**WYMAGANIA EDUKACYJNE Technikum po gimnazjum zakres rozszerzony**

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Dział programu** | **Lp.** | **Temat** | **Poziom wymagań** | | | |
| **konieczny (K)** | **podstawowy (P)** | **rozszerzający (R)** | **dopełniający (D)** |
| **Mechanizmy dziedziczenia** | 1. | Budowa i rola kwasów nukleinowych | *Uczeń:*   * charakteryzuje budowę pojedynczego nukleotydu DNA i RNA * określa rolę DNA jako nośnika informacji genetycznej * wymienia rodzaje RNA * określa rolę podstawowych rodzajów RNA * charakteryzuje budowę przestrzenną cząsteczki DNA * wyjaśnia pojęcie *podwójna helisa* | *Uczeń:*   * charakteryzuje sposób łączenia się nukleotydów  w pojedynczym łańcuchu DNA * wyjaśnia, z czego wynika komplementarność zasad * uzupełnia schemat jednego łańcucha polinukleotydowego DNA  o łańcuch komplementarny * charakteryzuje budowę chemiczną i przestrzenną RNA * określa lokalizację RNA  w komórkach prokariotycznej  i eukariotycznej | *Uczeń:*   * wyjaśnia, na czym polega różna orientacja łańcuchów polinukleotydowych DNA * rozpoznaje poszczególne wiązania w cząsteczce DNA * wyjaśnia, na czym polega reguła Chargaffa * porównuje budowę  i funkcje DNA z budową  i funkcjami RNA | *Uczeń:*   * wyjaśnia zasadę tworzenia nazw nukleotydów * planuje doświadczenie, którego celem jest wykazanie roli DNA jako nośnika informacji genetycznej * rozróżnia DNA od RNA za pomocą reguły Chargaffa |
| 2. | Replikacja DNA | * wyjaśnia pojęcie *replikacja* * wyjaśnia znaczenie replikacji DNA * wymienia etapy replikacji DNA * uzasadnia konieczność zachodzenia replikacji przed podziałem komórki | * wyjaśnia pojęcia: *widełki replikacyjne*, *oczko replikacyjne* * omawia przebieg replikacji * wyjaśnia, na czym polega semikonserwatywny charakter replikacji DNA * określa rolę polimerazy DNA podczas replikacji * porównuje przebieg replikacji w komórkach prokariotycznych  i eukariotycznych | * charakteryzuje poszczególne etapy replikacji * wyjaśnia, skąd pochodzi energia potrzebna do syntezy nowego łańcucha DNA * wykazuje różnice  w syntezie obu nowych łańcuchów DNA * wyjaśnia rolę sekwencji telomerowych * określa rolę poszczególnych enzymów w replikacji DNA | * rozróżnia poszczególne modele replikacji * planuje doświadczenie mające na celu wykazanie, że replikacja DNA jest semikonserwatywna * wykazuje naprawczą rolę polimerazy DNA  w replikacji * omawia mechanizmy regulacji replikacji DNA |
| 3. | Geny i genomy | * wyjaśnia pojęcia: *gen*, *genom*, *pozagenowy DNA*, *chromosom*, *chromatyna*, *nukleosom* * rozróżnia eksony i introny * określa lokalizację DNA  w komórkach prokariotycznej  i eukariotycznej | * omawia budowę genu * rozróżnia geny ciągłe  i nieciągłe * wymienia rodzaje sekwencji wchodzących w skład genomu * wyjaśnia pojęcia: *sekwencje powtarzalne*, *pseudogeny* * omawia skład chemiczny chromatyny * przedstawia budowę chromosomu | * określa informacje zawarte w genie * charakteryzuje genom wirusa * porównuje strukturę genomów prokariotycznego i eukariotycznego * wymienia i charakteryzuje etapy upakowania DNA  w jądrze komórkowym | * porównuje heterochromatynę  z euchromatyną * różnicuje genom wirusowy ze względu na wybrane kryteria * omawia genom mitochondrialny człowieka |
| 4. | Związek między genem a cechą | * wyjaśnia pojęcia: *kod genetyczny*, *ekspresja genu*, *translacja*, *transkrypcja* * wymienia i charakteryzuje cechy kodu genetycznego * ilustruje schematycznie etapy odczytywania informacji genetycznej * nazywa etapy translacji | * omawia przebieg transkrypcji i translacji * analizuje tabelę kodu genetycznego * wyjaśnia zasadę kodowania informacji genetycznej organizmu przez kolejne trójki nukleotydów w DNA  i mRNA * określa rolę polimerazy RNA w procesie transkrypcji * określa rolę aminoacylo-tRNA i rybosomów  w translacji | * omawia przebieg odwrotnej transkrypcji wirusowego RNA * zapisuje sekwencję aminokwasów łańcucha peptydowego na podstawie sekwencji nukleotydów mRNA * porównuje ekspresję genów w komórkach prokariotycznych  i eukariotycznych * określa rolę i sposoby modyfikacji potranskrypcyjnej RNA * określa rolę i sposoby modyfikacji potranslacyjnej białek | * wymienia przykłady wirusów, u których występuje odwrotna transkrypcja * wyjaśnia, w jaki sposób dochodzi do tworzenia się polirybosomów * wyjaśnia biologiczne znaczenie polirybosomów * porównuje przebieg ekspresji genów w jądrze i organellach komórki eukariotycznej |
| 5. | Regulacja ekspresji genów | * wyjaśnia pojęcie *operon* * wskazuje na schemacie sekwencje regulatorowe operonu oraz geny struktury * wymienia poziomy kontroli ekspresji genów w komórce eukariotycznej | * wyjaśnia, na czym polega regulacja ekspresji genów  w komórce prokariotycznej na podstawie modelu operonu laktozowego  i tryptofanowego * wyjaśnia, jakie znaczenie  w regulacji ekspresji genów operonu laktozowego mają: gen kodujący represor, operator i promotor * omawia regulację inicjacji transkrypcji w komórce eukariotycznej | * rozróżnia regulację negatywną od pozytywnej w przypadku działania operonu laktozowego * porównuje sposób regulacji ekspresji genów struktury operonu laktozowego  i operonu tryptofanowego * wyjaśnia, na czym polega alternatywne składanie RNA * porównuje regulację ekspresji genów  w komórkach prokariotycznej  i eukariotycznej | * wyjaśnia, na czym polega regulacja dostępu do genu w komórce eukariotycznej * wyjaśnia, w jaki sposób powstają różne formy białek podczas ekspresji jednego genu * omawia rolę niekodującego RNA  w regulacji ekspresji genów w komórce eukariotycznej * wyjaśnia, w jaki sposób regulacja ekspresji genów u organizmów wielokomórkowych powoduje zróżnicowanie komórek na poszczególne typy |
