

**KARTA PRZEDMIOTU (SYLABUS)<sup>1</sup>**  
**OPIS PRZEDMIOTU**

<b>Kod przedmiotu</b>	Nazwa przedmiotu	<b><i>Biologia molekularna</i></b>		
0912/UTH/WNMinoz/ST-NST/B03		<b><i>Molecular biology</i></b>		
<b>Język wykładowy</b>	<i>Polski</i>			
<b>Rok akademicki</b>	<b>2022/2023</b>			
<b>Kierunek w zakresie</b>	<i>Lekarski</i>			
<b>Poziom studiów</b>	<i>Studia jednolite magisterskie</i>			
<b>Profil studiów</b>	<i>Ogólnoakademicki</i>			
<b>Forma studiów</b>	<i>Stacjonarne/Niestacjonarne</i>			
<b>Semestr/ semestry</b>	<i>I zimowy, II letni</i>			
<b>Przynależność do grupy zajęć</b>	<i>Moduł B: Naukowe podstawy medycyny</i>			
<b>Status przedmiotu</b>	<i>Obowiązkowy</i>			
<b>Formy realizacji zajęć dydaktycznych, wymiar, punkty ECTS</b>	Forma zajęć	Liczba godzin zajęć dydaktycznych	Liczba punktów ECTS	
	Wykład	30 h	6 ECTS	
	Ćwiczenia laboratoryjne	40 h		
<b>Powiązanie przedmiotu</b>	<b>z profilem studiów<sup>2</sup></b>	<i>Przedmiot związany z prowadzoną w Uczelni działalnością naukową w naukach biologicznych i medycznych. Uwzględnia udział studentów w zajęciach przygotowujących do prowadzenia działalności naukowej w zakresie aspektów genetyki i ewolucji człowieka, budowy genomu i transkryptom oraz genetyki populacyjnej różnych organizmów, w tym człowieka.</i>		6 ECTS
	<b>z dyscypliną<sup>3</sup></b>	<i>Nauki biologiczne: biologia molekularna, genomika i ewolucja człowieka Nauki medyczne: naukowe podstawy medycyny molekularnej.</i>		5 ECTS 1 ECTS
<b>Forma nauczania<sup>4</sup></b>	<i>Tradycyjna: zajęcia w siedzibie Uczelni</i>			
<b>Wymagania wstępne</b>	<i>I semestr: zgodnie z postępowaniem rekrutacyjnym. II semestr: realizacja efektów kształcenia w zakresie wiedzy, umiejętności, kompetencji społecznych z poprzednich semestrów studiów.</i>			
<b>Jednostka prowadząca</b>	<i>Wydział Nauk Medycznych i Nauk o Zdrowiu</i>			
<b>Koordinator</b>	<i>Prof. dr hab. Roman Zieliński</i>			
<b>Adres strony internetowej pjo</b>	<i><a href="https://wnminoz.uniwersytetradom.pl/">https://wnminoz.uniwersytetradom.pl/</a></i>			
<b>Adres e-mail koordynatora</b>	<i>r.zielinski@uthrad.pl</i>			

**EFEKTY UCZENIA SIĘ, TREŚCI PROGRAMOWE, REALIZACJA ZAJĘĆ DYDAKTYCZNYCH, WERYFIKACJA EFEKTÓW UCZENIA SIĘ**

<p><b>Cel kształcenia:</b></p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Przekazanie wiedzy z zakresu biologii molekularnej, biologii systemowej i rozwojowej, genetyki wybranych grup organizmów oraz człowieka jako podstawy naukowo-technologicznej medycyny molekularnej.</li> <li>2. Poznanie praw i przebiegu ewolucji ze szczególnym uwzględnieniem ewolucji człowieka w celu zrozumienia powiązań człowieka ze środowiskiem przyrodniczym i znaczeniem ochrony bioróżnorodności, a także w celu zrozumienia problemów zdrowotnych współczesnych populacji ludzkich.</li> <li>3. Zrozumienie nowoczesnych technik molekularnych oraz zasad ich stosowania w diagnostyce z uwzględnieniem kosztów, wiarygodności i dostępności metod alternatywnych.</li> <li>4. Zrozumienie wpływu czynników środowiskowych i stylu życia na jakość życia człowieka.</li> <li>5. Nabycie umiejętności krytycznej analizy danych oraz stosowania testów statystycznych, diagnostycznych oraz zrozumienie etycznych aspektów związanych z analizami molekularnymi.</li> <li>6. Nabycie umiejętności pracy w grupie, prowadzenia dyskusji i prezentowania wybranych zagadnień.</li> </ol>
<p><b>Treści programowe. Wykłady<sup>5</sup></b></p>	<p><b>Wykłady: 30 h prowadzonych jako 15 wykładów po 2h, w tym 5 spotkań w semestrze I oraz 10 spotkań w semestrze II.</b></p> <p><b>Semestr I</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. <b>W01A. Ewolucja i bioróżnorodność.</b> Historia życia na Ziemi, świat RNA, bioróżnorodność. Ewolucja: historia, mikroevolucja, zmienność, źródła zmienności, zmiany ilościowe i skokowe. Metody badania ewolucji: ślady kopalne, ślady molekularne. Filogeneza: drzewa filogenetyczne, metody grupowania, filogeografia, techniki. <b>BN</b>  <b>W01B. Mechanizmy różnicowania komórek.</b> Ewolucja wielokomórkowości: agregaty, kolonie, pochodzenie Metazoa, Choanoflagellata, specjalizacja komórek. Genetyczne podstawy wielokomórkowości: gen rosetteless, geny homeotypyczne, geny Pax. Różnicowanie komórek: proliferacja, białka MAX, rozwój, aktywacja genomu zygoty, rola ERV.</li> <li>2. <b>W02A. Komórka i cykl życiowy.</b> Teoria komórkowej budowy organizmów. Budowa komórki prokariotycznej i eukariotycznej, rozmiary komórek. Struktury komórkowe: błony biologiczne, mitochondria, liposomy. Budowa jądra komórkowego: nukleoplazma, błona jądrowa, chromatyna, jąderko. Cykl życiowy komórki: regulacja cyklu, mitoz, mejoza. Organizmy modelowe w badaniach biologicznych. <b>BN</b>  <b>W02B. Jądro i cytoszkielet.</b> Struktura przestrzenna jądra: pozycjonowanie, obszary. Błona jądrowa: białka błony jądrowej, błona zewnętrzna, przestrzeń perynuklearna, błona wewnętrzna. Błazka jądrowa: laminy. Kompleks LINC. Pory jądrowe, karioferyny. Enwelopatie jądrowe. Nukleoplazma: skład, ciała jądrowe. Cytoszkielet: mikrotubule, filamenty pośrednie, filamenty aktynowe (mikrofilamenty), białka motoryczne.</li> <li>3. <b>W03A. Genetyka mendlowska.</b> Definicja i zastosowania w biologii człowieka, przemyśle farmaceutycznym, spożywczym, znaczenie mutantów. Podstawowe pojęcia genetyczne: gen, allel, SNP, locus, fenotyp, genotyp, polimorfizm, homo i heterozygota, dominacja i recesywność. I i II prawo Mendla: mejotycznej uwarunkowania praw Mendla, analiza doświadczeń mendla na grochu. Dziedziczenie mendlowskie u człowieka. Rozwinięcie mendelizmu: allele wielokrotne, kodominacja na przykładzie grup krwi. Współdziałanie genów na przykładzie fenotypu bombajskiego. Analiza rodowodów: terminologia, przykłady. <b>BN</b>  <b>W03B. Chromosomowa teoria dziedziczości.</b> Chromosom: budowa chromosomu, liczba chromosomów, haploidy, diploidy, liczba podstawowa. Ploidalność: euploidy i aneuploidy. Poliploidy u człowieka. Powstanie trisomii. Kariotyp. Chromosomopatie u człowieka. Chromosomy płci. Determinacja płci u <i>Drosophila melanogaster</i> i u człowieka. Sprzężenie z płcią na przykładzie hemofilii. Rozchodzenie się genów leżących na jednym chromosomie podczas mejozy. Sprzężenie genów całkowite i częściowe: rozszczepienia. Crossing-over: definicja, formowanie się mostów, efekty. Pojęcie odległości genetycznej. Mapy genetyczne. <b>BN</b></li> <li>4. <b>W04A. Struktura materiału genetycznego.</b> Kwasy nukleinowe: budowa chemiczna, nazewnictwo, szlaki syntezy, struktura przestrzenna, formy. Wiroidy. Wirusy: cechy, materiał genetyczny, przykłady. Organizacja materiału genetycznego u Prokariota: chromosom bakteryjny, białka histonopodobne, plazmidy. Struktura materiału genetycznego Eukariota: budowa chromatyny, histony, nukleosom, włókno 30 nm, białka SMC, poziomy upakowania DNA. <b>BN</b>  <b>W04B. Markery genetyczne.</b> Definicja i typy markerów genetycznych. Markery morfologiczne. Markery enzymatyczne: izoenzymy, punkt izoelektryczny, uwarunkowania genetyczne, elektroforeza i nośniki. Markery DNA: enzymy restrykcyjne. Markery oparte o reakcję PCR: etapy PCR, sekwencje unikalne, sekwencje powtarzalne, SNP. Markery wykorzystujące reakcję PCR i enzymy restrykcyjne: AFLP, SSAP. <b>BN</b></li> </ol>

