

**Treści programowe przedmiotów obowiązujących na makrokierunku
BIOINFORMATYKA i BIOLOGIA SYSTEMÓW**

A. PRZEDMIOTY PODSTAWOWE

1. Podstawy chemii

Treści kształcenia: Podstawowe pojęcia chemii. Budowa atomu i molekuł. Kształt molekuł. Reakcje chemiczne. Równowagi chemiczne. Elementy termodynamiki chemicznej. Podstawowe techniki doświadczalne. Systematyka związków organicznych. Nomenklatura. Proste reakcje chemii organicznej. Elementy spektroskopii i innych technik badania związków organicznych. Biomakromolekuły – skład, właściwości, konformacje, techniki doświadczalne. (*P, 60w +45 ćw.; 9 ECTS, egz. prof.dr hab. Andrzej Koliński*)

Efekty kształcenia – umiejętności i kompetencje: Zapoznanie studentów z podstawami chemii nieorganicznej i nabycie praktycznych umiejętności posługiwania się prostymi obliczeniami chemicznymi. Poznanie podstawowych pojęć chemii organicznej ze szczególnym uwzględnieniem związków o znaczeniu biologicznym.

2. Podstawy fizyki

Treści kształcenia: Podstawowe pojęcia i prawa kinematyki i dynamiki. Prawa zachowania: pędu, momentu pędu i energii. Praca i energia. Podstawy elektrostatyki, potencjał i natężenie pola elektrostatycznego, prawo Gaussa. Pole elektrostatyczne pochodzące od układu ładunków. Pole dipola elektrycznego, dipol trwały i indukowany. Dielektryki, polaryzacja, pola elektrostatyczne w dielektrykach. Przewodniki, proste obwody z prądem, kondensatory. Elementy mechaniki kwantowej, stacjonarne równanie Schroedingera. Modelowe układy w fizyce klasycznej i kwantowej. Wybrane modele atomu wodoru. Atomy i molekuły, jakościowa teoria wiązania chemicznego na przykładzie molekuły dwuatomowej. Widma energii i elementy spektroskopii molekularnej. Podstawy fizyki statystycznej: gaz doskonały i rzeczywiste gazy. Rozkład Boltzmanna. Energia wewnętrzna, entropia, entalpia i energia swobodna. Entropia i informacja. Wybrane zagadnienia metod obliczeniowych fizyki układów (bio)molekularnych: mechaniczne modele układów wieloatomowych, podstawy metod Monte-Carlo, generowanie zespołu statystycznego w stałej temperaturze i objętości, proste algorytmy klasycznej dynamiki molekularnej układu wieloatomowego. Na wykładzie oraz ćwiczeniach wykorzystane zostaną m.in. pakiety Mathematica, Matlab lub Maple w celu symbolicznego rozwiązywania prostych problemów i/lub symulacji prostych procesów fizycznych. (*P, 60w + 30ćw.; 7 ECTS; egz. prof. dr hab. Bogdan Lesyng, dr hab. Maciej Geller, dr hab. Jan Antosiewicz, dr Tomasz Grycuk*)

Efekty kształcenia – umiejętności i kompetencje: Nauczenie studentów podstaw fizyki, które będą niezbędne w dalszym rozumieniu struktury i mechanizmów funkcjonowaniu układów molekularnych i biomolekularnych. Opanowanie przez nich zasad konstrukcji modeli analitycznych i komputerowych oraz krytycznej analizy i rozumienia zjawisk przyrodniczych z wykorzystaniem redukcjonistycznej i holistycznej strategii naukowej.