| 6. | Dziedziczenie cech.  I prawo Mendla | * wyjaśnia pojęcia: *allel*, *genotyp*, *fenotyp*, *homozygota*, *heterozygota*, *allel dominujący*, *allel recesywny* * zapisuje przebieg i wyniki doświadczeń Gregora Mendla za pomocą kwadratu Punnetta * podaje treść I prawa Mendla | * omawia prace G. Mendla, na podstawie których sformułował on reguły dziedziczenia * wymienia przykłady cech człowieka dziedziczonych zgodnie z I prawem Mendla * wykonuje przykładowe krzyżówki jednogenowe | * wyjaśnia pojęcie *linia czysta* * wyjaśnia, jakie znaczenie w doświadczeniach  G. Mendla miało wyhodowanie przez niego osobników grochu zwyczajnego należących do linii czystych * analizuje wyniki krzyżówek jednogenowych na przykładzie grochu zwyczajnego * określa prawdopodobieństwo wystąpienia genotypów  i fenotypów u potomstwa  w wypadku dziedziczenia jednej cechy | * określa sposób wykonania i znaczenie krzyżówki testowej jednogenowej |
| 7. | II prawo Mendla | * podaje treść II prawa Mendla | * wykonuje przykładowe krzyżówki dwugenowe | * analizuje wyniki krzyżówek dwugenowych na przykładzie grochu zwyczajnego * określa prawdopodobieństwo wystąpienia genotypów  i fenotypów u potomstwa  w wypadku dziedziczenia dwóch cech niesprzężonych | * określa sposób wykonania i znaczenie krzyżówki testowej dwugenowej * ocenia znaczenie badań  G. Mendla dla rozwoju genetyki |
| 8. | Chromosomowa teoria dziedziczenia | * wyjaśnia pojęcia: *locus*, *geny sprzężone*, *crossing-over* * wymienia główne założenia chromosomowej teorii dziedziczenia * wyjaśnia, na czym polega zjawisko sprzężenia genów | * wyjaśnia zależność między częstością zachodzenia *crossing-over* a odległością między dwoma genami  w chromosomie * wyjaśnia, na czym polega mapowanie genów * wykonuje przykładowe krzyżówki dotyczące dziedziczenia genów sprzężonych | * oblicza częstość *crossing- -over* między dwoma genami sprzężonymi * określa prawdopodobieństwo wystąpienia genotypów  i fenotypów u potomstwa  w wypadku dziedziczenia dwóch cech sprzężonych * analizuje wyniki krzyżówek dotyczących dziedziczenia genów sprzężonych * oblicza odległość między genami | * wykazuje różnice między genami niesprzężonymi  a sprzężonymi |
| 9. | Determinacja płci. Cechy sprzężone z płcią | * wyjaśnia pojęcia: *kariotyp*, *chromosomy płci* * wskazuje podobieństwa  i różnice między kariotypem kobiety a kariotypem mężczyzny * wyjaśnia sposób determinacji płci  u człowieka * charakteryzuje kariotyp człowieka * określa płeć różnych osób na podstawie analizy ich kariotypu * wymienia przykłady cech sprzężonych z płcią | * wymienia nazwy oraz objawy chorób uwarunkowanych mutacjami genów sprzężonych z płcią * wykonuje krzyżówki dotyczące dziedziczenia cech sprzężonych z płcią * określa prawdopodobieństwo wystąpienia choroby sprzężonej z płcią * wyjaśnia przyczyny oraz podaje ogólne objawy hemofilii i daltonizmu * rozróżnia cechy sprzężone  z płcią i cechy związane  z płcią | * wyjaśnia, jaką rolę  w determinacji płci odgrywają gen SRY  i hormony wytwarzane przez rozwijające się jądra * omawia mechanizm inaktywacji  chromosomu X * charakteryzuje dwa podstawowe typy genetycznej determinacji płci i podaje przykłady organizmów, u których one występują * wyjaśnia powody, dla których daltonizm  i hemofilia występują niemal wyłącznie  u mężczyzn | * wyjaśnia, jakie znaczenie ma proces inaktywacji jednego z chromosomów X w większości komórek organizmu kobiety * omawia przykłady środowiskowego mechanizmu determinowania płci * planuje doświadczenie mające na celu wykazanie związku dziedziczenia koloru oczu muszki owocowej  z dziedziczeniem płci |
| 10. | Inne sposoby dziedziczenia cech | * wyjaśnia pojęcie *allele wielokrotne* na przykładzie dziedziczenia grup krwi  u człowieka * wykonuje krzyżówki dotyczące dziedziczenia grup krwi i czynnika Rh * określa prawdopodobieństwo wystąpienia określonego fenotypu u potomstwa  w wypadku dziedziczenia alleli wielokrotnych | * wyjaśnia pojęcia: *dominacja niezupełna*, *kodominacja*, *geny kumulatywne*, *geny plejotropowe* * charakteryzuje relacje między allelami jednego genu oparte na dominacji niezupełnej i kodominacji * określa prawdopodobieństwo wystąpienia genotypów  i fenotypów u potomstwa  w wypadku kodominacji * podaje przykład cechy uwarunkowanej obecnością genów kumulatywnych | * wyjasnia pojęcia: *geny komplementarne*, *geny dopełniające się*, *geny epistatyczne*, *geny hipostatyczne* * wyjaśnia, z jakiego powodu geny determinujące barwę kwiatów groszku pachnącego zostały nazwane genami komplementarnymi * określa prawdopodobieństwo wystąpienia genotypów  i fenotypów u potomstwa  w wypadku dziedziczenia genów dopełniających się * wyjaśnia, na czym polega działanie genów epistatycznych  i hipostatycznych  w wypadku dziedziczenia barwy sierści u gryzoni | * wyjaśnia, co to znaczy, że choroba genetyczna jest uwarunkowana przez gen plejotropowy * określa prawdopodobieństwo wystąpienia genotypów  i fenotypów u potomstwa  w wypadku dziedziczenia genów epistatycznych |