### Semestr I, cd

5. **W05A. Geny.** Ewolucja definicji genu, zmienność struktury genów, pojęcie ORF. Budowa genów u wirusów. Geny Prokariota: schemat ciągłej struktury genu Prokariota, budowa genów u wybranych patogenów człowieka: geny *KatG* i *rpoB* u *Mycobacterium tuberculosis*. Geny Eukariota: struktura mozaikowa, rodziny genów, geny globinowe, geny *rDNA*. Liczba genów u różnych grup organizmów, minimalny zestaw genów, syntetyczna komórka. **BN**

**W06B. Genomy.** Definicja genomu. Wielkość genomu u różnych organizmów, konwersja jednostek, wartość *C*, liczba nukleotydów. Gęstość genów. Zawartość *G+C*. Organizacja genomu Prokariota: genomy koliste i replichory, genom *E. coli*, *M. tuberculosis*, genomy liniowe na przykładzie *Borrelia burgdorferi*. Organizacja genomu Eukariota: kolinerność i syntenia, regiony bogate i ubogie w geny, genomy *Saccharomyces cerevisiae*, *Poaceae*, genom ssaków. Transpozony: występowanie, podział, rola transpozonów w ewolucji, transpozony człowieka. **BN**

### Semestr II

6. **W06. Replikacja DNA.** Przepływ informacji genetycznej poziomy i pionowy. Centralny Dogmat Biologii Molekularnej Crick'a, uproszczenie Watsona. Zasady replikacji: semikonserwatywizm, kierunek, fragmenty Okazaki, widelki replikacyjne. Przebieg replikacji: replikon, polimerazy DNA, ich budowa i właściwości, replisom. Zasady replikacji *in vivo*. Reakcja PCR: składniki, etapy, startery, temperatura topnienia, odmiany reakcji PCR. **BN**

7. **W07A. Mutagenesa i naprawa DNA.** Mutacje jako źródło zmienności. Podział mutacji ze względu na: miejsce powstania oraz czynnik wywołujący mutacje. Mutacje somatyczne. Ewolucja somatyczna i równoległa u człowieka. Tolerancja laktozy jako przykład mutacji spontanicznej. Mutacje punktowe: efekt fenotypowy, częstość, substytucje, insercje i delecje. Uszkodzenia DNA. Naprawa DNA: naprawa bezpośrednia (fotoreaktywacja), naprawa w trakcie replikacji, BER, NER, MMR. Usuwanie dimerów pirymidynowych. Naprawa po replikacji: DSBR przez rekombinację homologiczną oraz mechanizm NHEJ. **BN**

**W07B. Indukowanie i wykorzystanie mutacji.** Mutagenesa indukowana. Czynniki mutagenne fizyczne i chemiczne. Mutagenne działanie promieniowania jonizującego, greje i siwerty. Efekty bezpośrednie i długotrwałe katastrofy w Czarnobylu. Mutageny chemiczne: czynniki alkilujące, interkalujące, analogi zasad, spektrum mutacji. supermutageny. Wykorzystanie mutagenów chemicznych w badaniach i w praktyce. Efekty somatyczne i genetyczne działania mutagenu. Chimery. Mutagenesa u człowieka. Mutagenesa transkrypcyjna. Rola mutacji w żywieniu człowieka. Zielona Rewolucja. **BN**

8. **W08. Sekwencjonowanie genów i genomów.** Metody sekwencjonowania DNA: Maxama-Gilberta, metoda Sangera, zasada odczytywania sekwencji, automatyczne sekwencjonowanie, metody NGS. Identyfikacja pojedynczych genów: pojęcie klonowania, klonowanie pozycyjne, metoda genu kandydata, mapy genetyczne i ich znaczenie w sekwencjonowaniu genomów, w tym genomu człowieka. Hybrydyzacja kwasów nukleinowych: warunki, specyfika, hybrydyzacja DNA-DNA, RNA-RNA, hybrydyzacja *in situ*. Wektory: plazmidy, fagemidy, BAC, YAK, HAC. Biblioteki: genomowa, cDNA, konstrukcja bibliotek. **BN**

9. **W09A. GMO — skąd biorą się obawy? Wsparcie dla GMO w Polsce i w Europie: protesty przeciw żywności GMO, prawodawstwo polskie i europejskie, zakazy przemysłowej uprawy GMO. Definicja GMO: różnice w zależności od instytucji, organizm otrzymany w wyniku inżynierii genetycznej, GEO. Otrzymywanie GMO: organizm transformowany i transgeniczny, techniki transferu genów, wektory., Precyzja inżynierii genetycznej: zróżnicowana ekspresja, miejsce insercji, liczba kopii, mutacje transgeny, efekty na poziomie genomu. Wykorzystanie GMO w medycynie, przemyśle i rolnictwie. Szczepionki rekombinowane i szczepionki zawierające GMO. Zagrożenia środowiskowe, zdrowotne, ekonomiczne. **BN****

**W09B. Ewolucja diety i nutrigenomika.** Wpływ diety na śmiertelność. Dieta w różnych okresach ewolucji człowieka. Gotowanie jako adaptacja. Rewolucja neolityczna i jej znaczenie. Udomowienie. Zróżnicowanie gatunkowe diety człowieka. Zmiana diety człowieka współczesnego. Gatunki alternatywne jako źródło błonnika i białka. Nutrigenomika. Molekularne podstawy żywienia: otyłość, znaczenie metioniny, NAFDL. **BN**

10. **W10. Transkrypcja i transkryptomika.** Definicja i zasady transkrypcji. Polimerazy RNA: funkcja i budowa u Prokariota i Eukariota, inhibitory polimeraz RNA. Etapy transkrypcji: inicjacja, mechanizm rozpoznawania prawidłowych zasad. Promotory Prokariota i Eukariota. Czynniki transkrypcyjne: globalne, wiodące, czynniki transkrypcyjne człowieka, wpływ czynników transkrypcyjnych na zmienność cech ilościowych. Dojrzewanie RNA u Eukariota: spliceosom, mechanizm wycinania intronów. Transkryptomika: definicja, metody. Odwrotna transkrypcja: mechanizm, znaczenie fizjologiczne i wykorzystanie w diagnostyce. **BN**