3. Rachunek różniczkowy i całkowy

Treści programowe: *Pierwsza połowa semestru:* elementy logiki i teorii mnogości; uzupełnienie wiadomości z zakresu matematyki szkolnej: wielomiany i twierdzenie Bezout, funkcje wymierne i funkcje elementarne (funkcja wykładnicza, logarytm, funkcje trygonometryczne i cyklometryczne); najważniejsze informacje o ciągach i szeregach; granica i ciągłość funkcji; *Druga połowa semestru:* pojęcie pochodnej, jego interpretacja

geometryczna i mechaniczna; rachunek różniczkowy i całkowy funkcji jednej zmiennej (twierdzenie o wartości średniej, ekstrema, wzór Taylora, wyrażenia nieoznaczone, badanie przebiegu zmienności; całka Newtona i jej interpretacja geometryczna; krótkie omówienie najprostszych metod całkowania funkcji jednej zmiennej; wybrane proste równania różniczkowe zwyczajne o zmiennych rozdzielonych, pojawiające w zastosowaniach fizycznych i innych. **(P, 60w + 60cw. 10ECTS, egz. dr hab. Paweł Strzelecki)**

3. Wstęp do informatyki

Treści kształcenia: Systemy operacyjne (Linux, Windows), narzędzia (środowisko programisty, kontrola wersji, shell, wyrażenia regularne) programowania (Python). **(P, 30w + 30cw.; 5 ECTS; egz. dr Paweł Górecki)**

Efekty kształcenia – umiejętności i kompetencje: Zapoznanie z systemami operacyjnymi, poznanie języków skryptowych (shell, Perl, Python), umiejętność napisania skryptów przetwarzających dane biologiczne.

4. Wstęp do biologii

Treści kształcenia: Przedmiot i metodologia biologii, definicja życia, biosfera, poziomy organizacji życia, podstawowe teorie biologiczne (komórkowa, ewolucji i doboru naturalnego, dziedziczenia), homeostaza, różnorodność życia na Ziemi i systemy klasyfikacyjne, przegląd najważniejszych taksonów (elementy mikrobiologii, anatomia roślin i zwierząt). **(P, 60w, 4p ECTS, egz. prof. dr hab. Jerzy Dzik; dr hab. Krzysztof Spalik, prof. UW):**

Efekty kształcenia – umiejętności i kompetencje: zapoznanie studenta z zakresem badań biologicznych i stosowaną metodologią.

5. Rachunek prawdopodobieństwa i statystyka

Treści kształcenia: *Rachunek prawdopodobieństwa:* przegląd modeli dyskretnych rachunku prawdopodobieństwa, łańcuchy Markowa, najprostsze rozkłady ciągłe, prawo wielkich liczb i centralne twierdzenie graniczne, elementy teorii informacji. *Statystyka:* model statystyczny, metody estymacji, własności i porównywanie estymatorów, przedziały ufności, testy istotności, własności i porównywanie testów, model liniowy. Wykład ilustrowany ćwiczeniami w laboratorium, z użyciem jednego z pakietów statystycznych.

(P, 60 w + 60 cw.; egz. dr hab. Krystyna Pietruska-Paluba)

Efekty kształcenia – umiejętności i kompetencje: Zapoznanie studentów z podstawowymi metodami rachunku prawdopodobieństwa i statystyki (tworzenie modelu probabilistycznego i statystycznego, elementy teorii estymacji i testowania hipotez), pozwalające na zastosowania praktyczne w dalszym toku studiów.

6. Algorytmy i struktury danych

Treści kształcenia: programowanie (kodowanie algorytmów, używanie bibliotek), algorytmy tekstowe (wyszukiwanie wzorca), algorytmy grafowe (komputerowa reprezentacja grafów, przeszukiwanie, problemy ścieżkowe, algorytmy na drzewach), drzewa sufiksowe, tablice sufiksowe. **(P, 30w + 30 cw.; 5 ECTS; egz. dr hab. Krzysztof Diks)**

Efekty kształcenia – umiejętności i kompetencje: Zapoznanie z podstawowymi metodami projektowania i analizy algorytmów i struktur danych. Przedstawienie najważniejszych algorytmów i struktur danych w biologii obliczeniowej. Przegląd bibliotek algorytmów kombinatorycznych.

7. Ekologia:

Treści kształcenia: Osobnik w środowisku, gatunek, populacje, demografia populacji ludzkiej, interakcje międzygatunkowe, biocenozy, biomanipulacja, ekosystem, ekologia krajobrazu, ekosystemy przekształcone przez człowieka.

(P, 30w, 30ćw; 5p ECTS; egz. dr hab. Joanna Pijanowska, prof. UW)

Efekty kształcenia – umiejętności i kompetencje: ukazanie różnorodności relacji między organizmami oraz między organizmami i ich środowiskiem abiotycznym oraz opisujących je prawidłowości.

