

# STUDIA I STOPNIA NA KIERUNKU ZASTOSOWANIA FIZYKI W BIOLOGII I MEDYCYNIE

## specjalność *Biofizyka molekularna*

### 1. CHARAKTERYSTYKA STUDIÓW

Studia pierwszego stopnia na kierunku **Zastosowania fizyki w biologii i medycynie**, specjalność *Biofizyka molekularna* na Wydziale Fizyki UW trwają trzy lata i kończą się nadaniem tytułu licencjata (licencjat akademicki).

### 2. SYLWETKA ABSOLWENTA

Absolwent kierunku **Zastosowania fizyki w biologii i medycynie**, specjalność *Biofizyka molekularna* powinien:

- posiadać wiedzę w zakresie podstaw fizyki, matematyki, biologii, chemii i technologii informatycznych oraz umiejętność stosowania metod i narzędzi nauk matematyczno-przyrodniczych w problemach biofizycznych i/lub biomedycznych, ze szczególnym uwzględnieniem pracy w zespołach interdyscyplinarnych oraz komunikacji z biologami i lekarzami.
- potrafić gromadzić, przetwarzać oraz przekazywać informacje.
- znać język obcy na poziomie biegłości B2 Europejskiego Systemu Opisu Kształcenia Językowego Rady Europy oraz umieć posługiwać się językiem specjalistycznym z zakresu nauk matematyczno-przyrodniczych.
- być przygotowany do pracy w instytucjach zajmujących się badaniami biofizycznymi i/lub biomedycznymi, a więc w placówkach badawczych, badawczo-rozwojowych, kontrolnych i diagnostycznych oraz w przemyśle, administracji, placówkach ochrony przyrody, instytucjach medycznych, a także w szkolnictwie po ukończeniu specjalności nauczycielskiej (zgodnie ze standardami kształcenia przygotowującego do wykonywania zawodu nauczyciela). Absolwent powinien
- być przygotowany do obsługi aparatury badawczej, samodzielnego rozwijania umiejętności oraz podjęcia studiów II stopnia na kierunkach pokrewnych.
- posiadać praktyczne umiejętności stosowania metod fizycznych, chemicznych i biologicznych w laboratoriach badawczych (rozwiązywanie podstawowych problemów dotyczących funkcjonowania biomolekuł, projektowania biomolekuł o potencjalnych zastosowaniach biotechnologicznych i medycznych) oraz w laboratoriach analitycznych i diagnostycznych.

### 3. PLAN STUDIÓW

Oznaczenia stosowane w tabelach: W – wykład, Ć – ćwiczenia, L – laboratorium, USOS – Uniwersytecki System Obsługi Studiów, ECTS - Europejski System Transferu Punktów (ang. European Credit Transfer System).

*(Program pierwszych czterech semestrów wspólny ze specjalnością Projektowanie molekularne i bioinformatyka)*

#### 1 SEMESTR

Nazwa przedmiotu	Kod w USOS	Godziny zajęć w tygodniu	Forma zaliczenia	ECTS
Fizyka z matematyką cz. I (195 h)	1100-1BB01	7W+6Ć	egzamin	17
Chemia ogólna	1100-1BB02	2W	egzamin	1,5
Praktikum z chemii ogólnej (15 h)	1100-1B07	1Ć	zaliczenie na ocenę	1,5
Wstęp do biologii (30 h)	1100-1BB03	2W	egzamin	2
Technologia informacyjna (30 h)	1100-1B02mol	2W	egzamin	2,5
Pracownia technologii informacyjnej (30 h)	1100-1BB04	2Ć	zaliczenie na ocenę	2,5
Język obcy (60 h)		4	zaliczenie na ocenę	2
BHP w laboratorium oraz ergonomia	1100-1_BHP		zaliczenie na ocenę	0,5
Podstawy ochrony własności intelektualnej	0000-WLAINT-OG		zaliczenie na ocenę	0,5
Wychowanie fizyczne (30 h)		2Ć	zaliczenie	

Warunkiem zachowania praw studenckich po I semestrze jest:

- a) uzyskanie w I semestrze minimum 13 punktów ECTS  
oraz
- b) zaliczenie zajęć z zakresu ochrony własności intelektualnej, bezpieczeństwa i higieny pracy oraz ergonomii.

#### 2 SEMESTR

Nazwa przedmiotu	Kod w USOS	Godziny zajęć w tygodniu	Forma zaliczenia	ECTS
Fizyka z matematyką cz. II (195 h)	1100-1BB21	7W+6Ć	egzamin	16
Chemia organiczna (45 h)	1100-1BB22	2W+1Ć	egzamin	3,5
Chemia bioorganiczna (45 h)	1100-1BB23	2W+1Ć	egzamin	3,5
Analiza niepewności pomiarowych w eksperymentach fizycznych (60 h)	1100-1BB24	15W+45L w semestrze	zaliczenie na ocenę	5
Język obcy (60 h)		4	zaliczenie na ocenę	2
Wychowanie fizyczne (30 h)		2Ć	zaliczenie	

Warunkowe zaliczenie I roku jest możliwe w przypadku uzyskania ze wszystkich zaliczonych w ciągu całego roku przedmiotów co najmniej 40 ECTS.