## Semestr II, cd

11. **W11A. Od zmienności ciągłej do identyfikacji genów.** Dziedziczenie cech ilościowych: definicja, właściwości cech ilościowych, liczba genów odpowiadających za cechę, zmienność środowiskowa, interakcja GxE, wzrost człowieka jako cecha ilościowa. Metody analizy cech ilościowych: badana populacja, próba, układ bloków kompletnie randomizowanych, analiza wariancji i podział zmienności całkowitej. Parametry genetyczne: addytywne działanie genów, dominacja i epistaza. Mapowanie genów warunkujących cechy ilościowe: pojęcie QTL, metoda genu kandydata, identyfikacja QTL odpowiadających za uzależnienie alkoholowe, ADHD. Mapowanie interwałowe: zasady, mapowanie QTL odpowiedzialnych za poziom cholesterolu HDL, eQTL, sQTL. Identyfikacja genów odpowiadających za cechy ilościowe: fw.2.2., ADD1, Cyp11B2, TCF7L2. Rola QTL w ewolucji. **BN**
- W11B. Homo olympicus.** „Fenotyp sportowca”: cechy fizyczne, rola środowiska, rola treningu, cechy dobrego treningu. Genetyka „fenotypu sportowca”: fenotyp sportowca jako cecha ilościowa, wpływ temperatury na wyniki, pułap tlenowy, przykłady QTL, geny DRD2, GNB3, ACSL1, FTO, EPOR. Projekt ATHLOME. Testy diagnostyczne, zagadnienia etyczne.
12. **W12. Translacja i struktura białek.** Definicja translacji, budowa i znaczenie rybosomów, budowa i rola tRNA, choroby związane z mutacjami w genach tRNA. Kod genetyczny: definicja, cechy kodu genetycznego, zasada tolerancji Crick'a, kod genetyczny a informacja genetyczna. I-rzędowa struktura białek: wiązanie peptydowe, typy aminokwasów. II-rzędowa struktura białek:  $\beta$ -karkty i  $\alpha$ -helisy. III-rzędowa struktura białek. Struktura IV-rzędowa i tworzenie domen. Białka jaja kurzego. Proteomika: metody, wykorzystanie w diagnostyce. **BN**
13. **W13A. Sygnalizacja komórkowa.** Komunikacja komórkowa: znaczenie komunikacji, sprzężenie zwrotne, hyper- i hypowrażliwość, typy komunikacji. Szlaki sygnałowe i transdukcja sygnału: etapy transdukcji. Ligandy. Receptory: receptory powierzchniowe, receptory kanałów jonowych, receptory sprzężone z białkiem G, receptory sprzężone z enzymami, receptory Toll. Receptory jądrowe. Pierwotne efekторы i wtórne przekaźniki. Wtórne efekторы: kinazy. Powiązania między szlakami sygnałowymi: różnicowanie limfocytów T, sieć sygnałowa człowieka, modelowanie interakcji.
- W13B. Komórki macierzyste.** Charakterystyka komórek macierzystych, komórki macierzyste kręgowców na tle innych Metazoa, komórki macierzyste jako jednostka ewolucyjna. Hodowle ludzkich komórek macierzystych, komórki macierzyste embrionalne (hESC). Tkankowe komórki macierzyste (ASC), metody izolacji i typy różnicowania. Indukowane pluripotencjalne komórki macierzyste (iPSC), metody otrzymywania. Genetyczne uwarunkowania pluripotencji, geny pluripotencji, Oct4, Sox2, Nanog, Klf4, Myc, regulacja pluripotencji. Genetyczna niestabilność komórek macierzystych, budowa centromeru, rola histonu H3 typu CENP-A. Terapia komórkami macierzystymi, Badania kliniczne dotyczące terapii komórkami macierzystymi w Europejskim Rejestrze Badań Klinicznych (EU Register of Clinical Trials).
14. **W14. Metody bioinformatyczną w biologii molekularnej.** Biologiczne bazy danych: bazy pierwotne i bazy wtórne, bazy złożone. Przykłady baz nukleotydowych i białkowych. Rekordy baz danych: struktura, widoki. Podobieństwo sekwencji. Uliniowanie (zbieżność, alignment): metoda dot-matrix i programowanie dynamiczne. Macierze substytucji aminokwasowych: PAM, BLOSSUM. Uliniowanie pojedyncze i wielokrotne. **BN**
15. **W15. Z Afryki do Europy.** Człowiek na drzewie życia. Taksonomia Homo sapiens. Człowiek jako gatunek biologiczny. Cechy unikalne człowieka: rozwój mózgu, znaczenie zmian klimatycznych w rozwoju mózgu człowieka, procesy kognitywne. Psychologia ewolucyjna i biologia kognitywistyczna. Etapy ewolucji człowieka: dwunożność, używanie narzędzi, myśliwi-zbieracze, migracja z Afryki, opanowanie obszarów o chłodnym klimacie, rewolucja neolityczna. **BN**

\*BN: tematyka związana z działalnością naukową

Treści programowe.  
Wykłady<sup>5</sup>

**Ćwiczenia laboratoryjne: 40 h prowadzonych jako 20 ćwiczeń po 2 h, po 10 spotkań w semestrze I i w semestrze II**

**Celem ćwiczeń jest poszerzenie wiedzy wykładowej i praktyczne ćwiczenia związane z tematyką omawianą na wykładzie, zapoznanie z metodologią doświadczeń z biologii i genetyki molekularnej, w tym doświadczeń populacyjnych i ewolucyjnych oraz praktyczne ćwiczenia związane z technikami molekularnymi.**

**Semestr I**

1. **C01A. Ewolucja biologiczna.** Metody badania ewolucji biologicznej: ślady kopalne i molekularne. Przewidywanie procesów ewolucyjnych. Zagrożenia cywilizacyjne dla bioróżnorodności. **BN**
  2. **C01B. Wielokomórkowość i różnicowanie komórek.** Ewolucja wielokomórkowości. Powstanie organizmów wielokomórkowych. Warunki powstania wielokomórkowości. Pochodzenie Metazoa. Charakterystyka Choanoflagellata, pęcherzyki synaptyczne, homologi synaptobrewiny. Znaczenie transpozonów ERV, ewolucja syncytyny, ochrona przed egzogennymi infekcjami.
  3. **C02A. Komórka i cykl życiowy.** Pochodzenie komórek. Charakterystyka Archaea i Eubacteria. Komórka Pro- i Eukariota. cykl życiowy komórki. Fazy cyklu życiowego. Obserwacja i symulacja faz mitozy i mejozy z uwzględnieniem zmian zawartości DNA. Zapoznanie się z bazą NCBI na podstawie analizy danych dla organizmów modelowych. **BN**
  4. **C02B. Jądro i cytoszkielet.** Budowa jądra komórkowego: morfologia jądra w różnych typach komórek, struktura przestrzenna jądra komórkowego, organizacja chromatyny, nukleopatie. Pochodzenie jądra komórkowego, autogeniczne pochodzenie jądra, endosymbiotyczne pochodzenie jądra, Archaea, znaczenie i charakterystyka wirusów olbrzymich. Elementy cytoszkieletu, znaczenie cytoszkieletu w powstawaniu chorób neurodegeneracyjnych..
  5. **C03A. Genetyka mendlowska.** Mejozyczne uwarunkowanie praw Mendla. Dziedziczenie cech uwarunkowanych jednogenowo u różnych grup organizmów, analiza rozszczepień w krzyżówkach jedno i wielopunktowych, ocena prawdopodobieństwa wystąpienia danej cechy. Projektowanie doświadczeń genetycznych. Allele wielokrotne: częstość alleli w populacji, polimorfizm, dziedziczenie barwy kwiatów. Współdziałanie genów: addytywne komplementacja, współdziałanie genów dominujących, recesywna epistaza, epistaza genów dominujących. Wykorzystanie rachunku prawdopodobieństwa i testów statystycznych. Test  $\chi^2$ . **BN**
- K01: KOŁOKWIUM I: Wykłady: W01A, W01B, W02A, W02B, W03A. Ćwiczenia C01A, C01B, C02A, C02B, C03A**
6. **C03B. Chromosomowa teoria dziedziczości.** Chromosom metafazowy. Kariotyp. Ploidalność. Sprzężenie z płcią. Determinacja płci u ssaków. Dziedziczenie sprzężone z płcią na przykładzie *D. melanogaster*. Rozszczepienia w przypadku sprzężenia genów całkowitego i częściowego. Obliczanie odległości genetycznej. Wykorzystanie odległości genetycznej do oceny prawdopodobieństwa wystąpienia danej kombinacji cech. Mapy genetyczne i mapy fizyczne. **BN**
  7. **C04A. Struktura materiału genetycznego.** Składniki kwasów nukleinowych: porównanie DNA i RNA. Synteza nukleotydów w komórce. Obliczanie zawartości kwasów nukleinowych w próbce. Analiza struktury i właściwości RNA. Właściwości DNA. Sekwencje nukleotydowe w bazach danych. Pojęcie nici sensownej i antysensownej. Struktura rekordu sekwencji nukleotydowej w bazie NCBI. **BN**
  8. **C04B. Markery genetyczne.** Porównanie różnych typów markerów genetycznych. Kosztochłonność i czasochłonność technologii markerowych. Zastosowanie markerów genetycznych do identyfikacji patogenów. Epidemiologia *M. tuberculosis*. Identyfikacja gatunków. Markery izoenzymatyczne: kodominacja, zasady odczytu zymogramów. Monomery i dimery. Enzymy restrykcyjne. Analiza miejsc restrykcyjnych genów człowieka z wykorzystaniem NEB-cutter. Markery SSAP: ocena liczby miejsc insercji na podstawie obserwacji żeli poliakrylamidowych. **BN**
  9. **C05A. Geny.** Pojęcie genu: współczesne rozumienie genu, wykazanie, że geny organizmów to fragmenty DNA. Test cis-trans: komplementacja międzygenowa i wewnątrzgenowa. Pojęcie ORF: definicja, wyznaczanie ORF dla wybranej sekwencji, odczytywanie ORF dla wybranych sekwencji za pomocą ORFfinder. Geny człowieka w bazie OMIM: charakterystyka OMIM i odczyt danych, funkcja wybranych genów na podstawie OMIM, poszukiwanie homologów wybranych genów Eukariota u człowieka przy pomocy BLAST. **BN**
  10. **C05B. Genomy.** Genom i jego dynamika: definicja genomu, liczba genomów w komórce, transpozony. Wielkość genomu: miary wielkości, przeliczanie jednostek. Wartość C i co na nią wpływa: sekwencje tandemowo powtórzone, sekwencje unikalne. Analiza wartości C u różnych grup organizmów na podstawie Animal Genome Size Database, GSAD. Gęstość genów: porównanie u różnych organizmów, obliczanie gęstości genów. **BN**