8. Biochemia:

Treści kształcenia: Budowa i właściwości najważniejszych związków drobnocząsteczkowych (aminokwasy, cukry, nukleotydy, związki lipidowe, metabolity wtórne) i wielkocząsteczkowych (białka, kwasy nukleinowe, polisacharydy), elementy katalizy enzymatycznej, kinetyka reakcji enzymatycznych, główne szlaki metaboliczne, elementy bioenergetyki. *(P, 60w; 4p ECTS; egz. prof. dr hab. Krzysztof Staroń)*

Efekty kształcenia – umiejętności i kompetencje: przedstawienie właściwości i przemian związków chemicznych w organizmach.

9. Matematyka dyskretna i algebra liniowa

Treści kształcenia: Elementy kombinatoryki, krótki przegląd teorii grafów (łącznie około połowy semestru); przestrzenie liniowe, przekształcenia liniowe, macierze, wyznaczniki, wektory własne. *(P, 30w + 30 ćw.; 5 ECTS, egz. prof. dr hab. Jerzy Tiuryn)*

Efekty kształcenia – umiejętności i kompetencje: Zapoznanie studentów z podstawami kombinatoryki na poziomie biegłego stosowania metod zliczania różnego rodzaju skończonych obiektów; przedstawienie podstawowych pojęć i wyników z teorii grafów oraz algebry liniowej. Zapoznanie studentów z pakietami do wykonywania obliczeń na macierzach.

10. Programowanie i projektowanie obiektowe

Treści kształcenia: Podstawy programowania obiektowego (Java), podstawy projektowania systemów informatycznych (UML), diagramy przepływu czynności (TAVERNA). *(P, 30w + 30ćw.; 5 ECTS; egz. dr Janusz Jabłonowski)*

Efekty kształcenia – umiejętności i kompetencje: Zapoznanie studentów z podstawami projektowania obiektowego na przykładzie UMLa i Javy.

11. Biologia komórki

Treści kształcenia: Typy budowy komórki (prokariotyczna, eukariotyczna, zwierzęca, roślinna), różne typy osłon komórkowych, błony biologiczne, transport przez błony, organizacja i ruchy cytoplazmy, organelle, genofory, cykl komórkowy, mitoz i mejoza, elementy embriologii. *(P, 60w + 30ćw; 7p ECTS; egz. dr Jadwiga Baj, dr hab. Anna Maria Ciemerych-Litwinienko, prof. dr hab. Agnieszka Mostowska)*

Efekty kształcenia – umiejętności i kompetencje: zapoznanie studenta z budową i sposobem funkcjonowania komórek różnych typów.

12. Biologia molekularna z genetyką cz. I

Treści kształcenia: DNA jako nośnik informacji genetycznej, podstawy genetyki klasycznej, genetyka człowieka, elementy inżynierii genetycznej, różne typy sekwencji nukleotydowych, genomika, ewolucja sekwencji nukleotydowych, chromatyna, replikacja DNA, mutagenesa, naprawa uszkodzeń DNA, transkrypcja, kontrola aktywności genów, mechanizmy epigenetyczne, składanie i edytowanie RNA, małe regulacyjne RNA, translacja, dojrzewanie białek (folding, modyfikacje potranslacyjne), adresowanie białek, degradacja białek (ubikwitynacja, proteosom, autofagia, reguła N-końca). *(P, 60w, 30ćw; 7p ECTS; egz. dr hab. Dariusz Bartosik, dr Paweł Golik, prof. dr hab. Andrzej Jerzmanowski)*

Efekty kształcenia – umiejętności i kompetencje: przedstawienie dróg przepływu informacji genetycznej i ich regulacji, reguł dziedziczenia i podstaw inżynierii genetycznej.

13. Matematyka obliczeniowa

Treści kształcenia: Arytmetyka komputerów, poprawność algorytmów numerycznych, rozwiązywanie skalarnych równań nieliniowych oraz układów równań liniowych, interpolacja i aproksymacja, numeryczne całkowanie, obliczanie wartości własnych macierzy. (*P, 30w +30 ćw.; 5 ECTS, egz. dr hab. Leszek Plaskota*).