| 11. | Zmienność organizmów | * wyjaśnia pojęcia: *zmienność genetyczna*, *zmienność środowiskowa* * wymienia rodzaje zmienności i wskazuje zależności między nimi * wymienia przykłady potwierdzające występowanie zmienności środowiskowej | * wyjaśnia pojęcia: *zmienność ciągła*, *zmienność nieciągła* * wymienia przykłady zmienności ciągłej  i nieciągłej * omawia przyczyny zmienności genetycznej * określa znaczenie zmienności genetycznej  i środowiskowej * porównuje zmienność genetyczną ze zmiennością środowiskową | * wyjaśnia, w jaki sposób niezależna segregacja chromosomów, *crossing- -over* oraz losowe łączenie się gamet wpływają na zmienność osobniczą * wymienia cechy mutacji, które stanowią jedno  z głównych źródeł zmienności genetycznej * porównuje zmienność genetyczną rekombinacyjną  ze zmiennością mutacyjną * określa fenotypy zależne od genotypu oraz od wpływu środowiska | * wyjaśnia znaczenie pojęcia *transpozony* i określa znaczenie transpozonów w rozwoju zmienności osobniczej * wyjaśnia znaczenie pojęcia *norma reakcji genotypu* * wyjaśnia przyczyny zmienności obserwowanej  w wypadku organizmów  o identycznych genotypach |
| 12. | Zmiany w informacji genetycznej | * wyjaśnia pojęcia: *mutacja*, *mutacja genowa*, *mutacja chromosomowa strukturalna*, *mutacja chromosomowa liczbowa*, *czynnik mutagenny* * wymienia przykłady fizycznych, chemicznych  i biologicznych czynników mutagennych * wymienia przykłady mutacji genowych i mutacji chromosomowych * wymienia pozytywne  i negatywne skutki mutacji | * wyjaśnia pojęcia: *mutacja somatyczna*, *mutacja generatywna*, *mutacja spontaniczna*, *mutacja indukowana* * klasyfikuje mutacje według różnych kryteriów * określa ryzyko przekazania mutacji potomstwu * wskazuje przyczyny mutacji spontanicznych i mutacji indukowanych * uzasadnia konieczność ograniczenia w codziennym życiu stosowania substancji mutagennych | * wyjaśnia pojęcia: *mutacje letalne*, *mutacje subletalne*, *mutacje neutralne*, *mutacje korzystne*, *protoonkogeny*, *onkogeny*, *geny supresorowe* * wyjaśnia charakter zmian w DNA typowych dla różnych mutacji * określa skutki mutacji genowych dla kodowanego przez dany gen łańcucha polipeptydowego * omawia przyczyny powstawania mutacji chromosomowych liczbowych * rozpoznaje na schematach różne rodzaje mutacji chromosomowych * wskazuje na zależności między występowaniem mutacji a transformacją nowotworową komórki | * przewiduje i ilustruje zmiany kariotypu dowolnego organizmu powstałe w wyniku mutacji chromosomowych liczbowych * wyjaśnia znaczenie mutacji w przebiegu ewolucji * wskazuje różnicę między kariotypami organizmu aneuploidalnego  i organizmu poliploidalnego * wymienia przykłady protoonkogenów i genów supresorowych oraz chorób nowotworowych związanych z ich mutacjami |
| 13. | Choroby jednogenowe | * wymienia przykłady chorób genetycznych uwarunkowanych obecnością w autosomach zmutowanych alleli dominujących i recesywnych * wyjaśnia pojęcie *choroby bloku metabolicznego* * wyjaśnia, na czym polegają choroby bloku metabolicznego * wymienia przykłady chorób bloku metabolicznego * wskazuje choroby bloku metabolicznego, których leczenie polega na stosowaniu odpowiedniej diety eliminacyjnej | * klasyfikuje choroby genetyczne w zależności od sposobu ich dziedziczenia * wyjaśnia przyczyny oraz podaje ogólne objawy mukowiscydozy, fenyloketonurii, choroby Huntingtona, anemii sierpowatej * rozpoznaje na rycinie prawidłowe oraz sierpowate erytrocyty krwi | * wyjaśnia przyczyny oraz podaje ogólne objawy albinizmu, alkaptonurii, choroby Parkinsona, dystrofii mięśniowej Duchenne’a, krzywicy opornej na witaminę D * wymienia przykłady stosowanych obecnie metod leczenia wybranych chorób genetycznych oraz ocenia ich skuteczność * wymienia przykłady chorób człowieka wynikających z mutacji mitochondrialnego DNA * ustala typy dziedziczenia chorób genetycznych na podstawie analizy rodowodów | * porównuje strukturę  i właściwości hemoglobiny prawidłowej oraz hemoglobiny sierpowatej * charakteryzuje choroby człowieka wynikające  z mutacji DNA mitochondrialnego * uzasadnia znaczenie analizy rodowodów jako metody diagnozowania chorób genetycznych |
| 14. | Choroby chromosomalne  i wieloczynnikowe | * wymienia przykłady oraz objawy chorób genetycznych człowieka wynikających  z nieprawidłowej struktury chromosomów * wymienia przykłady chorób genetycznych człowieka wynikających ze zmiany liczby autosomów  i chromosomów płci | * określa rodzaj zmian kariotypu u chorych  z zespołem Downa, zespołem Klinefeltera  i zespołem Turnera * wymienia objawy zespołu Downa, zespołu Klinefeltera i zespołu Turnera * wyjaśnia zależność między wiekiem rodziców  a prawdopodobieństwem urodzenia się dziecka  z zespołem Downa | * omawia choroby spowodowane mutacjami strukturalnymi na przykładzie przewlekłej białaczki szpikowej * określa rodzaj zmian kariotypu u chorych  z zespołem Edwardsa  i zespołem Patau * wymienia objawy zespołu Edwardsa i zespołu Patau | * analizuje fotografie kariotypów człowieka * omawia choroby wieloczynnikowe |