**K02: KOŁOKWIUM II: Wykłady W03B, W04A, W04B, W05A, W05B. Ćwiczenia C03B, C04A, C04B, C05A, C05B**

**Treści programowe:  
Ćwiczenia  
laboratoryjne**

Treści programowe:  
Ćwiczenia  
laboratoryjne

## Semestr II

11. **C06. Replikacja DNA.** Chemizm replikacji DNA *in vivo*, dokładność kopiowania, startery RNA, kierunek replikacji. Reakcja PCR: podstawy teoretyczne, etapy reakcji PCR, zasady projektowania starterów, wpływ struktury starterów i ich temperatury topnienia starterów na specyfikę reakcji PCR. Projektowanie reakcji PCR: stężenia składników, obliczanie ilości składników w próbce, ustalanie warunków termicznych reakcji. Matryca i metody wizualizacji produktu reakcji PCR. Odmiany reakcji PCR: standardowa reakcja PCR, RT-PCR, RT-qPCR. **BN**
12. **C07A. Mutageneza i naprawa DNA.** Analiza mutacji punktowych na poziomie DNA i białka. Szacowanie częstości mutacji punktowych. Mutacje punktowe a ewolucja diety człowieka. Mutacje chromosomowe strukturalne. Inżynieria chromosomowa. Mutacje chromosomowe liczbowe i ich rola w powstawaniu gatunków. **BN**
13. **C07B. Indukowanie i wykorzystanie mutacji.** Mutageneza indukowana: zielona rewolucja, jej korzyści i ograniczenia, mutageneza w badaniu przyczyn chorób człowieka. Mutageny i ich wpływ na człowieka: mutageny fizyczne, mutageny chemiczne. Dawka mutagenu: zasady sporządzania roztworów mutagenu, efekty somatyczne, cytologiczne i genetyczne działania mutagenu, test kometowy, szacowanie dawki optymalnej mutagenu u organizmów modelowych. Mutageny w środowisku człowieka: wpływ promieniowania jonizującego na organizm, efekty deterministyczne i stochastyczne, przypadek DDT i glifosatu. **BN**
14. **C09A. Organizmy modyfikowane genetycznie (GMO).** Modyfikacje genetyczne a GMO: historia modyfikacji genetycznych, udomowienie i introgresja. Definicja GMO: definicja biologiczna, definicje prawne, ustawa o mikroorganizmach i organizmach genetycznie modyfikowanych z dnia 22 czerwca 2001 r. z późniejszymi zmianami (Dz. U. z 2019, poz. 706; z 2020, poz. 322). GMO w bazach danych. Metody otrzymywania GMO: transformacja, transdukcja, transfekcja, transformant, transgen, marker selekcyjny, gen reporterowy. Identyfikacja transgenów na poziomie DNA i na poziomie białka. Dziedziczenie transgenu. Wykorzystanie GMO w poznaniu przyczyn chorób człowieka, produkcja leków i szczepionek na bazie GMO. **BN**
15. **C09B. Ewolucja diety i nutrigenomika.** Jak zmieniała się dieta *Homo sapiens*? Wpływ czynników klimatycznych, indeks glikemiczny, dieta paleolityczna, dieta neolityczna, dieta współczesna. Współczesne zwyczaje żywieniowe a przystosowanie ewolucyjne. Genotyp oszczędny. Genotyp prozapalny. Choroby związane z brakiem przystosowania. Ziola i ich wykorzystanie: substancje czynne, mikroskładniki. Nutrigenetyka, nutrigenomika: definicje, podstawowe założenia, dieta a stabilność genomu. **BN**  
**K03: KOŁOKWIUM III: Wykłady: W06, W07A, W07B, W08, W09A, W09B, W10. Ćwiczenia: C06, C07A, C07B, C09A, C09B**
16. **C11A. Od zmienności ciągłej do identyfikacji genów.** Dziedziczenie cech ilościowych: cechy jakościowe a cechy ilościowe, kumulatywne (addytywne) działanie genów, dziedziczenie barwy skóry u człowieka, zróżnicowanie genetyczne barwy skóry, rola melaniny i witaminy D, molekularne podłoże barwy skóry. Rozkład cech ilościowych: histogram, rozkład normalny i jego cechy, parametry rozkładu normalnego. Podział zmienności: wariancja genetyczna, wariancja środowiskowa, interakcja genotypowo-środowiskowa. Metody statystyczne analizy cech ilościowych: hipoteza zerowa i hipoteza alternatywna, poziom istotności i wartość krytyczna, układ ortogonalny, analiza wariancji jednoczynnikowa i wieloczynnikowa, analiza wzrostu populacji polskiej. **BN**
17. **C11B. Homo olympicus.** Ewolucja "Fenotypu sportowca": ogólna budowa mięśni, białka wchodzące w skład miofibrili, budowa filamentów grubych i cienkich. Rola alfa-aktynin, ewolucja alfa-aktynin u kręgowców, wpływ polimorfizmu ACTN3 na wytrzymałość mięśni. Paleobiologia sportowa. Wpływ genów na "fenotyp sportowca": wartość genotypowa, polimorfizm ACE, CKM, COL5A1, NFATC4, SLC16A w populacji ludzkiej, mutacje prowadzące do zmiany funkcji genów typu "loss of function" o "gain of function". Biologiczne podstawy treningu: efekty treningu, zmiany na poziomie komórkowym. Testy DNA: model biznesowy, paradoks testu fałszywie pozytywnego, zagadnienia etyczne.
18. **C13A. Sygnalizacja komórkowa.** Pochodzenie i ewolucja szlaków sygnałowych: wrażliwość na kworum. Komunikacja międzykomórkowa: połączenia szczelinowe, tunelowe nanorurki. Egzosomy i ektosomy: tworzenie, budowa, funkcja. Etapy transdukcji sygnału: ligandy, przekaźniki i efekторы, regulacja mRNA za pomocą kinaz MAP. Analiza szlaku sygnałowego cAMP. Choroby związane z zaburzeniami szlaków sygnałowych: cholera, migrena, otyłość.
19. **C13B. Komórki macierzyste.** Przykłady komórek macierzystych, opis linii UM4-6. Pochodzenie komórek macierzystych – identyfikacja nisz w organizmie człowieka. Terapia komórkami macierzystymi. Regulacje prawne. Genetyczne aspekty pluripotencji komórek macierzystych, przyczyny genetycznej niestabilności, skutki.