Efekty kształcenia – umiejętności i kompetencje: Przedstawienie podstawowych problemów obliczeniowych matematyki ciągłej oraz efektywnych algorytmów numerycznych ich rozwiązywania

14. Biologia molekularna z genetyką, cz. II (30w, 30konw.; 5p ECTS, egz.)

15. Fizjologia i regulacja metabolizmu

Treści kształcenia: Tkanki, narządy, układy narządów u roślin i zwierząt, : wzrost i różnicowanie się roślin i zwierząt, elementy immunologii, rozmnażanie się roślin i zwierząt, reakcje roślin na zmiany środowiska, zachowanie się zwierząt. (*P, 60w; 4p ECTS; zal. dr Magdalena Markowska; dr hab. Paweł Sowiński*)

Efekty kształcenia – umiejętności i kompetencje: przedstawienie przebiegu najważniejszych procesów życiowych roślin i zwierząt i ich regulacji

16. Optymalizacja i teoria gier

Treści kształcenia: Rachunek różniczkowy funkcji wielu zmiennych (pochodne cząstkowe, różniczka zupełna, ekstrema, ekstrema związane), elementy teorii Riemanna funkcji wielu zmiennych (łącznie ok. pół semestru): podstawowa struktura modeli teoriogrowych, równowagi Nasha, strategie ewolucyjnie stabilne, dynamiczne modele replikatorowe, genetyka populacyjna, algorytmy genetyczne, algorytmy typu boosting bazujące na teorii gier. (*P, 30w + 30 ćw.; 5 ECTS, egz., dr hab. Jacek Mięksiz*)

Efekty kształcenia – umiejętności i kompetencje: Zapoznanie studentów z klasycznymi (ekstrema funkcji wielu zmiennych) i adaptacyjnymi (teoria gier) metodami optymalizacji.

17. Modele matematyczne nauk przyrodniczych

Treści kształcenia: Dyskretne układy dynamiczne, przegląd możliwych typów zachowań trajektorii; równania różniczkowe zwyczajne: najprostsze metody całkowania, krzywe całkowite i fazowe, stabilność; informacje o najważniejszych liniowych równaniach różniczkowych cząstkowych dwóch zmiennych: Laplace'a, falowym, ciepła i Schroedingera. (*P, 30w + 30ćw.; 5 ECTS, egz, dr hab. Dariusz Wrzosek*)

Efekty kształcenia – umiejętności i kompetencje: przedstawienie podstawowych metod badania układów dynamicznych z czasem ciągłym (równania różniczkowe) i z czasem dyskretnym (równania różnicowe). Prezentacja znanych modeli matematycznych z ekologii, fizjologii i biologii molekularnej z uwypukleniem podobieństw i różnic pomiędzy własnościami modeli z czasem ciągłym i dyskretnym. Pojęcie warunku brzegowego i warunku początkowo-brzegowego. Przedstawienie elementarnych własności rozwiązań podstawowych równań fizyki matematycznej w przypadku jednego wymiaru przestrzennego. W ramach laboratorium poznanie pakietów typu Matlab, Maple w celu rozwiązywania numerycznego i graficznej prezentacji rozwiązań równań różniczkowych

18. Złożoność obliczeniowa

Treści kształcenia: Języki formalne, teoria obliczeń (problemy nierozstrzygalne), teoria złożoności (problemy NP. zupełne), algorytmy aproksymacyjne, algorytmy randomizowane, równoległość. (*P, 30w +30ćw.; 5 ECTS, egz. dr hab. Damian Niwiński*)

Efekty kształcenia – umiejętności i kompetencje: Wyjaśnienie pojęcia złożoności obliczeniowej zadania algorytmicznego, niezależnej od złożoności poszczególnych algorytmów. Student powinien zrozumieć z jednej strony ogólność i elastyczność

(efektywnej) obliczalności, ale z drugiej strony także ograniczenia tego pojęcia. Należy zwrócić uwagę na te elementy modeli obliczeń, które mogą poprawić efektywność (współbieżność, randomizacja, komunikacja).