| **Biotechnologia molekularna** | 1. | Biotechnologia. Podstawowe techniki inżynierii genetycznej | * wyjaśnia pojęcia: *biotechnologia molekularna*, *inżynieria genetyczna*, *elektroforeza* *DNA*, *PCR*, *klonowanie DNA*, *transformacja genetyczna* * wymienia przykłady dziedzin życia, w których można zastosować biotechnologię molekularną * wymienia enzymy stosowane w biotechnologii molekularnej * wymienia techniki inżynierii genetycznej * wymienia etapy modyfikacji genomu | * wyjaśnia pojęcia: *sonda molekularna*, *wektor*, *sekwencjonowanie DNA*, *hybrydyzacja DNA* * wyjaśnia, czym się zajmuje inżynieria genetyczna * omawia wykorzystanie enzymów restrykcyjnych, ligaz i polimeraz DNA * wyjaśnia, na czym polega: hybrydyzacja DNA  z wykorzystaniem sondy molekularnej, analiza restrykcyjna, elektroforeza DNA, PCR, sekwencjonowanie DNA, klonowanie DNA, transformacja genetyczna * wymienia po jednym przykładzie praktycznego wykorzystania technik inżynierii genetycznej * wymienia sposoby wprowadzenia obcego genu do komórki | * porównuje biotechnologię klasyczną z biotechnologią molekularną * charakteryzuje enzymy stosowane  w biotechnologii molekularnej * omawia poszczególne etapy analizy restrykcyjnej DNA, przebiegu PCR, klonowania DNA * określa cel tworzenia bibliotek genomowych  i bibliotek cDNA * charakteryzuje wektory stosowane do transformacji genetycznej | * sprawdza, jakie produkty powstaną na skutek cięcia DNA przez enzymy restrykcyjne * określa zalety i wady łańcuchowej reakcji polimerazy * omawia metody pośredniego  i bezpośredniego wprowadzenia DNA do komórek roślin i zwierząt * analizuje przebieg klonowania DNA na przykładzie genu myszy * omawia etapy tworzenia bibliotek genomowych  i bibliotek cDNA |
| 2. | Organizmy zmodyfikowane genetycznie | * wyjaśnia pojęcia: *organizm zmodyfikowany genetycznie*, *organizm transgeniczny*, *produkt GMO* * wskazuje podobieństwa  i różnice między organizmami zmodyfikowanymi genetycznie oraz transgenicznymi * wymienia metody otrzymywania organizmów zmodyfikowanych genetycznie * wymienia przykłady praktycznego wykorzystania mikroorganizmów, roślin  i zwierząt zmodyfikowanych genetycznie | * podaje przykłady zmodyfikowanych genetycznie roślin i zwierząt * omawia perspektywy praktycznego wykorzystania organizmów zmodyfikowanych genetycznie w rolnictwie, przemyśle, medycynie  i nauce * omawia sposób oznakowania produktów GMO * wskazuje na zagrożenia ze strony GMO | * charakteryzuje metody otrzymywania bakterii i roślin transgenicznych * omawia etapy modyfikacji komórek zarodkowych zwierząt * wymienia przykłady produktów GMO * podaje przykłady badań stosowanych w wypadku organizmów zmodyfikowanych genetycznie | * omawia wybrane modyfikacje genetyczne mikroorganizmów, roślin i zwierząt * wyjaśnia, w jaki sposób kontroluje się mikroorganizmy zmodyfikowane genetycznie uwolnione do środowiska * charakteryzuje sposoby zapobiegania zagrożeniom ze strony GMO * analizuje argumenty przemawiające za genetyczną modyfikacją organizmów oraz przeciw niej * omawia regulacje prawne dotyczące GMO w Unii Europejskiej |
| 3. | Klonowanie – korzyści  i zagrożenia | * wyjaśnia pojęcia: *klon*, *klonowanie* * wymienia przykłady organizmów będących naturalnymi klonami * określa cele klonowania mikroorganizmów, komórek, roślin i zwierząt | * wyjaśnia, w jaki sposób otrzymuje się klony mikroorganizmów, komórek, roślin i zwierząt * wymienia sposoby wykorzystania klonów mikroorganizmów, komórek, roślin i zwierząt w różnych dziedzinach życia człowieka * wskazuje na obawy etyczne dotyczące klonowania zwierząt * uzasadnia swoje stanowisko w sprawie klonowania człowieka | * omawia rodzaje rozmnażania bezpłciowego jako przykłady naturalnego klonowania * omawia sposoby klonowania roślin  i zwierząt * formułuje argumenty przemawiające za klonowaniem zwierząt oraz przeciw niemu * porównuje klonowanie terapeutyczne  i klonowanie reprodukcyjne | * analizuje kolejne etapy klonowania zwierząt metodą transplantacji jąder i rozdzielania komórek zarodka * planuje doświadczenie, którego celem będzie udowodnienie, że jądro zróżnicowanej komórki może pokierować rozwojem organizmu * wymienia przykłady osiągnięć w klonowaniu zwierząt |
| 4. | Biotechnologia molekularna w medycynie | * wyjaśnia pojęcia: *diagnostyka molekularna*, *biofarmaceutyki*, *terapia genowa*, *komórki macierzyste* * wymienia korzyści wynikające z poznania genomu człowieka * wyjaśnia, czym zajmuje się diagnostyka molekularna * wymienia przykłady technik inżynierii genetycznej wykorzystywanych  w diagnozowaniu chorób genetycznych | * wymienia argumenty przemawiające za stosowaniem szczepionek wytwarzanych metodami inżynierii genetycznej * omawia wykorzystanie diagnostyki molekularnej  w wykrywaniu chorób genetycznych, zakaźnych, nowotworowych oraz wieloczynnikowych * wymienia przykłady leków otrzymanych metodami inżynierii genetycznej * wyjaśnia, na czym polega terapia genowa * omawia zastosowanie komórek macierzystych  w leczeniu chorób człowieka * wyjaśnia, czym się zajmuje medycyna molekularna | * omawia korzyści i zagrożenia wynikające z ustalenia sekwencji genomu człowieka * wyjaśnia, w jaki sposób otrzymuje się nowoczesne szczepionki * porównuje szczepionki rekombinowane ze szczepionkami DNA * charakteryzuje techniki inżynierii genetycznej wykorzystywane  w diagnostyce molekularnej * omawia sposoby wytwarzania biofarmaceutyków * wyjaśnia pojęcie *przeciwciała monoklonalne* * podaje przykłady wykorzystania przeciwciał monoklonalnych  w medycynie * wyjaśnia, w jaki sposób biotechnologia może się przyczynić do postępu  w transplantologii * omawia korzyści  i zagrożenia wynikające  z terapii genowej | * omawia wykorzystanie mikromacierzy  w diagnostyce molekularnej * określa znaczenie wykorzystania komórek macierzystych w leczeniu chorób * planuje doświadczenie mające na celu udowodnienie, że zróżnicowane komórki można przekształcić  w komórki macierzyste |