<p><b>Treści programowe: Ćwiczenia laboratoryjne</b></p>	<p><b>Semestr II, cd</b></p> <p>20. <b>C15. Z Afryki do Europy.</b> Zmienność genetyczna w populacjach naturalnych, zmienność izoenzymatyczna populacji ludzkich, zmienność sekwencji nukleotydowych, SNP i indele. Pojęcie gatunku biologicznego, gatunek biologiczny a taksonomiczny, bariera reprodukcyjna prezygotyczna i postzygotyczna. Krzyżowania międzygatunkowe, ludzko-malpie pluripotencjalne komórki macierzyste. Czy <i>Homo sapiens</i> i <i>H. neanderthalensis</i> są odrębnymi gatunkami biologicznymi? Przepływ genów między <i>H. sapiens</i> i <i>H. neanderthalensis</i>. Geny pochodzenia neandertalskiego na przykładzie regionu TLR. Podobieństwo genetyczne, miary podobieństwa genetycznego, obliczanie podobieństwa genetycznego populacji ludzkich na podstawie DNA oraz grup krwi. Drzewa filogenetyczne, budowa drzewa filogenetycznego, typy drzew filogenetycznych. Metody konstrukcji drzew filogenetycznych. Migracja i jej znaczenie, wykorzystanie mitochondrialnego DNA (mtDNA), wykorzystanie chromosomu Y. Zróżnicowanie Europejczyków na podstawie chromosomu Y. Udomowienie człowieka, syndrom udomowienia, ślady udomowienia w genomie ludzkim. <b>BN</b></p> <p><b>K04. KOŁOKWIUM IV: Wykłady W11A, W11B, W12, W13A, W13B, W14, W15. Ćwiczenia C11A, C11B, C13A, C13B, C15.</b></p> <p><i>*BN: tematyka związana z działalnością naukową</i></p>
<p><b>Metody dydaktyczne:<sup>6</sup></b></p>	<p><b>1. Wykład</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Informacyjny z wykorzystaniem technik multimedialnych oraz z elementami dyskusji.</li> <li>• Problemowy w zakresie problemów biologii molekularnej.</li> <li>• Konwersatoryjny z aktywnym udziałem studentów.</li> </ul> <p><b>2. Ćwiczenia</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Eksperymentalna z wykorzystaniem symulacji komputerowych, narzędzi bioinformatycznych, internetowych baz danych.</li> <li>• Planowanie i przeprowadzanie prostych doświadczeń.</li> <li>• Obserwacja i pomiar w odniesieniu do zagrożeń środowiskowych.</li> <li>• Demonstracja technik molekularnych, planowanie analiz molekularnych.</li> <li>• Rozwiązywanie zadań i problemów z zakresu biologii i genetyki molekularnej oraz krytyczna ocena tekstu - praca samodzielna i grupowa z wykorzystaniem metody okrągłego stołu oraz stolików eksperckich.</li> </ul> <p><b>3. Praca samodzielna</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Samodzielne rozwiązywanie wybranych problemów na podstawie materiałów zamieszczanych on line. Praca dobrowolna.</li> <li>• Samodzielne wykonywanie prostych analiz.</li> <li>• Przygotowywanie krótkich wystąpień na wybrany temat. Praca dobrowolna.</li> </ul>
<p><b>Rygor zaliczenia, kryteria oceny osiągniętych efektów uczenia się:</b></p>	<p>Warunkiem zaliczenia przedmiotu jest osiągnięcie wszystkich wymaganych dla przedmiotu efektów uczenia się. Uzyskanie pozytywnych ocen ze wszystkich form zajęć wchodzących w skład przedmiotu jest równoznaczne z jego zaliczeniem i zdobyciem przez studenta przyporządkowanej przedmiotowi liczby punktów ECTS.</p> <p><b>1. Ćwiczenia i wykład</b></p> <p>Warunki uzyskania oceny pozytywnej z przedmiotu (ćwiczenia i wykład) w danym semestrze.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Obecność na każdym wykładzie i ćwiczeniu: <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ zgodnie z art. 18, punktem 4 regulaminu studiów w UTH dla studentów pierwszego roku oraz jednolitych studiów magisterskich wykłady i ćwiczenia są obowiązkowe;</li> <li>➤ obecność studentów na wykładach stacjonarnych może być kontrolowana w postaci listy obecności;</li> <li>➤ w przypadkach losowych nieobecności należy usprawiedliwić;</li> <li>➤ nieobecności powyżej 20% są zgłaszane do Biura Obsługi Studenta.</li> </ul> </li> <li>• Uzyskanie 48 punktów na 80 punktów możliwych do zdobycia w ciągu semestru. Punktowane są: <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ dwa kolokwia w semestrze (2 x 30 punktów);</li> <li>➤ aktywność na ćwiczeniach (maksymalnie 2 punkty),</li> <li>➤ samodzielne, dobrowolne rozwiązywanie zadań z protokołów umieszczonych na stronie <a href="https://www.matgen.pl">https://www.matgen.pl</a> (2-5 punktów),</li> <li>➤ samodzielnie przygotowane prezentacje (5 punktów).</li> <li>➤ punkty &gt;80 w semestrze I przechodzą na semestr II, punkty &gt;80 w semestrze II są dopisywane do egzaminu.</li> </ul> </li> </ul>

Rygor zaliczenia,  
kryteria oceny  
osiągniętych efektów  
uczenia się:

## 2. Kolokwia

- W trakcie przedmiotu przewidziane są cztery kolokwia pisemne, po dwa w każdym semestrze.
- Kolokwium składa się z pytań utworzonych na podstawie zagadnień podanych na końcu każdego wykładu oraz z zagadnień omawianych na ćwiczeniach.
- Punktacja jest podana przy każdym pytaniu. Łączna punktacja za każde kolokwium wynosi 30 punktów. Nie przewiduje się punktów ujemnych.
- Kolokwia są przeprowadzane za pomocą platformy MS Forms w siedzibie uczelni w obecności prowadzącego zajęcia.
- Pytania na kolokwiach mają formę:
  - testu jednokrotnego wyboru,
  - testu tak/nie lub prawda/fałsz
  - zadań otwartych, w tym zadań obliczeniowych,
  - zadań krótkiej odpowiedzi,
  - zadań z luką.

## 3. Prace domowe

- Terminy prac domowych są podane w protokołach i są nieprzekraczalne. Prace nadesłane po terminie nie są oceniane.
- Prace domowe należy przysyłać w formacie tekstowym (doc, docx, odt, txt, rtf) lub w postaci plików pdf. Zadania obliczeniowe mogą być przesłane w formie arkusza kalkulacyjnego.
- Niedopuszczalne jest przysyłanie prac domowych w postaci plików graficznych jpg itp.
- Prace domowe muszą być podpisane numerem ćwiczenia (np. C05A) oraz nazwiskiem i imieniem studenta.
- Prace niespełniające wymogów nie będą oceniane.

## 4. Prezentacje

- Każdy student ma prawo przysłać dwie prezentacje w ciągu całego kursu, po jednej w każdym semestrze.
- Ostateczny termin nadsyłania prezentacji w semestrze I oraz w semestrze II zostanie podany na stronie <https://www.matgen.pl>
- Prezentacje muszą być przygotowane indywidualnie.
- Tematyka prezentacji powinna być związana z szeroko rozumianą biologią medyczną, biologią molekularną lub genetyką molekularną. Mogą być to zagadnienia wykraczają poza tematykę kursu.
- Forma prezentacji
  - Strona tytułowa: tytuł, imię i nazwisko studenta
  - Maksymalnie 15 slajdów zawierających omówienie zagadnienia.
  - Strona(y) z bibliografią w formacie: Autor(rzy). Rok. Tytuł. Czasopismo. Volumen. Strony. Adres strony dla źródeł internetowych.
- Prezentacje mogą być w formacie ppt lub pdf.
- Pliki z prezentacją należy podpisać nazwiskiem i imieniem.
- Za prezentację można uzyskać maksymalnie 5 punktów.
- Przekroczenie limitu stron, a także brak bibliografii będą skutkowały obniżeniem punktacji o 20%.
- W ocenie prezentacji uwzględniana jest:
  - oryginalność tematyki;
  - precyzyjne i wyczerpujące przedstawienie zagadnienia.

## 5. Egzamin

**Przedmiot kończy się egzaminem. Uzyskanie oceny pozytywnej z zaliczenia przedmiotu w semestrze I oraz w semestrze II jest warunkiem koniecznym przystąpienia do egzaminu.**

- Egzamin ma formę pisemną i składa się z pytań w postaci:
  - testu jednokrotnego wyboru,
  - testu tak/nie lub prawda/fałsz
  - zadań otwartych, w tym zadań obliczeniowych,
  - zadań krótkiej odpowiedzi,
  - zadań z luką.
- Za egzamin można maksymalnie uzyskać 50 punktów.
- Egzamin jest przeprowadzany za pomocą platformy MS Forms w siedzibie uczelni w obecności prowadzącego zajęcia.
- Termin zerowy nie jest przewidywany.

## 6. Warunki przepisania oceny w przypadku realizacji przedmiotu w innej uczelni

- Tożsamość nazwy przedmiotu - biologia molekularna.
- Realizacja wszystkich kierunkowych efektów kształcenia przewidzianych dla kierunku lekarskiego i wymienionych w niniejszym sylabusie.
- Zgodność tematyki z tematyką przedstawioną w sylabusie, w co najmniej 70%.