## 3 SEMESTR

Nazwa przedmiotu	Kod w USOS	Godziny zajęć w tygodniu	Forma zaliczenia	ECTS
Fizyka atomów oraz cząsteczek i makrocząsteczek biologicznych (120 h)	1100-2BB01	4W+4Ć	egzamin	9
Pracownia chemii (90 h)	1100-2BB02	6Ć	zaliczenie na ocenę	7
Chemia fizyczna (45 h)	1100-2BB03	2W+1Ć	egzamin	3,5
Biochemia(45 h)	1100-2BB04	3W	egzamin	3,5
Biologia molekularna z genetyką cz.I (30 h)	1100-2BB00	2W	egzamin	2,5
Praktikum z mikrobiologii ogólnej i genetyki bakterii (15 h)	1100-2BB00	1Ć	zaliczenie na ocenę	1,5
Spektroskopia molekularna(45 h)	1100-2BB06	2W+1Ć	egzamin	3,5
Wychowanie fizyczne (30 h)		2Ć	zaliczenie	

## 4 SEMESTR

Nazwa przedmiotu	Kod w USOS	Godziny zajęć w tygodniu	Forma zaliczenia	ECTS
Biologia molekularna z genetyką cz.II (30 h)	1100-2BB20	2W	egzamin	2,5
Pracownia biologii molekularnej (90 h)	1100-2BB21	6Ć	zaliczenie na ocenę	7
Biologia komórki B (60 h)	1100-2BB22	4W	egzamin	5
Pracownia wykorzystania zasobów internetowych (30 h)	1100-2BB23	2Ć	zaliczenie na ocenę	2,5
Metody biofizyki molekularnej (60 h)	1100-2BB24	3W+1Ć	egzamin	5
Struktura i funkcje makrocząsteczek biologicznych (45 h)	1100-2BB25	2W+1Ć	egzamin	3,5
Bioetyka dla biologów (30 h)	1400-2BB26	2W	zaliczenie na ocenę	2
Wychowanie fizyczne(30 h)		2Ć	zaliczenie	
Egzamin certyfikacyjny z języka obcego			egzamin	2
Czterotygodniowa praktyka wakacyjna	1100-2BB27		zaliczenie na ocenę	

## 5 SEMESTR

Nazwa przedmiotu	Kod w USOS	Godziny zajęć w tygodniu	Forma zaliczenia	ECTS
Pracownia podstaw biofizyki (90 h)	1100-3BB13	6Ć	zaliczenie na ocenę	8
Modelowanie molekularne i obliczeniowa biologia strukturalna cz. I (60 h)	1100-3BP14	2W+2Ć	egzamin	4
Praktyka programowania (30 h)	1100-3BB15	2Ć	zaliczenie na ocenę	2,5
Anatomia, fizjologia i regulacja metabolizmu człowieka (30 h)	1100-3BB16	2W	egzamin	2,5
Chemia medyczna i podstawy projektowania leków (45 h)	1100-3BB17	2W+1Ć	egzamin	3,5
Pracownia fizyczna i elektroniczna S (30 h)	1100-3BB18	2Ć	zaliczenie na ocenę	2,5
Proseminarium licencjackie (30 h)	1100-3BB19	2Ć	zaliczenie na ocenę	1,5
Prawa autorskie i ochrona danych osobowych (30 h)	1100-3BB11	2W	zaliczenie na ocenę	2,5
Podstawy prezentacji naukowej (30 h)	1100-3BB12	2W	zaliczenie na ocenę	2

## 6 SEMESTR

Nazwa przedmiotu	Kod w USOS	Godziny zajęć w tygodniu	Forma zaliczenia	ECTS
Metody fizyczne w biologii i medycynie (30 h)	1100-3BB21	2W	egzamin	3
Pracownia biofizyki dla zaawansowanych (126 h)	1100-3BB22	126 godzin w semestrze	zaliczenie na ocenę	11,5
Pracownia i praca licencjacka (144 h)	1100-3BB23	144 godziny w semestrze	zaliczenie na ocenę	14
Przedmiot ogólnouniwersytecki (30 h)		2W	zaliczenie na ocenę	2,5