| 5. | Inne zastosowania biotechnologii molekularnej | * wyjaśnia pojęcie *profil genetyczny* * wymienia przykłady praktycznego zastosowania badań DNA  w medycynie sądowej, ewolucjonizmie  i systematyce | * przedstawia sposoby zastosowania metod genetycznych w medycynie sądowej, ewolucjonizmie  i systematyce * wyjaśnia sposób wykorzystania analizy DNA do określenia pokrewieństwa (np. ustalania lub wykluczania ojcostwa) | * wyjaśnia pojęcie *sekwencje mikrosatelitarne* * uzasadnia znaczenie analizy sekwencji DNA  w badaniach ewolucyjnych  i taksonomicznych | * analizuje kolejne etapy ustalania profilu genetycznego * omawia wykorzystanie DNA mitochondrialnego w badaniach ewolucyjnych * wyjaśnia pojęcie *filogenetyka molekularna* * analizuje drzewo filogenetyczne * przedstawia sposoby wykorzystania informacji zawartych w DNA |
| **Ekologia** | 1. | Czym się zajmuje ekologia? | * wyjaśnia pojęcia: *ekologia*, *ochrona środowiska*, *ochrona przyrody*, *siedlisko*, *nisza ekologiczna* * określa zakres badań ekologicznych * klasyfikuje czynniki środowiska na biotyczne  i abiotyczne * wyjaśnia pojęcia: *zasoby środowiska*, *warunki środowiska*, podaje odpowiednie przykłady * wyjaśnia pojęcia: *nisza ekologiczna*, *gatunki wskaźnikowe* * wymienia przykłady praktycznego zastosowania gatunków wskaźnikowych | * określa, czym się zajmują ekologia, ochrona środowiska i ochrona przyrody * określa niszę ekologiczną wybranych gatunków * wyjaśnia relacje między siedliskiem a niszą ekologiczną organizmu * omawia prawo minimum  i prawo tolerancji ekologicznej * wyjaśnia, na czym polega zasada współdziałania czynników środowiska * wyjaśnia, dlaczego porosty wykorzystuje się do oceny stanu czystości powietrza | * wyjaśnia różnicę między zasobami środowiska a warunkami środowiska * podaje przykłady ilustrujące prawo minimum, prawo tolerancji ekologicznej, zasadę współdziałania czynników * wymienia podobieństwa i różnice między prawem minimum a prawem tolerancji ekologicznej * uzasadnia, że istnieje związek między zakresem tolerancji organizmów a ich rozmieszczeniem na Ziemi * charakteryzuje zasady wyodrębniania form ekologicznych organizmów * wyjaśnia pojęcia: *eurybionty*, *stenobionty* * interpretuje wykres ilustrujący zakres tolerancji różnych gatunków wobec wybranego czynnika środowiska | * wyjaśnia pojęcie *gatunek kosmopolityczny* * wykazuje, że pojęcie niszy ekologicznej dotyczy zarówno osobnika, jak  i gatunku * omawia zakres tolerancji ekologicznej organizmów wobec konkretnego czynnika środowiska * wskazuje różnice między gatunkami kosmopolitycznymi  a wskaźnikowymi * charakteryzuje formy ekologiczne roślin wyodrębnione ze względu na wymagania dotyczące ilości wody * planuje doświadczenie mające na celu zbadanie zakresu tolerancji wybranego gatunku rośliny na działanie określonego czynnika środowiska |
| 2. | Ekologia populacji | * wyjaśnia pojęcie *populacja lokalna gatunku* * wymienia dwa podstawowe typy oddziaływania między osobnikami w populacji * wymienia cechy charakteryzujące populację * omawia znaczenie liczebności i zagęszczenia jako parametrów opisujących populację * wymienia czynniki wpływające na liczebność populacji | * wyjaśnia pojęcia: *rozrodczość*, *śmiertelność*, *migracja*, *struktura wiekowa* *populacji*, *struktura płciowa* *populacji*, *zasięg* *przestrzenny*, *rozmieszczenie*, *emigracja*, *imigracja* * charakteryzuje podstawowe typy rozmieszczenia populacji i podaje przykłady gatunków, które reprezentują każdy z nich * przedstawia trzy podstawowe typy krzywej przeżywania, podaje przykłady gatunków, dla których są one charakterystyczne * charakteryzuje niezależne od zagęszczenia czynniki ograniczające liczebność populacji | * wyjaśnia pojęcia: *opór środowiska*, *tempo wzrostu populacji* * charakteryzuje oddziaływania między członkami populacji * omawia regułę Alleego  i podaje przykłady jej działania * wymienia czynniki wpływające na przebieg krzywej przeżywania organizmów * analizuje piramidę obrazującą strukturę wiekową i strukturę płciową populacji * określa możliwości rozwoju danej populacji * przedstawia w sposób graficzny wzrost wykładniczy i wzrost logistyczny populacji * wymienia zalety i wady życia w grupie | * wskazuje różnice między rozrodczością fizjologiczną  i ekologiczną oraz śmiertelnością fizjologiczną  i ekologiczną * porównuje strategie rozrodu typu  *r* oraz typu *K* * charakteryzuje czynniki wpływające na liczebność populacji * porównuje podstawowe modele wzrostu populacji i podaje przykłady gatunków, które reprezentują każdy z nich * omawia formy rozmieszczenia skupiskowego populacji * omawia trzy podstawowe okresy w życiu każdego osobnika |
| 3. | Oddziaływania antagonistyczne między organizmami | * klasyfikuje oddziaływania międzygatunkowe na antagoniczne  i nieantagonistyczne * wymienia przykłady oddziaływań anatagonistycznych * wymienia skutki konkurencji wewnątrzgatunkowej * wymienia przykłady oddziaływań międzygatunkowych ograniczających liczebność populacji * wymienia główne przyczyny i skutki konkurencji międzygatunkowej | * charakteryzuje oddziaływania międzygatunkowe  w relacjach: ofiara – drapieżnik, roślina – roślinożerca, żywiciel – pasożyt * charakteryzuje mechanizmy adaptacyjne: ofiar  i drapieżników, roślin  i roślinożerców, pasożytów  i żywicieli * klasyfikuje pasożyty według wskazanych kryteriów | * wyjaśnia, na czym polega zasada konkurencyjnego wypierania * omawia skutki konkurencji blisko spokrewnionych gatunków na podstawie eksperymentu przeprowadzonego przez Gieorgija Gausego * wymienia konsekwencje zawężenia nisz ekologicznych konkurujących gatunków * analizuje cykliczne zmiany liczebności populacji zjadającego  i populacji zjadanego * porównuje drapieżnictwo, roślinożerność  i pasożytnictwo | * planuje doświadczenie mające na celu wykazanie istnienia konkurencyjnego wypierania * charakteryzuje skutki konkurencji wewnątrzgatunkowej * określa skutki działania substancji allelopatycznych * wyjaśnia, jakie znaczenie dla funkcjonowania biocenozy mają pasożyty, drapieżniki i roślinożercy * przewiduje skutki masowych pojawów organizmów  w środowisku * wyjaśnia znaczenie wektorów  w rozprzestrzenianiu się pasożytów |