<b>Sposób obliczania oceny końcowej:</b>	<i>Sposób obliczenia oceny końcowej (dokładnej) z przedmiotu uwzględniający wszystkie jego formy określony został w Regulaminie studiów (§37-40). Ocena dokładna obliczana jest w systemie Wirtualnej Uczelni na podstawie ocen uzyskanych z poszczególnych form przedmiotu.</i>	
	<i><b>Wykład i ćwiczenia w semestrze I (ocena z wykładu jest tożsama z oceną z ćwiczeń pod warunkiem obecności na wszystkich wykładach)</b></i>	<i><b>Ćwiczenia w semestrze II</b></i>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 48-55: 3,0 (dostateczny)</li> <li>• 56-63: 3,5 (dostateczny plus)</li> <li>• 64-71: 4,0 (dobry)</li> <li>• 72-76: 4,5 (dobry plus)</li> <li>• 77-80: 5,0 (bardzo dobry)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 48-55: 3,0 (dostateczny)</li> <li>• 56-63: 3,5 (dostateczny plus)</li> <li>• 64-71: 4,0 (dobry)</li> <li>• 72-76: 4,5 (dobry plus)</li> <li>• 77-80: 5,0 (bardzo dobry)</li> </ul>
	<i><b>Egzamin (ocena z egzaminu jest tożsama z oceną z wykładu w semestrze II)</b></i>	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 30-35: 3,0 (dostateczny)</li> <li>• 36-40: 3,5 (dostateczny plus)</li> <li>• 41-44: 4,0 (dobry)</li> <li>• 45-47: 4,5 (dobry plus)</li> <li>• 48-50: 5,0 (bardzo dobry)</li> </ul>	

<b>Efekty uczenia się dla przedmiotu w odniesieniu do efektów kierunkowych i formy zajęć<sup>7</sup></b>				<b>Metody weryfikacji efektów uczenia się</b>	
Numer efektu uczenia się	Opis efektów uczenia się dla przedmiotu (PEU) Student, który zaliczył przedmiot (W) zna i rozumie/ (U) potrafi / (K) jest gotów do:	Kierunkowy efekt uczenia się (KEU) i stopień osiągnięcia	Forma zajęć	Forma weryfikacji (zaliczeń)	Metody sprawdzania i oceny
<b>W1</b>	<i>Rozumie komórkową teorię budowy organizmów, ewolucję wielokomórkowości oraz zna struktury komórkowe i ich funkcję, zwłaszcza budowę i funkcję jądra komórkowego.</i>	<i>A.W4 +++</i>	<i>Wykład W01A, W01B, W02A, W02B. Ćwiczenia C01A, C01B, C02A, C02B</i>	<i>Zaliczenie Egzamin</i>	<i>Wypowiedź ustna, test pisemny, prezentacja, dyskusja.</i>
<b>W2</b>	<i>Rozumie znaczenie promieniowania jonizującego jako czynnika mutagennego, zna źródła naturalne i sztuczne promieniowania jonizującego. Rozróżnia rodzaje emitowanego promieniowania przez źródła sztuczne.</i>	<i>B.W6 +++</i>	<i>Wykład W07A, W07B Ćwiczenia C07A, C07B</i>	<i>Zaliczenie Egzamin</i>	<i>Test pisemny, dyskusja, prezentacja, ocena efektów działania promieniowania na przykładzie Czarnobyla.</i>
<b>W3</b>	<i>Zna strukturę białek: strukturę I-rzędową, II-rzędową i III-rzędową. Rozumie klasyfikację domen białkowych, pojęcie homologii i analizę zbieżności. Zna macierze substytucji aminokwasowych.</i>	<i>B.W12 +++</i>	<i>Wykład W12, W14</i>	<i>Zaliczenie Egzamin</i>	<i>Test pisemny, rozpoznawanie struktur białkowych, identyfikacja homologii.</i>
<b>W4</b>	<i>Zna szlaki syntezy nukleotydów w komórce, ich podział na podstawie struktury. Rozumie funkcje nukleotydów in vivo oraz in vitro.</i>				
<b>W5</b>	<i>Zna strukturę materiału genetycznego u różnych organizmów i wirusów, rozróżnia formy DNA i RNA. Rozumie przemiany RNA w komórce i jego funkcję w syntezie białka oraz ekspresji genów.</i>	<i>B.W13 +++</i>	<i>Wykład W04A Ćwiczenia C04A</i>	<i>Zaliczenie Egzamin Praca domowa</i>	<i>Test pisemny, praca z komputerem w zakresie znajomości bazy NCBI i struktury rekordu, samodzielna analiza i dyskusja.</i>
<b>W6</b>	<i>Zna strukturę chromatyny Prokariota i Eukariota. Rozumie poziomy upakowania DNA w komórce.</i>				

Efekty uczenia się dla przedmiotu w odniesieniu do efektów kierunkowych i formy zajęć <sup>7</sup>				Metody weryfikacji efektów uczenia się	
Numer efektu uczenia się	Opis efektów uczenia się dla przedmiotu (PEU) Student, który zaliczył przedmiot (W) zna i rozumie/ (U) potrafi / (K) jest gotów do:	Kierunkowy efekt uczenia się (KEU) i stopień osiągnięcia	Forma zajęć	Forma weryfikacji (zaliczeń)	Metody sprawdzania i oceny
W7	Zna budowę genów i genomów Prokariota oraz Eukariota. Rozumie powiązania między genomem a właściwościami organizmu. Rozumie pojęcie kolinearności genomów. Zna metody badania genów i genomów.	B.W14 +++	Wykład W05A, W05B Ćwiczenia C05A, C05 B Wykład W08, W14	Zaliczenie Egzamin Praca domowa	Test, identyfikacja molekularna organizmów, opis genów i genomów wybranych patogenów oraz człowieka.
W8	Zna proces transkrypcji, opisuje jego etapy, mechanizm odwrotnej transkrypcji oraz mechanizmy obróbki mRNA. Rozumie metody badania transkryptomu.		Wykład W10	Zaliczenie Egzamin	Test, opis przebiegu transkrypcji, opis obróbki RNA oraz czynników transkrypcyjnych.
W9	Zna przebieg procesu translacji oraz metody badania proteomu.		Wykład W12	Zaliczenie Egzamin	Test, analiza proteomu człowieka
W10	Zna przebieg replikacji w komórkach Prokariota i Eukariota. Rozumie przebieg i znaczenie replikacji in vitro (PCR). Opisuje odmiany PCR i ich zastosowania.		Wykład W06 Ćwiczenie C06	Zaliczenie Egzamin Praca domowa	Test, prezentacja, opis etapów PCR, zastosowania odmian PCR.
W11	Zna przebieg procesu mutagenyzy i rozumie jak uszkodzenia DNA przekładają się na mutacje. Zna mechanizmy naprawy DNA w różnych warunkach.	B.W14 +++ C.W4 +++	Wykład W07A Ćwiczenie C07A	Zaliczenie Egzamin Praca domowa	Test pisemny, analiza procesów naprawy w różnych warunkach.
W12	Zna podstawowe typy komunikacji komórkowej, rozumie etapy transdukcji sygnału oraz rozróżnia receptory uczestniczące w szlakach sygnałowych.	B.W17 +++	Wykład W13A Ćwiczenie C13A	Zaliczenie Egzamin Praca domowa	Test pisemny, dyskusja, stoliki eksperckie, analiza szlaku cAMP.
W13	Omawia etapy cyklu komórkowego oraz jego regulację. Rozumie różnice między mitozą i mejozą oraz ewolucyjne i fizjologiczne znaczenie tych procesów.	B.W18 +++	Wykład W02A Ćwiczenie C02A	Zaliczenie Egzamin Praca domowa	Test pisemny, analiza symulacji podziałów komórkowych.
W14	Zna pochodzenie i podział komórek macierzystych oraz rozumie genetyczne uwarunkowania pluripotencji.	B.W19 +++	Wykład W13B Ćwiczenie C13B	Zaliczenie Egzamin Praca domowa	Test pisemny, dyskusja dotycząca zastosowań i aspektów etycznych.
W15	Zna genetyczne i proteomiczne bazy danych, rozumie ich strukturę oraz zna narzędzia wykorzystywane do analizy kwasów nukleinowych i białek.	B.W26 ++	Wykład W14	Zaliczenie Egzamin	Test pisemny, analiza sekwencji, opis rekordu.
W16	Zna metody statystyczne wykorzystywane w badaniach ewolucyjnych, filogenetycznych, w tym w filogenezie człowieka.	B.W27 ++	Wykład W01A, W15 Ćwiczenie C01A, C15	Zaliczenie Egzamin Praca domowa	Test pisemny, dyskusja „Okragły Stół”, analiza dendrogramów.
W17	Zna układy doświadczalne stosowane w naukach o życiu, w tym doświadczeniach dotyczących cech ilościowych oraz ich ograniczenia.	B.W29 ++	Wykład W01A, W04B W11A, W11B, W15 Ćwiczenia C11A, C11B	Zaliczenie Egzamin Praca domowa	Test pisemny, opis układu doświadczeń, stoliki eksperckie, symulacja komputerowa.