## SYLABUSY

### Fizyka z matematyką cz. I i II

*Treści kształcenia:* matematyka – liczby zespolone, ciągi i szeregi liczbowe, przestrzeń  $R^3$  i  $R^n$ , wektor w takiej przestrzeni, operacje na wektorach, baza ortogonalna i ortonormalna, przestrzeń zupełna, funkcje rzeczywiste jednej i wielu zmiennych, granica funkcji, funkcje ciągłe, pochodna funkcji, pochodne cząstkowe, ekstrema funkcji, ciągi i szeregi funkcyjne, rozwijanie w szereg Taylora, całka Riemanna, równania różniczkowe, transformata Fouriera, pole skalarne i pole wektorowe, operatory różniczkowe, wariacja funkcji, funkcjonał, ekstrema warunkowe, przestrzenie funkcyjne, funkcje jako wektory w takich przestrzeniach, iloczyn skalarny funkcji, funkcje unormowane i ortogonalne, przestrzeń funkcji całkowalnych z kwadratem, przestrzeń Hilberta, rozkład funkcji na funkcje własne, macierze, operacje na macierzach, wyznacznik, układ równań jednorodnych i niejednorodnych, operatory liniowe, wartości i funkcje własne, operatory hermitowskie i ich wartości własne, rozkład funkcji na funkcje własne operatora; mechanika – kinematyka, zasady dynamiki Newtona, równanie ruchu punktu materialnego i bryły sztywnej, energia kinetyczna i potencjalna, zasady zachowania, oscylator harmoniczny, drgania tłumione, zjawisko rezonansu; elementy fizyki płynów, ciśnienie, gęstość, lepkość; elektrostatyka i magnetostatyka – pole elektrostatyczne, prawo Coulomba, potencjał i natężenie pola, praca w polu elektrostatycznym, energia potencjalna układu ładunków, dipol elektryczny, oddziaływanie dipoli, dielektryki, prawo Biota-Savarta, prawo Ampera, moment magnetyczny, ruch cząstki naładowanej w polu elektrycznym i magnetycznym; drgania i ruch falowy – fale poprzeczne i podłużne, polaryzacja fali, klasyczne równanie falowe, funkcja falowa, równania Maxwella, fale elektromagnetyczne, dyspersja, interferencja, dyfrakcja; elementy fizyki ciała stałego, kryształy, dyfrakcja na kryształach; termodynamika fenomenologiczna i statystyczna – I i II zasada termodynamiki, energia wewnętrzna, praca i przekaz ciepła, entropia, gaz doskonały, przemiany gazowe, potencjały termodynamiczne, równowaga, odwracalność, rozkład Boltzmana, spontaniczne reakcje w warunkach  $p, T = \text{const}$ , czynniki wpływające na wielkość zmian entalpii swobodnej, stała równowagi a zmiany entalpii swobodnej, zespoły statystyczny i jak je uzyskać, średnie statystyczne, miary odchyień, suma statystyczna, jej związek z funkcjami termodynamicznymi, molekularne aspekty procesów endo- i egzotermicznych; mechanika kwantowa – dualizm korpuskularno-falowy, zasada nieoznaczoności, stacjonarne równanie Schrödingera, cząstka w jamie potencjału, oscylator harmoniczny i anharmoniczny, bariera potencjału, efekt tunelowy, operatory pędu, energii kinetycznej, kulombowskiej energii potencjalnej, atom wodoru (przybliżenie nierelatywistyczne), stany związane, dozwolone energie i funkcje własne (orbitale atomowe), spin.

### Chemia ogólna

*Treści kształcenia:* Budowa cząsteczek, struktura elektronowa atomów i jej powiązanie z układem okresowym pierwiastków, wiązania chemiczne: kowalencyjne, metaliczne, niemetaliczne, przewidywanie struktury geometrycznej molekuł, stany materii i ich właściwości, roztwory nieelektrolitów i elektrolitów, typy reakcji w roztworach wodnych, równowagi w roztworach wodnych, pojęcie pH, iloczyn rozpuszczalności, stała dysocjacji kwasowej, klasyfikacja związków nieorganicznych i organicznych, charakterystyka związków metali i niemetalii, stechiometria reakcji chemicznych, chemiczne zanieczyszczenia środowiska (aspekty ekologiczne, biologiczne, medyczne).

### Praktikum z chemii ogólnej

*Treści kształcenia:* Techniki ważenia, przygotowywanie roztworów (określanie stężeń, pH, siły jonowej), rozdzielanie mieszanin (sączenie, wirowanie, strącanie osadów) analiza jakościowa wybranych klas związków chemicznych o szczególnym znaczeniu w środowisku (w oparciu o reakcje charakterystyczne jonów oraz grup funkcyjnych), miareczkowa analiza ilościowa (miareczkowanie alkacymetryczne, kompleksometryczne, strąceniowe i redoks).

### Wstęp do biologii

*Treści kształcenia:* przedmiot i metodologia biologii, definicja życia, atrybuty organizmów żywych, biosfera, poziomy organizacji życia (formy bezkomórkowe, komórki, tkanki, narządy), organizmy jedno- i wielokomórkowe, różnorodność życia na Ziemi i systemy klasyfikacyjne, taksonomia makroskopowa i molekularna, biologiczne pojęcie gatunku, elementy systematyki organizmów: prokariota i eukariota, bakterie, pierwotniaki, rośliny, grzyby, zwierzęta, przegląd i charakterystyka najważniejszych jednostek klasyfikacji (taksonów), podstawowe teorie biologiczne (komórkowa, ewolucji i doboru naturalnego, dziedziczenia), przedziałowość komórki eukariotycznej, organelle komórkowe, podstawowe procesy zachodzące w komórce, przekazywanie informacji genetycznej, materiał genetyczny, pojęcie genu, podstawy genetyki klasycznej, prawa Mendla, wybrane organizmy modelowe wykorzystywane w badaniach biologicznych, elementy ekologii, ochrona przyrody i środowiska, wybrane kierunki badań we współczesnej biologii z uwzględnieniem aspektów medycznych (np. terapie genowe, nanobiologia, modelowanie molekularne, biologia systemów).