19. Ewolucjonizm:

Treści kształcenia: Pojęcie ewolucji, historia myśli ewolucyjnej, zmienność i dobór naturalny, dowody ewolucji, teoria doboru naturalnego, elementy genetyki populacyjnej, molekularne mechanizmy ewolucji, teoria neutralnych zmian, ewolucja genów i genomów, znaczenie ruchomych elementów genetycznych, adaptacje, koncepcja gatunku, specjacja, rekonstrukcja filogenezy, makroewolucja, pochodzenie i ewolucja życia na Ziemi. **(P, 30w + 30konw, 5p ECTS; egz. prof. dr hab. Jerzy Dzik, dr hab. Krzysztof Spalik, prof. UW)**

Efekty kształcenia – umiejętności i kompetencje: przedstawienie prawidłowości kierujących ewolucją życia i organizmów.

B. PRZEDMIOTY KIERUNKOWE

1. Wstęp do bioinformatyki

Treść kształcenia: Przegląd podstawowych baz danych, algorytmów i narzędzi informatycznych służących do operacji na sekwencjach nukleotydowych i białkowych. Zaawansowane metody porównywania jednej oraz wielu sekwencji z elementami ewolucji molekularnej. Analiza, porównywanie i adnotacja sekwencji genomowych. **(K, 30w + 90ćw., 10 ECTS; egz. prof.dr hab. Piotr Zielenkiewicz)**

Efekty kształcenia – umiejętności i kompetencje: Studenci biegle i ze zrozumieniem posługują się podstawowymi narzędziami bioinformatycznymi dostępnymi w pakietach programów oraz w postaci serwisów internetowych.

2. Statystyczna analiza danych

Treści kształcenia: Klasteryzacja danych (klasteryzacja oparta na modelu statystycznym, metody relokacyjne, metody hierarchiczne), redukcja wymiaru (analiza składowych głównych (PCA), skalowanie wielowymiarowe, selekcja cech, klasyfikacja danych (metody parametryczne), klasyfikator bayesowski, regresja liniowa, liniowa analiza dyskryminacyjna (LDA), metody nieparametryczne (maszyny wektorów wspierających (SVM), kasyfikatory drzewowe), ocena istotności wyników. **(K, 30w + 30ćw.; 6ECTS; egz. dr Anna Gambin)**

Efekty kształcenia – umiejętności i kompetencje: Zapoznanie studentów z podstawowymi technikami nowoczesnej statystycznej analizy danych, ze szczególnym uwzględnieniem metod stosowanych w badaniach złożonych eksperymentów molekularnych.

3. Enzymologia molekularna

Treści kształcenia: Poziomy organizacji strukturalnej białek, motywy strukturalne, klasyfikacja strukturalna białek, siły kształtujące struktury przestrzenne, folding, metody badania struktury białek, centrum aktywne, mechanizmy katalizy enzymatycznej, regulacja aktywności enzymów (allosteria, kooperatywność, różne rodzaje hamowania, modyfikacje postsyntetyczne), regulacja i koordynacja przemian metabolicznych, abzymy i rybozymy. **(K, 60w; zal; dr hab. Jan Fronk, dr Maciej Garstka)**

Efekty kształcenia – umiejętności i kompetencje: przedstawienie podstaw fizykochemicznych katalizy enzymatycznej.

4. Bazy danych i usługi sieciowe

Treści kształcenia: Podstawy teorii relacyjnych baz danych, projektowanie relacyjnych baz danych (postaci normalne, klucze, więzy spójności), język zapytań SQL, użytkowanie i administracja baz danych, interfejsy sieciowe w architekturze klient – serwer, typy sieci, protokoły sieciowe. **(K, 30w + 30ć.; 5 ECTS; egz. dr Krzysztof Stencel)**

Efekty kształcenia – umiejętności i kompetencje: Wyrobienie umiejętności projektowania, użytkowania i administracji baz danych. Zapoznanie studenta z typami sieci oraz protokołami sieciowymi.