Efekty uczenia się dla przedmiotu w odniesieniu do efektów kierunkowych i formy zajęć <sup>7</sup>				Metody weryfikacji efektów uczenia się	
Numer efektu uczenia się	Opis efektów uczenia się dla przedmiotu (PEU) Student, który zaliczył przedmiot (W) zna i rozumie/ (U) potrafi / (K) jest gotów do:	Kierunkowy efekt uczenia się (KEU) i stopień osiągnięcia	Forma zajęć	Forma weryfikacji (zaliczeń)	Metody sprawdzania i oceny
W18	Zna podstawowe pojęcia z zakresu genetyki, w tym dziedziczenie jedno, i wielogenowe, koncepcje współdziałania i sprzężenia genów. Rozumie dziedziczenie cech u człowieka, w tym grup krwi ABO, MN, Rh, oraz zna dziedziczenie fenotypu bombajskiego.	C.W1 +++ C.W2 +++ C.W5 ++ C.W6 +++	Wykład W03A, W03B Ćwiczenia C03A, C03B	Zaliczenie Egzamin Praca domowa	Test pisemny, rozwiązywanie zadań.
W19	Zna budowę chromosomu metafazowego, prawidłowy kariotyp człowieka oraz aberracje chromosomowe strukturalne i liczbowe oraz rozumie ich wpływ na powstawanie chorób. Zna mianownictwo cytogenetyczne.	C.W3 +++ C.W4 +++ C.W7 +++	Wykład W03B Ćwiczenia C03B	Zaliczenie Egzamin Praca domowa	Test pisemny, opis przypadków, prezentacja, rozwiązywanie zadań.
W20	Zna mechanizmy determinacji płci u różnych organizmów i rozumie zjawisko sprzężenia z płcią.	C.W3 +++			
W21	Rozumie dziedziczenie cech ilościowych oraz zna metody analizy efektów genetycznych. Zna cechy ilościowe u człowieka oraz ich znaczenie w sporcie.	C.W5 +++	Wykład W11A, W11B Ćwiczenia C11A, C11B	Zaliczenie Egzamin Praca domowa	Test pisemny, dyskusja „Okrągły stół, analiza cech, ocena parametrów, rozwiązywanie zadań.
W22	Zna koncepcje pochodzenia człowieka, jego filogenezę i metody jej badania. Rozumie ewolucyjne uwarunkowania kondycji człowieka współczesnego.	C.W2 ++	Wykład W01A, W15 Ćwiczenia C01A, C15	Zaliczenie Egzamin Praca domowa	Test pisemny, dyskusja, prezentacja, symulacja komputerowa.
W23	Zna metody molekularne pozwalające na identyfikację mutacji, charakterystykę genetyczną organizmu oraz analizę ekspresji genu. Rozumie zastosowanie metod molekularnych w diagnostyce. Rozumie ewolucyjne uwarunkowania chorób cywilizacyjnych, w tym uwarunkowania wynikające ze zmiany diety człowieka.	B.W15 ++ C.W9 +++ D.W14 ++	Wykład W04B, W06, W08, W09B, W14, W15 Ćwiczenia C04B, C06, C09B, C15	Zaliczenie Egzamin Praca domowa	Test pisemny, projektowanie i symulacja reakcji, odczyty wyników.
W24	Zna metody otrzymywania GMO oraz rozumie korzyści i zagrożenia związane z GMO dla środowiska, zdrowia człowieka oraz ekonomii.	C.W10 +++	Wykład W09A Ćwiczenia C09A	Zaliczenie Egzamin Praca domowa	Test pisemny, prezentacja, praca z bazą GMO, analiza ustawy.
W25	Zna genetyczne uwarunkowania lekooporności, w tym wielolekooporności. Rozumie zagrożenia wynikające z nadużywania antybiotyków.	C.W11 +++ C.W40 ++	Wykład W05A Ćwiczenie C05A	Zaliczenie Egzamin Praca domowa	Test pisemny, prezentacja, analiza genów warunkujących lekooporność, symulacja komputerowa.

Efekty uczenia się dla przedmiotu w odniesieniu do efektów kierunkowych i formy zajęć <sup>7</sup>				Metody weryfikacji efektów uczenia się	
Numer efektu uczenia się	Opis efektów uczenia się dla przedmiotu (PEU) Student, który zaliczył przedmiot (W) zna i rozumie/ (U) potrafi /(K) jest gotów do:	Kierunkowy efekt uczenia się (KEU) i stopień osiągnięcia	Forma zajęć	Forma weryfikacji (zaliczeń)	Metody sprawdzania i oceny
U1	<i>Potrafi oceniać zagrożenia wynikające z ekspozycji na mutageny chemiczne i fizyczne, w tym promieniowanie jonizujące. Oblicza dawkę optymalną mutagenu oraz ocenia genotoksyczność. Identyfikuje zagrożenia środowiskowe związane z GMO.</i>	B.U2 ++ C.U6 ++	Ćwiczenia C07A, C07B, C09A	Zaliczenie Egzamin Praca domowa	<i>Test pisemny, określanie dawki optymalnej na podstawie eksperymentu, ocena częstości mutacji, ocena wpływu GMO na środowisko.</i>
U2	<i>Dobiera rodzaj technik molekularnych do celów analizy i potrafi odczytać i zinterpretować wyniki analiz molekularnych. Projektuje i optymalizuje reakcję PCR oraz wykorzystuje różne jej typy w zależności od celu analizy.</i>	B.U8 ++	Ćwiczenia C01A, C01B, C04B, C06,C09A, C15	Zaliczenie Egzamin Praca domowa	<i>Test pisemny, projekt starterów, eksperyment, odczyt wyników analiz molekularnych, projekt doświadczenia, projekt reakcji PCR,.</i>
U3	<i>Korzysta z genetycznych baz danych, potrafi wyszukać sekwencje i informacje o nich oraz przeprowadzić ich analizę przy pomocy dostępnych w bazach narzędzi.</i>	B.U10 +++	Ćwiczenia C01B, C02A, C04A, C05A, C05B, C09A, C09B, C13B, C15	Zaliczenie Egzamin Praca domowa	<i>Test pisemny, zadania z wykorzystaniem baz danych, analiza homologii i filogenezy.</i>
U4	<i>Wnioskuje o różnicach dotyczących cech ilościowych i jakościowych na podstawie odpowiednich testów statystycznych oraz przeprowadza metaanalizy danych genetycznych. Dobiera testy do analiz filogenetycznych, w tym homologii sekwencji.</i>	B.U11 +++	Ćwiczenia C03A, C03B, C11A, C11B, C15	Zaliczenie Egzamin Praca domowa	<i>Test pisemny, rozwiązywanie zadań, określenie wielkości próby, przeprowadzenie metaanalizy.</i>
U5	<i>Analizuje typy badań klinicznych, różnicuje badania kliniczne i naukowe, planuje doświadczenie naukowe, opisuje wyniki i wyciąga z niego wnioski.</i>	B.U12 + B.U13 +++	Ćwiczenia C11A, C11B, C13B	Zaliczenie Egzamin Praca domowa	<i>Test pisemny, projekt doświadczenia, analiza wybranych publikacji.</i>
U6	<i>Ustala sposób dziedziczenia na podstawie stosunków rozszczepień, potrafi przewidzieć prawdopodobieństwo pojawienia się określonego fenotypu w potomstwie, w tym w potomstwie po transformacji.</i>	C.U1 +++	Ćwiczenia C03A, C03B, C04B, C09A, C13A	Zaliczenie Egzamin Praca domowa	<i>Test pisemny, rozwiązywanie zadań, ocena prawdopodobieństwa pojawienia się cechy, symulacja.</i>
U7	<i>Rozpoznaje zmiany w strukturze jądra w zależności od stadium cyklu komórkowego oraz w wyniku zmian chorobowych, w tym związanych z mutacjami genowymi.</i>	C.U11 ++	Ćwiczenia C02B, C03B	Zaliczenie Egzamin Praca domowa	<i>Test pisemny, ocena obrazów mikroskopowych jąder komórkowych.</i>