## **Technologia informacyjna**

*Treści kształcenia:* Środowisko – system operacyjny, powłoka i oprogramowanie użytkowe; formaty – pdf, PostScript, zamknięte formaty MS, OpenDocument, formaty plików graficznych, konwersja pomiędzy formatami; komunikacja – poczta internetowa, komunikator (IM), VoIP, zdalny dostęp (VPN, ssh, usługi terminalowe); kryptografia – SSL, klucze PGP, podpis cyfrowy; standardy komunikacyjne – Ethernet, WiFi, Bluetooth, WiMAX – możliwości i ograniczenia; Internet – historia, model DoD, DNS, języki opisu strony (html, css, xhtml), dynamiczne strony internetowe (php, java, flash); prezentacja treści – CMS; systemy informacyjno-wyszukiwawcze – wyszukiwarka internetowa, bazy literaturowe i inne serwisy udostępniające treści, bezpieczeństwo – zagrożenia (wirusy, robaki, konie trojańskie, rootkity), ochrona stacji roboczej (konto z uprawnieniami, aktualizacje, ochrona antywirusowa i przed programami szpiegującymi), komputer w sieci (spyware, spam, phishing, pharming).

## **Pracownia technologii informacyjnej**

*Treści kształcenia:* Środowisko – instalacja systemu operacyjnego (Linux), podstawowe polecenia powłoki, przydatne narzędzia (find, sed, awk), aktualizacje i instalacja oprogramowania; zdalny dostęp: OpenVPN, ssh (dostęp i tunelowanie), dostęp poprzez usługę terminalową; kryptografia – generowanie kluczy PGP i podpisów cyfrowych; analiza i wizualizacja danych – wykorzystanie arkusza kalkulacyjnego i dedykowanego pakietu (Origin); filtrowanie danych i generowanie raportów – sed i awk, skrypty; prezentacja i udostępnianie treści w sieci – podstawy html, css, php i JavaScript, prosty tematyczny CMS; wyszukiwanie treści w Internecie – tworzenie zapytań w wyszukiwarce internetowej, przeszukiwanie baz literaturowych, korzystanie z innych serwisów udostępniających treści i dane (PDB, banki sekwencji, SDBS, NIST, etc).

## **Analiza niepewności pomiarowych w eksperymentach fizycznych**

*Treści kształcenia:* Podstawowe pojęcia rachunku prawdopodobieństwa oraz własności rozkładów prawdopodobieństwa najczęściej występujących przy analizowaniu zagadnień fizycznych, interpretacja wyników doświadczalnych i ich porównanie z modelami teoretycznymi, mediana, średnia, średnie odchylenie standardowe, statystyczna interpretacja pomiaru i jego dokładności, wpływ efektów systematycznych na dokładność pomiaru: wprowadzanie poprawek i uwzględnianie dokładności przyrządów przy wyznaczaniu niepewności pomiaru, propagacja małych błędów, metoda najmniejszych kwadratów i jej zastosowania, najczęściej stosowane metody statystycznego testowania hipotez, podstawowe techniki stosowane w eksperymentach z zakresu elektryczności, optyki oraz termodynamiki pokazane na przykładzie badania wybranych praw i zjawisk np. prawa Ohma i Kirchhoffa, absorpcji i załamania światła w materii, emisji próbek gazowych.

*Efekty kształcenia – umiejętności i kompetencje:* Poznanie wybranych metod używanych w pomiarach wielkości fizycznych, umiejętność interpretacji wyników doświadczalnych i ich porównania z modelami teoretycznymi, umiejętność posługiwania się przyrządami pomiarowymi, umiejętność pisemnego przedstawienia przebiegu i wyników doświadczeń.

## **Chemia organiczna**

*Treści kształcenia:* Budowa i podstawowe właściwości fizyczne i chemiczne monofunkcyjnych związków organicznych: alkanany, cykloalkany, alkeny, alkiiny, węglowodory aromatyczne, fluorowcopochodne węglowodorów, alkohole, fenole, etery, nitropochodne węglowodorów, aminy, aldehydy, ketony, kwasy karboksylowe, estry, chlorki kwasowe, bezwodniki kwasowe, amidy, nityle, związki siarki, związki zawierające fosfor, związki heteroaromatyczne; wybrane zagadnienia budowy związków organicznych: izomeria, tautomeria, mezomeria (zagadnienie tzw. rezonansu), efekty indukcyjne i steryczne, izomeria optyczna, konfiguracja a konformacja; mechanizmy reakcji organicznych, reakcje utleniania i redukcji (redoks) w chemii organicznej, stopnie utlenienia w związkach organicznych; metody wydzielenia i oczyszczania związków organicznych: krystalizacja, sublimacja, destylacja, ekstrakcja, chromatografia, dializa, sączenie, wirowanie; zarys spektroskopowych metod identyfikacji związków organicznych: widma w podczerwieni, widma UV-VIS, spektroskopia magnetycznego rezonansu jądrowego.