| 4. | Oddziaływania nieantagonistyczne między organizmami | * wymienia nieantagonistyczne interakcje międzygatunkowe * wyjaśnia pojęcia: *mutualizm*, *komensalizm* | * charakteryzuje mechanizmy adaptacyjne organizmów pozostających w związku mutualistycznym * wymienia przykłady zachowań mutualistycznych  i komensalistycznych | * porównuje mutualizm obligatoryjny  i mutualizm fakultatywny | * omawia przykłady mutualizmu  i komensalizmu |
| 5. | Struktura ekosystemu | * wyjaśnia pojęcia: *ekosystem*, *biocenoza*, *biotop*, *struktura troficzna* *ekosystemu*, *struktura przestrzenna* *ekosystemu*, *sukcesja ekologiczna* * wymienia biotyczne  i abiotyczne elementy ekosystemu * wyjaśnia, jaką rolę  w biocenozie odgrywają producenci, konsumenci  i destruenci | * klasyfikuje rodzaje ekosystemów * klasyfikuje elementy ekosystemu na biotyczne  i abiotyczne * charakteryzuje strukturę przestrzenną i troficzną ekosystemu * wyjaśnia, na czym polega sukcesja * wyjaśnia, na czym polega eutrofizacja jezior | * określa kryteria podziału ekosystemów * charakteryzuje rodzaje ekosystemów * wyjaśnia, na czym polega rola biocenozy  w kształtowaniu biotopu * wyjaśnia, od czego zależy struktura przestrzenna ekosystemu * charakteryzuje procesy glebotwórcze * omawia przebieg sukcesji pierwotnej i wtórnej | * określa kryteria podziału sukcesji ekologicznej * omawia rolę organizmów w procesach glebotwórczych * charakteryzuje poziomy glebowe * omawia wpływ biocenozy na mikroklimat * omawia etapy eutrofizacji jezior |
| 6. | Przepływ energii i krążenie materii w ekosystemie | * wyjaśnia pojęcia: *łańcuch troficzny*, *poziom troficzny*, *sieć troficzna* * wskazuje zależności między poziomami troficznymi * wymienia czynniki, które mogą ograniczać produktywność ekosystemów | * konstruuje łańcuchy troficzne i sieci troficzne * nazywa poziomy troficzne  w łańcuchu troficznym i sieci troficznej * wyjaśnia zjawisko krążenia materii i przepływu energii  w ekosystemie * porównuje produkcję pierwotną różnych ekosystemów * wyjaśnia, czym jest równowaga w ekosystemie | * wyróżnia i porównuje dwa typy łańcuchów troficznych * wyjaśnia pojęcia: *produkcja pierwotna* (*brutto*, *netto*), *produkcja wtórna* (*brutto*, *netto*) * wyjaśnia, dlaczego ekosystem autotroficzny jest samowystarczalny * omawia przyczyny zaburzenia równowagi  w ekosystemach | * analizuje produkcję pierwotną i wtórną wybranego ekosystemu * rysuje i porównuje trzy typy piramid troficznych: piramidę energii, piramidę liczebności, piramidę biomasy * wyjaśnia, dlaczego lasy równikowe i rafy koralowe są ekosystemami  o najwyższej produktywności |
| 7. | Obieg węgla i azotu  w przyrodzie | * wyjaśnia pojęcie *cykle biogeochemiczne* * wyjaśnia, na czym polegają obieg węgla i obieg azotu  w przyrodzie | * wymienia źródła węgla  w przyrodzie * wyjaśnia, jaki wpływ na obieg pierwiastków chemicznych w przyrodzie ma działalność gospodarcza człowieka | * omawia schematy obiegu węgla i obiegu azotu  w przyrodzie * wyjaśnia, na czym polega nitryfikacja, amonifikacja oraz denitryfikacja | * określa rolę organizmów w obiegu pierwiastków * omawia przebieg reakcji nitryfikacji |
| 8. | Różnorodność biologiczna | * wyjaśnia pojęcia: *biom*, *różnorodność biologiczna* * omawia poziomy różnorodności biologicznej * wymienia główne biomy lądowe i podaje nazwy stref klimatycznych, w których się one znajdują * wymienia główne biomy wodne | * omawia kryteria, na podstawie których wyróżniono biomy * charakteryzuje biomy lądowe oraz obszary gór wysokich, uwzględniając takie czynniki, jak warunki klimatyczne, warunki glebowe, przeważającą roślinność i towarzyszące jej zwierzęta * charakteryzuje warstwy lasu występujące w biomach leśnych * omawia strefowość biomów wodnych na przykładzie jeziora i oceanu * charakteryzuje biomy wodne, uwzględniając takie czynniki, jak warunki tlenowe, świetlne, głębokość, przeważającą roślinność oraz towarzyszące jej zwierzęta | * omawia różnice  w rozmieszczeniu gatunków na Ziemi * wyjaśnia pojęcie *ogniska różnorodności biologicznej* * określa warunki życia  w porównywalnych strefach jeziora i morza lub oceanu | * dowodzi trudności  w określaniu różnorodności gatunkowej na Ziemi * ocenia stopień poznania różnorodności gatunkowej Ziemi * porównuje różnorodność gatunkową poszczególnych biomów |
| 9. | Czynniki kształtujące różnorodność biologiczną | * wymienia czynniki geograficzne wpływające na bioróżnorodność * omawia przykłady negatywnego wpływu człowieka na bioróżnorodność * wymienia powody ochrony przyrody * wymienia przykłady działań podejmowanych w celu ochrony gatunków  i ekosystemów | * klasyfikuje czynniki kształtujące różnorodność biologiczną * omawia wpływ czynników geograficznych  i antropogenicznych na różnorodność biologiczną * wyjaśnia, na czym polega ochrona przyrody czynna i bierna * podaje przykłady działań  z zakresu ochrony czynnej  i biernej * uzasadnia konieczność stosowania ochrony czynnej dla zachowania wybranych gatunków i ekosystemów * wyjaśnia, na czym polega introdukcja i reintrodukcja gatunku | * wymienia przykłady gatunków, których introdukcja w niektórych regionach Polski spowodowała zmniejszenie różnorodności gatunkowej * określa wpływ zlodowaceń  i ukształtowania powierzchni na różnorodność biologiczną * wyjaśnia pojęcia: *relikt*, *ostoja*, *endemit* * uzasadnia konieczność ochrony dawnych odmian roślin i ras zwierząt | * wskazuje konsekwencje zmniejszenia różnorodności biologicznej * wymienia przykłady gatunków, których populacje zostały odtworzone * określa wpływ gatunków inwazyjnych na gatunki rodzime * określa znaczenie korytarzy ekologicznych |