5. Biologiczne systemy koordynacji:

Treści kształcenia regulacja i koordynacja metabolizmu w komórce i organizmie, przekazywanie sygnałów w komórce, szlaki sygnałowe, homeostaza, regulacja hormonalna i nerwowa, regulacja rozwoju, elementy neurofizjologii, stabilność ekosystemów. *(K, 60w, 4p ECTS; egz. dr Robert Jarzyna, prof. dr hab. Krystyna Skwarło-Sońta, dr hab. Paweł Sowiński)*

Efekty kształcenia – umiejętności i kompetencje: ukazanie różnorodności systemów regulacyjnych w biologii

6. Modelowanie molekularne i obliczeniowa biologia strukturalna

Treści kształcenia: Przegląd metod analizy sekwencji i badania struktury kwasów nukleinowych, białek i innych biopolimerów. Przewidywanie struktury białek metodami homologicznego modelowania. Metody mechaniki i dynamiki molekularnej oraz metody Monte-Carlo i ich zastosowania w badaniach struktury i dynamiki. Dynamika Monte-Carlo na sieciach i jej zastosowania. Technika wymiany replik. Funkcje korelacji. Przyczynowość w dynamice układów biomolekularnych. Mezoskopowe pola molekularne elektrostatyczne i hydrofobowe. Maszyny biomolekularne. Podstawy projektowania inhibitorów enzymów, potencjalnych leków. Metody projektowania molekularnego z wykorzystaniem technologii wirtualnej rzeczywistości. Modelowanie wybranych procesów regulacyjnych i szlaków sygnałowych. Na pracowni wykorzystywane będą m.in. pakiety oprogramowania: MOE, Schrodinger, Molecular Conceptor, Accelrys i/lub Tripos. *(K, 60w + 120ów.; 16 ECTS; egz. prof. dr hab. Bogdan Lesyng, dr hab. Maciej Geller, dr hab. Jan Antosiewicz, dr Tomasz Grycuk)*

Efekty kształcenia – umiejętności i kompetencje: Nauczenie studentów podstaw modelowania matematycznego i komputerowego układów biomolekularnych, ich dynamiki oraz symulacji wybranych procesów regulacyjnych, z wykorzystaniem metod mechaniki i dynamiki molekularnej, metod Monte-Carlo, modeli pól molekularnych oraz podstaw teorii systemów. Studenci zapoznają się ze znanymi i popularnymi pakietami modelowania i projektowania molekularnego jak również z technologią wirtualnej rzeczywistości. Wykład i ćwiczenia przygotowują słuchaczy do samodzielnego modelowania układów biomolekularnych, oraz projektowania inhibitorów enzymów – potencjalnych leków.

8. Biologia systemów

Treści kształcenia: Rodzaje sieci biochemicznych (sieci regulacji genów, szlaki sygnałowe, sieci metaboliczne), kinetyka reakcji biochemicznych, matematyczne modele sieci, narzędzia do analizy i symulacji sieci stochastycznych i systemów probabilistycznych. *(K, 15w +45ów, 5 ECTS, prof. dr hab. P. Zielenkiewicz, prof.dr hab. J. Tiuryn)*

Efekty kształcenia – umiejętności i kompetencje: Uzyskanie umiejętności analizy i symulacji sieci biochemicznych na różnych poziomach przybliżeń

9. Technologie w skali genomowej

Treści kształcenia: Mikromacierze (projektowanie i wykonanie eksperymentu, przetwarzanie danych, statystyczna analiza wyników). Alternatywne technologie badania ekspresji genów (SAGE, RT-PCR). Spektrometria masowa (technologia, interpretacja widma, klasyfikacja, dyskryminacja). Sieci oddziaływań białko-białko (metody eksperymentalne, właściwości sieci, moduły i motywy w sieciach oddziaływan) *(K, 30w + 60ów, 8 ECTS, prof. dr hab. M. Dadlez, prof. dr hab. Piotr Zielenkiewicz, prof. dr hab. A. Jerzmanowski, prof. dr hab.*

J. Tiuryn)

Efekty kształcenia – umiejętności i kompetencje: Uzyskanie umiejętności analizy danych pochodzących z technologii wielkoskalowych i syntezy wyników w kontekście problemu biologicznego.

C. PRZEDMIOTY DODATKOWE

1. Przedmioty ogólnouniwersyteckie
2. Język angielski
3. W-F