## **Chemia bioorganiczna**

*Treści kształcenia:* podstawowe metody wyznaczania struktury biomolekuł; budowa, właściwości i znaczenie w komórce aminokwasów, peptydów i białek, metody syntezy peptydów i ich oczyszczanie, chemiczne modyfikacje białek; enzymy, reakcje enzymatyczne, biokataliza, badanie mechanizmów reakcji enzymatycznych, zastosowanie enzymów w biotechnologii; nukleozydy i nukleotydy oraz ich analogi: właściwości fizykochemiczne, metody syntezy naturalnych związków i wprowadzanie modyfikacji, ich znaczenie dla biotechnologii i medycyny, budowa i właściwości DNA, RNA, katalityczne właściwości RNA, syntetyczne analogi DNA i RNA (PNA, LNA itd), synteza oligonukleotydów i ich oczyszczanie, modyfikacje DNA i RNA; ogólne wiadomości na temat budowy i właściwości innych biomolekuł: węglowodany, terpeny, alkaloidy, lipidy.

## **Chemia fizyczna**

*Treści kształcenia:* Termodynamika układów wieloskładnikowych i wielofazowych, roztwory doskonałe i rzeczywiste, dysocjacja elektrolityczna, stała dysocjacji, przewodnictwo roztworów elektrolitów, makroskopowy i molekularny obraz ruchu cząsteczek w roztworach (dyfuzja), termodynamiczny opis roztworów elektrolitów, elektrolity mocne i słabe, prawo Debye'a-Hückla, roztwory buforowe, potencjały i reakcje redoks, ogniwa elektrochemiczne, czujniki elektrochemiczne, entropia, potencjał termodynamiczny, równowaga i relaksacja chemiczna, prawo działania mas, stała równowagi, molekularna interpretacja, mechanizm i kinetyka reakcji chemicznych, teoria zderzeń i kompleksu aktywnego, energia aktywacji, kataliza, katalizatory, równania kinetyczne, oddziaływanie promieniowania UV/VIS z materią (procesy fotochemiczne, fotokataliza, fotosensybilizacja).

## **Biochemia**

*Treści kształcenia:* Budowa i funkcje biologiczne białek, kwasów nukleinowych, lipidów i węglowodanów, zależności między strukturą a funkcją biologiczną związków, enzymy, koenzymy, witaminy, podstawy kinetyki reakcji enzymatycznych, energetyka reakcji biochemicznych, magazynowanie i przekazywanie energii, podstawowe szlaki kataboliczne: glikoliza, fosforylacja substratowa, cykl kwasów trikarboksylowych (Krebsa), łańcuch oddechowy, transport elektronów i fosforylacja oksydacyjna, metabolizm glikogenu, tłuszczów, białek, szlak pentozowy, współzależność szlaków katabolicznych i metabolicznych, fotosynteza, reakcje świetlne i ciemniowe, transport elektronów w fotosystemach II i I, fosforylacja fotosyntetyczna, schemat przekazu informacji genetycznej, budowa DNA, tRNA, rRNA i mRNA.

## **Biologia komórki B**

*Treści kształcenia:* ogólna charakterystyka komórek pro- i eukariotycznych (zwierzęcych i roślinnych): liczba, rozmiar, kształt, typy budowy; składniki komórki (białka, lipidy, węglowodany, kwasy nukleinowe); podstawowe procesy fizjologiczne komórki; błona komórkowa, ściana komórkowa, błony biologiczne, funkcje błon, transport przez błony; organelle komórkowe, organizacja i ruchy cytoplazmy, kompartmenty komórkowe; jądro komórkowe: otoczka jądrowa, nukleoplazma, jąderko, stosunki jądrowo-cytoplazmatyczne, transport do i z jądra przez pory jądrowe; materiał genetyczny – struktura chromosomów eukariotycznych i bakteryjnych (genofory); cykl komórkowy, podział komórki prokariotycznej, mitoz – fazy mitozy, kariokineza, cytokineza, mejoza – fazy mejozy; rozmnażanie prokariotów i eukariotów, rozmnażanie płciowe i bezpłciowe; aberracje chromosomowe i powiązane z nimi choroby; cytoszkielet – mikrotubule, filamety pośrednie, mikrofilamety (filamety aktywne), ich budowa i funkcje; mitochondria i chloroplasty (plastydy) i ich semiautonomia, dziedziczenie pozajądrowe; kompleksy enzymów; endocytoza (pino- i fagocytoza), lizosomy – ich biogeneza i rola w endocytozie; sekrecja białek – synteza białka, transport białek w komórce – kotranslacyjny i posttranslacyjny, obróbka sekretu, organelle szlaku sekrecyjnego; budowa błony komórkowej – receptory błonowe, sygnalizacja międzykomórkowa; pobudliwość – komórka nerwowa; komórki układu immunologicznego; onkogeneza i nowotwory; starzenie się, apoptoza; komórki macierzyste; liposomy w transporcie leków; elementy embriologii; techniki badawcze stosowane w biologii komórki.