| 10. | Elementy ochrony środowiska | * klasyfikuje zasoby przyrody * wymienia skutki eksploatacji zasobów nieodnawialnych * wyjaśnia pojęcia: *efekt cieplarniany*, *kwaśne opady*, *smog*, *dziura ozonowa*, *alternatywne źródła energii*, *recykling* * podaje przykłady racjonalnego gospodarowania zasobami przyrody | * wymienia skutki eksploatacji zasobów odnawialnych * wymienia przyczyny globalnego ocieplenia klimatu, powstawania kwaśnych opadów, smogu  i dziury ozonowej * wyjaśnia, w jaki sposób niewłaściwa eksploatacja zasobów przyrody wpływa na środowisko * omawia skutki kwaśnych opadów dla środowiska  i zdrowia człowieka * wymienia skutki powstawania dziury ozonowej * wymienia sposoby utylizacji odpadów | * wyjaśnia pojęcie *rekultywacja* * omawia skutki eksploatacji zasobów odnawialnych * wyjaśnia, w jaki sposób dochodzi do powstania efektu cieplarnianego * uzasadnia konieczność racjonalnego gospodarowania zasobami przyrody * omawia proces powstawania kwaśnych opadów * ocenia wpływ różnych metod utylizacji odpadów na środowisko | * przedstawia założenia koncepcji rozwoju zrównoważonego * odróżnia rodzaje smogu * wyjaśnia zależność między dziurą ozonową  a powstawaniem nowotworów * uzasadnia konieczność gospodarowania odpadami |
| **Ewolucja organizmów** | 1. | Rozwój myśli ewolucyjnej | * wyjaśnia pojęcia: *ewolucja biologiczna*, *ewolucjonizm*, *dobór naturalny*, *dobór sztuczny* * omawia główne założenia teorii doboru naturalnego  Karola Darwina | * przedstawia główne założenia teorii  Jeana Baptiste’a Lamarcka  i kreacjonistów * wyjaśnia, dlaczego teoria  J.B. Lamarcka odegrała ważną rolę w rozwoju myśli ewolucyjnej * wyjaśnia relacje między teorią doboru naturalnego  K. Darwina a syntetyczną teorią ewolucji * wyjaśnia pojęcie *walka o byt* | * porównuje dobór naturalny i dobór sztuczny * omawia główne założenia syntetycznej teorii ewolucji | * charakteryzuje teorie dotyczące życia na Ziemi głoszone do XIX w. * omawia założenia teorii Georges’a Cuviera * ocenia wpływ podróży  K. Darwina na rozwój jego teorii ewolucji |
| 2. | Dowody ewolucji | * wymienia bezpośrednie  i pośrednie dowody ewolucji oraz podaje ich przykłady * wyjaśnia pojęcia: *skamieniałości przewodnie*, *anatomia porównawcza* * wymienia cechy anatomiczne organizmów potwierdzające jedność ich planu budowy | * wyjaśnia, jakie warunki środowiska sprzyjały przetrwaniu skamieniałości do czasów współczesnych * wyjaśnia przyczyny podobieństw i różnic  w budowie narządów homologicznych * wyjaśnia powody, dla których pewne grupy organizmów nazywa się żywymi skamieniałościami * wymienia przykład metody pozwalającej na ocenę względnego wieku skał osadowych * wyjaśnia różnicę między atawizmem a narządem szczątkowym * wymienia przykłady atawizmów i narządów szczątkowych * wyjaśnia, czym się zajmuje paleontologia | * wymienia przykłady zwierząt zaliczanych do form przejściowych  oraz podaje cechy tych zwierząt * podaje przykład metody pozwalającej na ocenę bezwzględnego wieku skał osadowych * wyjaśnia pojęcia: *dywergencja*, *konwergencja* * wymienia przykłady dywergencji  i konwergencji * wymienia przykłady dowodów ewolucji z zakresu embriologii, biogeografii oraz biochemii * wymienia techniki badawcze z zakresu biochemii i biologii molekularnej, umożliwiające skonstruowanie drzewa filogenetycznego organizmów | * wyjaśnia pojęcie *formy przejściowe* * wyjaśnia, na czym opierają się radioizotopowe  i biostratygraficzne metody datowania * analizuje budowę przednich kończyn przedstawicieli różnych gatunków ssaków  i wskazuje cechy świadczące o ich wspólnym pochodzeniu oraz środowisku ich życia * wyjaśnia znaczenie budowy cytochromu c u wybranych gatunków w ustalaniu stopnia pokrewieństwa między nimi |
| 3. | Dobór naturalny – główny mechanizm ewolucji | * wyjaśnia pojęcia: *dymorfizm płciowy*, *dobór płciowy*, *dobór krewniaczy*, *dobór stabilizujący*, *dobór kierunkowy*, *dobór rozrywający* * wymienia przykłady dymorfizmu płciowego * charakteryzuje sposób  i przewiduje efekty działania doboru stabilizującego, kierunkowego oraz rozrywającego | * wyjaśnia, na czym polega zmienność wewnątrzgatunkowa * wyjaśnia, który z rodzajów zmienności organizmów ma znaczenie ewolucyjne * omawia rolę mutacji  w kształtowaniu zmienności genetycznej populacji * wyjaśnia pojęcie *preferencje w krzyżowaniu* * wymienia przykłady występowania preferencji  w krzyżowaniu w przyrodzie * podaje przykłady utrzymywania się  w populacji człowieka alleli warunkujących choroby genetyczne | * wymienia przykłady działania różnych form doboru naturalnego  w przyrodzie * wyjaśnia znaczenie zachowań altruistycznych w przyrodzie * omawia występowanie genu anemii sierpowatej  w populacjach ludzi żyjących na obszarach dotkniętych malarią | * omawia dymorfizm płciowy jako wynik istnienia preferencji  w krzyżowaniu * wyjaśnia, dlaczego mimo działania doboru naturalnego w populacji człowieka utrzymują się allele warunkujące choroby genetyczne |