Efekty uczenia się dla przedmiotu w odniesieniu do efektów kierunkowych i formy zajęć <sup>7</sup>				Metody weryfikacji efektów uczenia się	
Numer efektu uczenia się	Opis efektów uczenia się dla przedmiotu (PEU) Student, który zaliczył przedmiot (W) zna i rozumie/ (U) potrafi /(K) jest gotów do:	Kierunkowy efekt uczenia się (KEU) i stopień osiągnięcia	Forma zajęć	Forma weryfikacji (zaliczeń)	Metody sprawdzania i oceny
<b>U8</b>	<i>Identyfikuje ślady selekcji w genomie człowieka, które związane są z reakcją na warunki środowiskowe, w tym zmiany klimatu, zmiany trybu życia i diety, ekspozycję na patogeny oraz z reakcją na wysiłek fizyczny.</i>	C.U20 ++	Ćwiczenia C01A, C09B, C11B	Zaliczenie Egzamin Praca domowa	<i>Test pisemny, analiza wybranych fragmentów genomu ludzkiego i porównanie z genomami przodków człowieka.</i>
<b>U9</b>	<i>Recenzuje prace naukowe z zakresu medycyny molekularnej, dostrzega błędy metodyczne oraz interpretacyjne.</i>	D.W17 ++	Wykłady Ćwiczenia	Zaliczenie Egzamin Praca domowa	<i>Omawianie wybranych prac, wykorzystanie prac do analizy własnych wyników.</i>
<b>K1</b>	<i>Przedstawia pełną i jasną informację w przypadku terapii eksperymentalnych, w doborze terapii uwzględnia światopogląd pacjenta.</i>	K/K1 ++ K.K2 ++	Ćwiczenia C09B, C13B	Zaliczenie	<i>Dyskusja „okrągły Stół”, prezentacja.</i>
<b>K2</b>	<i>Rozumie potrzebę ciągłego kształcenia się i doskonalenia umiejętności zadawania precyzyjnych pytań oraz wyszukiwania luk w logicznym rozumowaniu.</i>	K.K5 +++	Wykłady Ćwiczenia	Zaliczenia	<i>Dyskusja, krytyczna analiza panelowa, ekspercka i oksfordzka, recenzja tekstu.</i>
<b>K3</b>	<i>Przedstawia sposoby poprawy stanu zdrowotnego i jakości życia w oparciu o uwarunkowania ewolucyjne oraz wiedzę o powiązaniach pomiędzy procesami molekularnymi.</i>	K.K6 +++	Wykłady Ćwiczenia	Zaliczenia	<i>Dyskusja, odgrywanie różnych ról społecznych i zachowań zdrowotnych.</i>
<b>K4</b>	<i>Korzysta z naukowych baz danych oraz czasopism naukowych, ocenia przydatność podanych informacji, poprawność metod i wyciągniętych wniosków.</i>	K.K7	Wykłady Ćwiczenia	Zaliczenia	<i>Analiza prac, wyszukiwanie informacji i ich ocena.</i>
<b>K5</b>	<i>Przeprowadza własne obserwacje zjawisk biologicznych i społecznych, dobiera odpowiednie metody pomiarowe oraz próbę i wyciąga logiczne wnioski.</i>	K.K8 +++	Wykłady Ćwiczenia	Zaliczenia	<i>Wnioski z własnych obserwacji, prezentacja.</i>
<b>K6</b>	<i>Przekazuje informacje dotyczące człowieka i jego środowiska stosując język dostosowany do odbiorcy.</i>	K.K12 ++	Wykłady Ćwiczenia	Zaliczenia	<i>Mini „Festiwal Nauki”.</i>

## Literatura i pomoce naukowe<sup>8</sup>

### Literatura podstawowa

1. Alberts B, Hopkin K, Johnson A.D., Morgan D., Raff M.C., Roberts K., Walter P. 2019. *biologii komórki. Tom 1-2. Warszawa*” PWN.
2. Brown T.A. 2019. *Genomy. Wyd. 3. Warszawa: PWN.*
3. Pollock K. 2017. *From DNA sequence to biological meaning. Gron: e-Gene. Dostęp: <https://zenodo.org/record/820140>.*
4. Polok K. 2011. *Genetyka i ewolucja. Zadania i problemy. Olsztyn: SQL. Dostęp: <https://zenodo.org/record/1254549>*
5. Turner P.C., McLennan A.B., White A.D.M. 201. *Biologia molekularna. Warszawa: PWN.*
6. Węgleński P. 2020. *Genetyka molekularna. Wyd. 6. Warszawa: PWN,*
7. Zielinski R, Polok K. 2022. *Biologia molekularna. Internetowy kurs Biologii Molekularnej dla studentów medycyny. Wykłady i protokoły ćwiczeń. e-Gene. Dostęp: <https://www.matgen.pl>*

### Literatura uzupełniająca

1. Collins F.S., Doudna J.A., Lander E.S., Rotimi C.N. 2021. *Human molecular genetics and genomics — important advances and exciting possibilities. NEJM 384: 1-4. Dostęp: <https://www.nejm.org/doi/full/10.1056/NEJMp2030694>*
2. Liu K.E. 2018. *Rethinking Causation in Cancer with Evolutionary Developmental Biology. Biological Theory 13: 228–242. Dostęp: <https://link.springer.com/article/10.1007/s13752-018-0303-0>*
3. MacCallum C.J. 2007. *Does Medicine without Evolution Make Sense? PLOS Biology 5: e112. Dostęp: <https://www.encodeproject.org/https://doi.org/10.1371/journal.pbio.0050112>*
4. Nesse R.M., Bergstrom C.T., Ellison P.T., Flierd S., Gluckman P., Govindaraju D.R., Niethammer D., Omenn G.S., Perlmani R.L., Schwartz M.D. et al. 2010. *Making evolutionary biology a basic science for medicine. PNAS 107:1800-1807. Dostęp: [www.pnas.org/cgi/doi/10.1073/pnas.0906224106](http://www.pnas.org/cgi/doi/10.1073/pnas.0906224106)*
5. Slack J.M.W. 2017. *Komórki macierzyste. Łódź: Uniwersytet Łódzki.*

### Bazy danych

1. Clustal Omega. 2021. *Multiple Sequence Alignment. EMBL-EBI. Dostęp: <https://www.ebi.ac.uk/Tools/msa/clustalo/>*
2. European Commission. 2021. *Genetically Modified Organisms [Database]. Brussels. Dostęp: [https://ec.europa.eu/food/plant/gmo\\_en](https://ec.europa.eu/food/plant/gmo_en)*
3. ENCODE. 2022. *ENOCODE - Encyclopedia of DNA [Database]. Stanford University. Dostęp: <https://www.encodeproject.org/>*
4. ExPaSy. 2022. *Bioinformatics Resource Portal. [Database] SIB. Dostęp: <https://www.expasy.org>*
5. IAEA 2021. *Mutant Varieties Database. Vienna: International Atomic Energy Agency. Mutation Breeding section. Dostęp: <https://www.iaea.org/resources/databases/mutant-varieties-database>*
6. NCBI 2022. *National Centre for Biotechnology Information [Database]. USA: National Institute of Health. Dostęp: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov>*
7. PDB. 2022. *Protein data bank. San Diego. Dostęp: <https://www.rcsb.org/>*
8. *Tree of Life web project. 2022. Dostęp: <http://tolweb.org/tree/>.*

### Inne pomoce naukowe

1. *Komputery z dostępem do internetu, rzutnik multimedialny.*
2. *Dostęp do laboratorium molekularnego.*

**Nakład pracy studenta potrzebny do osiągnięcia zakładanych efektów uczenia się – bilans punktów ECTS**

Udział w zajęciach, aktywność	Obciążenie studenta [h]		
	Inne godz. Kontaktowe (IGK)	Praca własna studenta: zajęcia bez nauczyciela (ZBN)	Zajęcia dydaktyczne
Udział w wykładzie			30 h
Udział w ćwiczeniach laboratoryjnych	-	-	40 h
Udział w konsultacjach	25 h	-	-
Przygotowanie się do wykładów/ćwiczeń/seminariów/ Przygotowanie do zaliczenia/egzaminu	-	85 h	-
Sumaryczne obciążenie pracą studenta	<b>25 h/ 0,8 ECTS</b>	<b>85 h/ 2,8 ECTS</b>	<b>70 h/ 2,4 ECTS</b>
Punkty ECTS za przedmiot	<b>6 ECTS<sup>10</sup></b>		

**Informacje dodatkowe, uwagi**

- *Studenci mają na bieżąco dostęp do wszystkich materiałów, w tym wykładów, protokołów ćwiczeń oraz bieżącej punktacji na stronie <https://www.matgen.pl>*
- *Mail dedykowany kontaktom ze studentami, w tym do przysyłania prac: [prof.romanzielinski@gmail.com](mailto:prof.romanzielinski@gmail.com)*