## **Anatomia, fizjologia i regulacja metabolizmu człowieka**

*Treści kształcenia:* tkanki, narządy, układy narządów człowieka; trawienie, wydalanie, oddychanie, krążenie (mechanizm krzepnięcia krwi), ruch (mechanizm skurczu mięśnia), pobudliwość (mechanizmy przewodzenia impulsów nerwowych), widzenie (mechanizm); chromosomowa teoria dziedziczenia, podstawy embriologii, zarys rozwoju kręgowców od zygoty do organogenezy, komórkowe mechanizmy rozwoju: indukcja, morfogeny, determinacja, różnicowanie, geny segmentacji, geny homeotyczne, apoptoza, regulacja cyklu komórkowego; układ odpornościowy – swoistość i reakcje immunologiczne, szczepionki, przeciwciała monoklinalne; mechanizmy regulacji metabolizmu: poprzez zmianę ekspresji genów (indukcja, represja, białka regulatorowe genów, kontrola splicingu i translacji), przez zmianę konformacji i aktywności białek (fosforylacja, przyłączanie GTP, allosteria), przy pomocy struktur komórkowych i rozmieszczenia układów reagujących; przekazywanie do i w obrębie komórki ssaka informacji regulacyjnej, formy sygnalizacji międzykomórkowej, receptory błonowe (współpracujące z białkami G, receptorowe kinazy tyrozynowe, receptory jonotropowe), cząsteczki sygnałowe – informatory regulacyjne I rzędu (hormony, czynniki wzrostu, neurotransmitery) i II rzędu (cAMP, jony wapnia z kalmoduliną i in.); wewnątrzkomórkowe szlaki sygnalizacyjne (białko G, białko Ras), kaskady kinazowe, „cross talks” między szlakami, integracja informacji regulacyjnych; protoonkogeny a cząsteczki sygnałowe i sygnalizacyjne, zaburzenia metabolizmu, metaboliczne i fizjologiczne podłoża chorób.

## **Fizyka atomów oraz cząsteczek i makrocząsteczek biologicznych**

*Treści kształcenia:* atom wodoru, atomy wieloelektronowe, atom w zewnętrznym polu, efekty Starka i Zeemana, cząsteczka chemiczna: przybliżenie Borna-Oppenheimera (BO), elektronowe równanie BO, model cząstek niezależnych, orbitale molekularne, antysymetryczność elektronowej funkcji falowej, jej najprostsza postać, wyznacznik Slatera, równanie Hartree-Focka, sens przybliżenia LCAO, równania Hartree-Focka-Roothana, bazy funkcyjne, błąd korelacji kulombowskiej, orbitale zlokalizowane a orbitale zhybrydowane, istota wiązania chemicznego i rodzaje wiązań, sztywność i giętkość w cząsteczkach, układy pi-elektronowe, wolne pary elektronowe, rozkład gęstości elektronowej, cząsteczki polarne i niepolarne, analiza konformacyjna, energie cząsteczek (translacyjna, rotacyjna, oscylacyjna, elektronowa), kwantowanie energii, degeneracja, rozkład obsadzeń w stanie równowagi termicznej, widma elektronowe i oscylacyjne, oddziaływania międzycząsteczkowe, metoda supercząsteczki, metody rachunku zaburzeń, oddziaływanie elektrostatyczne, indukcyjne i dyspersyjne, wiązania wodorowe, oddziaływania hydrofobowe, oddziaływanie dipol-dipol, mechanika i dynamika molekularna, metoda Monte Carlo, modele mezoskopowe, makrocząsteczki, biopolimery, fizyka budowy białek i kwasów nukleinowych.

## **Pracownia chemii**

*Treści kształcenia:* spektroskopowe metody badania kinetyki reakcji chemicznych, wyznaczanie parametrów termodynamicznych, elektrochemiczne badania równowag jonowych, oznaczanie składu mieszanin związków naturalnych metodą HPLC, metody chromatograficzne w rozdzielaniu i oczyszczaniu związków naturalnych, metody ekstrakcyjne w rozdzielaniu związków organicznych, destylacja, krystalizacja, synteza nukleotydów, enzymy w syntezie organicznej, badania stereochemii reakcji enzymatycznych.

## **Biologia molekularna z genetyką cz. I i II**

*Treści kształcenia:* Pojęcie genomu, mapowanie i sekwencjonowanie genomów, anatomia genomów prokariotycznych i eukariotycznych, białka wiążące się z DNA genomowym i ich rola, replikacja genomu i jej regulacja, mutageneza, naprawa uszkodzeń DNA, transkrypcja i jej regulacja, dojrzewanie RNA, translacja i jej regulacja, obróbka proteomu, regulacja ekspresji genu na drodze transportu wewnątrzkomórkowego kwasów nukleinowych i białek, rola niekodujących RNA (miRNA, siRNA), trwałość RNA i białek w komórce, enzymatyczna regulacja ich degradacji, mutacje, molekularne podstawy ewolucji genomów, podstawy chorób dziedzicznych i nowotworowych, elementy mikrobiologii ogólnej, różnorodność morfologiczna, fizjologiczna i środowiskowa bakterii, genetyka bakterii, ruchome elementy genetyczne, plazmidy, horyzontalny transfer genów, sposoby przenoszenia materiału genetycznego między bakteriami, koniugacja, transformacja, transdukcja, bakteriofagi, systemy restrykcji – modyfikacji, elementy inżynierii genetycznej, uzyskiwanie genu do rekombinacji, wprowadzanie rekombinowanego genu do komórek pro- i eukariotycznych, analiza zrekombinowanych komórek, sekwencjonowanie genów i genomów, praktyczne wykorzystanie genetyki molekularnej (molekularna medycyna, kontrolowane modyfikacje genetyczne mikroorganizmów roślin i zwierząt), terapia genowa.