| 4. | Ewolucja na poziomie populacji | * wyjaśnia pojęcia: *genetyka populacyjna*, *pula genowa populacji* * wyjaśnia, dlaczego populacja jest podstawową jednostką ewolucji * wymienia czynniki ewolucji | * wyjaśnia, na czym polega zjawisko dryfu genetycznego  i wymienia skutki jego działania w przyrodzie * wymienia warunki, które spełnia populacja znajdująca się w stanie równowagi genetycznej | * omawia regułę Hardy’ego–Weinberga * oblicza częstość występowania genotypów  i fenotypów w populacji | * wyjaśnia rolę dryfu genetycznego  w kształtowaniu puli genetycznej populacji na przykładach efektu założyciela oraz efektu wąskiego gardła * sprawdza, czy populacja znajduje się w stanie równowagi genetycznej |
| 5. | Powstawanie gatunków – specjacja | * przedstawia biologiczną koncepcję gatunku * wyjaśnia pojęcia: *mechanizmy izolacji rozrodczej*, *specjacja* | * omawia znaczenie mechanizmów izolacji rozrodczej w przyrodzie * klasyfikuje mechanizmy izolacji rozrodczej * wymienia rodzaje specjacji | * wyjaśnia, dlaczego biologicznej koncepcji gatunku nie można stosować wobec gatunków rozmnażających się bezpłciowo * charakteryzuje rodzaje specjacji, biorąc pod uwagę typ pierwotnej bariery izolacyjnej | * charakteryzuje prezygotyczne  i postzygotyczne mechanizmy izolacji rozrodczej oraz podaje przykłady ich działania * omawia powstawanie gatunków na drodze poliploidyzacji |
| 6. | Prawidłowości ewolucji. Koewolucja | * wyjaśnia pojęcie *prawidłowości ewolucji* * wymienia prawidłowości ewolucji | * wyjaśnia pojęcia: *mikroewolucja*, *makroewolucja*, *kierunkowość ewolucji*, *nieodwracalność ewolucji*, *koewolucja* * wymienia prawdopodobne przyczyny nieodwracalności ewolucji | * wymienia czynniki, które wpływają na tempo ewolucji * charakteryzuje sposoby określania tempa ewolucji * wymienia przykłady koewolucji * omawia skutki doboru naturalnego w postaci powstawania różnych strategii życiowych organizmów | * wymienia przykłady przemian w skali mikro-  i makroewolucji * wyjaśnia wpływ doboru naturalnego na kierunek ewolucji * omawia zjawisko radiacji adaptacyjnej |
| 7. | Historia życia na Ziemi | * wymienia etapy rozwoju życia na Ziemi * wymienia warunki środowiska, które umożliwiły samorzutną syntezę pierwszych związków organicznych * charakteryzuje środowisko oraz tryb życia pierwszych organizmów jednokomórkowych * wymienia główne założenia teorii endosymbiozy * charakteryzuje zmiany prowadzące do powstania organizmów wielokomórkowych * nazywa erę i okres,  w których pojawiły się pierwsze rośliny lądowe * nazywa grupy zwierząt, które jako pierwsze pojawiły się w środowisku lądowym | * charakteryzuje warunki klimatyczne  i fizykochemiczne panujące na Ziemi ok. 4 mld lat temu * wyjaśnia pojęcie *makrocząsteczka* * charakteryzuje warunki sprzyjające powstawaniu pierwszych makrocząsteczek na Ziemi * wyjaśnia, jak się zmieniał sposób odżywiania pierwszych organizmów jednokomórkowych * wyjaśnia, na czym polegają sposoby odżywiania chemoautotrofów  i fotoautotrofów * wyjaśnia, w jaki sposób wędrówka kontynentów wpłynęła na rozmieszczenie organizmów na Ziemi * wyjaśnia, jakie dane można uzyskać dzięki analizie tabeli stratygraficznej | * wyjaśnia, na czym polega teoria samorzutnej syntezy związków organicznych * przedstawia przebieg  i wyniki doświadczenia Stanley’a Millera  i Harolda Ureya * wyjaśnia pojęcia: *bulion pierwotny*, *pizza pierwotna* w nawiązaniu do etapów ewolucji chemicznej * wyjaśnia rolę kwasów nukleinowych  w powstaniu życia na Ziemi * wymienia argumenty przemawiające za słusznością teorii endosymbiozy * wskazuje bezpośrednią przyczynę stopniowych  i nieodwracalnych zmian warunków panujących na Ziemi | * ocenia znaczenie doświadczenia S. Millera  i H. Ureya w postępie badań nad powstaniem życia na Ziemi * wyjaśnia, dlaczego odkrycie rybozymów miało duże znaczenie  w rozwoju teorii powstania życia na Ziemi * wyjaśnia, w jaki sposób pierwsze fotoautotrofy zmieniły warunki na Ziemi * wyjaśnia, jakie korzyści adaptacyjne miało wykształcenie się form wielokomórkowych * wymienia okresy,  w których nastąpiły masowe wymierania organizmów * określa prawdopodobne przyczyny wielkich wymierań organizmów  w historii Ziemi |
| 8. | Antropogeneza | * wyjaśnia pojęcia: *antropogeneza*, *antropologia* * określa stanowisko systematyczne człowieka * wymienia kilka cech wspólnych naczelnych * wymienia główne cechy budowy ciała charakterystyczne dla człowieka * określa chronologię występowania przedstawicieli rodzaju *Homo* | * wymienia korzyści wynikające z pionizacji ciała, redukcji owłosienia oraz zwiększania masy i objętości mózgu * omawia warunki, w których doszło do powstania bezpośrednich przodków człowieka * omawia zmiany, które zaszły podczas ewolucji rodzaju *Homo* | * uzasadnia przynależność człowieka do królestwa: zwierzęta, typu: strunowce, podtypu: kręgowce, gromady: ssaki, rzędu: naczelne * wymienia rodzaje człekokształtnych * wymienia zmiany  w budowie szkieletu wynikające z pionizacji ciała oraz stopniowego zwiększania masy  i objętości mózgowia * charakteryzuje budowę oraz tryb życia bezpośrednich przodków człowieka | * analizuje cechy z zakresu anatomii, immunologii, genetyki i zachowania świadczące o powiązaniu człowieka z innymi człekokształtnymi * wymienia drobne cechy morfologiczne właściwe tylko człowiekowi * omawia drogi rozprzestrzeniania się rodzaju *Homo* z Afryki na pozostałe kontynenty * omawia negatywne skutki pionizacji ciała |