencie magnetycznym z zewnętrznym polem magnetycznym, ekranowanie jądra i przesunięcie chemiczne).

## CHEMIA TEORETYCZNA I KRYSZTALOGRAFIA

- 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 (kontury orbitali dla atomu wodoru).
- 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, antywiążące i niewiążące.
- 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-oscyłacyjno-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). Operacje symetrii: definicje, rodzaje (w tym punktowe, translacyjne, krystalograficzne), przykłady; operacja symetrii a element symetrii.
- 13). Grupy symetrii: definicja grupy, (krystalograficzne) grupy punktowe, grupy przestrzenne, grupy Lauego; czym się różnią i jakie są ich zastosowania do opisu struktury cząsteczek, kryształów i obrazów dyfrakcyjnych, nazewnictwo.
- 14). Definicje kryształu oraz główne cechy, które odróżniają stan krystaliczny od innych stanów materii.
- 15). Sieć krystaliczna: definicja, pojęcie komórki elementarnej (i jak obliczyć jej objętość), klasyfikacja i zastosowania sieci Bravais, konstrukcja i zastosowania sieci odwrotnej, opis prostych i płaszczyzn sieciowych (indeksy Millera).
- 16). Układy krystalograficzne: definicje, właściwości, przypisanie obiektów do odpowiedniego układu.
- 17). Zjawisko dyfrakcji i opis eksperymentu dyfrakcyjnego: równanie Braggów, konstrukcja Ewalda, czynniki wpływające na intensywność wiązki promieniowania rentgenowskiego ugiętego na kryształach.

- 18). Źródła promieniowania używane w badaniach strukturalnych: podstawy działania, podobieństwa i różnice, przykłady zastosowań.
- 19). Rozwiązanie i udokładnienie struktury krystalicznej: na czym polega problem fazowy w krytalografii i przykłady metod jego rozwiązania, na czym polega udokładnienie struktury kryształu, metody walidacji struktur kryształów.
- 20). Struktury kryształów związków nieorganicznych, molekularnych i makromolekularnych (białek, kwasów nukleinowych): główne cechy, podobieństwa, i różnice.

do uchwały nr 8 rady dydaktycznej dla kierunków studiów chemia, chemia (chemisty), chemia jądrowa i radiofarmaceutyki, chemia medyczna, chemia analiz instrumentalnych, chemia stosowana, energetyka i chemia jądrowa, radiogenomika, zaawansowane metody instrumentalne i techniki pomiarowe z dnia 12 kwietnia 2023 r. w sprawie szczegółowych zasad dyplomowania na kierunku chemiczna analiza instrumentalna organizowanym na Wydziale Chemii Uniwersytetu Warszawskiego

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

Wniosek o powołanie współkierującego pracą dyplomowej		
<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 w 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  
współkierującego pracą  
(spoza WCh)

imię i nazwisko proponowanego  
kierującego pracą z WCh UW