## **Praktikum z mikrobiologii ogólnej i genetyki bakterii**

*Treści kształcenia:* technika pracy w laboratorium mikrobiologicznym: wyposażenie laboratorium, narzędzia pracy, sterylizacja, dezynsekcja, praca w jałowych warunkach, morfologia komórki bakteryjnej, opis na podstawie barwienia, podłoża mikrobiologiczne, metody posiewu, wzrost na podłożu stałym - morfologia koloni, hodowla bakterii w podłożu płynnym, typy hodowli, krzywa wzrostu, ilościowe oznaczanie liczby bakterii w zawiesinie – metoda rozcieńczeń, wpływ czynników fizycznych i chemicznych na wzrost bakterii, wyznaczanie czasu i śmierci ciepłej, oznaczanie oporności bakterii na antybiotyki, transdukcja, transformacja bakterii plazmidowym DNA, metody transformacji (szok termiczny elektroporacja), selekcja transformantów, czynniki wpływające na efektywność transformacji, regulacja ekspresji genów (operon laktozowy *E. coli*), geny reporterowe i metody oznaczania ich biologicznej aktywności.

## **Pracownia biologii molekularnej**

*Treści kształcenia:* projektowanie primerów, wykonanie PCR i PCR preparatywnego, elektroforeza DNA, oczyszczanie DNA, trawienie plazmidów, izolacja DNA z żelu, ligacja, transformacja, PCR kolonijny, izolacja DNA plazmidowego, przygotowanie próbek do sekwencjonowania, opracowanie wyników sekwencjonowania, transformacja plazmidu do bakterii kompetentnych, hodowle bakteryjne, elektroforeza białkowa, oczyszczanie białka na kolumnie powinowactwa z His-tagiem, wyznaczanie stężenia białka różnymi metodami.

*Efekty kształcenia – umiejętności i kompetencje:* nauczenie studentów samodzielnej pracy metodami inżynierii genetycznej i biochemii, w logicznym ciągu: od projektowania genetycznego konstruktów kodującego pożądanego białko, poprzez wykonanie tegoż konstruktów, wprowadzenie go do bakterii po izolację i wstępną charakteryzację białkowego produktu.



## **Spektroskopia molekularna**

*Treści kształcenia:* Oddziaływania układu cząsteczkowego z promieniowaniem elektromagnetycznym (absorpcja, emisja, rozpraszanie, reguły wyboru), parametry opisu widm i podstawowe pojęcia spektroskopowe, spektroskopia fourierowska i wykorzystanie laserów, absorpcyjne i ramanowskie widma rotacyjne (zakres MW), widma oscylacyjno-rotacyjne (zakres IR) i rezonansowy efekt Ramana (RR), absorpcja i fotoluminescencja w zakresie UV-VIS, dichroizm kołowy (CD) i liniowy (LD), spektroskopia magnetycznego rezonansu jądrowego (NMR) i elektronowego rezonansu paramagnetycznego (EPR), techniki wieloimpulsowe i wielowymiarowe NMR i EPR, widma białek, kwasów nukleinowych i ich składników, zastosowania spektroskopii molekularnej w badaniach struktur i dynamiki cząsteczek, mikroskopia optyczna i fluorescencyjna (konfokalna), mikroskopia elektronowa.

## **Metody biofizyki molekularnej**

*Treści kształcenia:* Metody oczyszczania i separacji makrocząsteczek: (chromatografia i elektroforeza), metody hydrodynamiczne (ultrawirowanie, wiskozymetria, lepkość), metody określania struktur chemicznych (spektrometria mas) i przestrzennych cząsteczek (krystalizacja i rentgenografia kryształów), metody termodynamiczne (kalorymetria, osmometria, wolumetria), metody relaksacyjne (zatrzymanego przepływu i perturbacyjne), ultraszybkie metody w badaniach biomolekuł, nanobiologia – obserwacje, spektroskopia i manipulacje pojedynczymi biomolekułami (mikroskopia elektronowa i siły atomowej AFM, szczytce optyczne i magnetyczne).

## **Struktura i funkcje makrocząsteczek biologicznych**

*Treści kształcenia:* poziomy organizacji strukturalnej białek, motywy strukturalne, klasyfikacja strukturalna białek, siły kształtujące struktury przestrzenne, wykres Ramachandrana, typy foldów, domeny, podjednostki, dynamika i zwijanie białek in vitro i in vivo, formy amyloidalne, enzymy białkowe, specyficzność, systematyka i nomenklatura enzymów, mechanizm działania enzymów, miejsce aktywne, teoria stanu przejściowego, kinetyka enzymatyczna (teoria Michaelisa-Menten, molekularne przyczyny odstępstw od kinetyki hiperbolicznej), rodzaje inhibicji i aktywacji enzymów, enzymy oligomeryczne, allosteria, regulacja aktywności enzymów, wybrane mechanizmy katalityczne, koenzymy – budowa, rodzaje reakcji katalizowanych, wybrane mechanizmy katalityczne, zwijanie RNA, specyficzne oddziaływania międzycząsteczkowe białek i kwasów nukleinowych ze związkami niskocząsteczkowymi: modele tworzenia kompleksów, stabilność kompleksów, oddziaływania białko - kwas nukleinowy, abzymy, rybozymy, priony, molekularne podstawy chorób związanych z nieprawidłową strukturą makrocząsteczek.

## **Pracownia wykorzystania zasobów internetowych**

*Treści kształcenia:* przegląd ogólnodostępnych zasobów sieci Internet oraz zasobów bibliotek wirtualnych, do których Uniwersytet Warszawski ma dostęp, związanych z biofizyką molekularną, genetyką, farmakologią i medycyną: bazy danych i narzędzia do ich efektywnego wykorzystania. Przykładowe bazy danych to m. in.: bazy publikacji naukowych, struktur i sekwencji makromolekuł, własności fizykochemicznych cząsteczek, a narzędzia badawcze to m. in. wyszukiwarki prac naukowych według słów kluczowych i programy do wizualizacji struktur przestrzennych cząsteczek. Treści będą uaktualniane w miarę pojawiania się nowych baz i narzędzi.

## **Modelowanie molekularne i obliczeniowa biologia strukturalna cz I**

*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. Na pracowni wykorzystywane będą m.in. pakiety oprogramowania: MOE, Schrodinger, Molecular Conceptor, Accelrys i/lub Tripos.

## **Pracownia podstaw biofizyki**

*Treści kształcenia:* wybrane nowoczesne metody eksperymentalne stosowane w biofizyce molekularnej (np. spektroskopia UV-VIS absorpcyjna i emisyjna, spektroskopia FTIR, NMR, CD, spektrometria mas, kalorymetria, metody relaksacyjne, kinetyczne, krystalizacja białek), których podstawy teoretyczne zostały omówione na wykładach „Spektroskopia molekularna” i „Metody biofizyki molekularnej”.

## **Praktyka programowania**

*Treści kształcenia:* Bash jako narzędzie efektywnego programowania, edytory strumieniowe jako efektywne filtry, Python – nowoczesny język programowania – koncepcje i praktyka, SciPy – niezbędny badacz.

## **Chemia medyczna i podstawy projektowania leków**

*Treści kształcenia:* Farmakodynamika, docelowe obiekty działania leków (enzymy, receptory, białka transportujące, kwasy nukleinowe itp.), miejsca działania leków, farmakokinetyka, wchłanianie leków, przenikalność przez błony,

trwałość leków, dystrybucja w organizmie, metabolizm leków, projektowanie leków (QSAR, struktury wiodące, wprowadzanie nowych i wzmacnianie istniejących oddziaływań wiążących, zmniejszanie toksyczności i podatności na hydrolizę i metabolizm), proleki i układy transportujące lek, synteza leków (stereochemia, synteza kombinatoryczna), testy przedkliniczne i badania kliniczne.

### **Pracownia fizyczna i elektroniczna S**

*Treści kształcenia:* Problemy elektroniki stosowanej w laboratoriach fizycznych i biofizycznych (techniki poprawy stosunku sygnału do szumu, detekcja selektywna pod względem częstości, detekcja fazowa, analiza kształtu sygnału, podstawowe zasady budowy prostych układów elektronicznych skonstruowanych ze zintegrowanych elementów cyfrowych i analogowych, wpływ zakłóceń pomiarowych na precyzję pomiaru wielkości elektrycznych oraz metody eliminacji zakłóceń, elementy optyki (źródła promieniowania UV-VIS, monochromatory, fotopowielacze).

### **Metody fizyczne w biologii i medycynie**

*Treści kształcenia:* Charakterystyka właściwości i aktywności cząsteczek biologicznych *in vivo*; diagnostyka i terapia z zastosowaniem metod fizycznych: tomografia komputerowa (X) i obrazowanie NMR (MRI), pozytonowa tomografia emisyjna (PET), ultrasonografia, analiza prądów czynnościowych (EEG, EKG), lasery w medycynie, radioterapia, fototerapia, magnetoterapia, magnetostymulacja, oznaczania stężenia i aktywności cząsteczek biologicznych *in situ*.

### **Pracownia biofizyki dla zaawansowanych**

*Treści kształcenia:* Eksperymenty związane z wybranymi problemami współczesnej biofizyki molekularnej przy zastosowaniu metod eksperymentalnych i modelowania molekularnego, a w szczególności badanie mechanizmów wybranych reakcji enzymatycznych, tworzenia kompleksów molekularnych, konkurencji między zwijaniem i agregacją białek.