Pierwsza Ławka · zestaw działowy · liceum i technikum

Dział 25

Zmienność, mutacje i choroby genetyczne

Zmienność ciągła i nieciągła z odchyleniem standardowym, źródła zmienności rekombinacyjnej, mutacje genowe i ich skutki w białku, aberracje strukturalne i liczbowe, choroby genetyczne w rodowodach i kariotypach, czynniki mutagenne i transformacja nowotworowa. Dziewięć kart: najważniejsze wiadomości z przykładami, ćwiczenia, zadania typu maturalnego, dwie kartkówki i sprawdzian w grupach A i B – z kluczem i zasadami oceniania.



Biologia | klasa 4 LO i technikum | Dział 25 | zakres rozszerzony (ZR)

	Karta	Rodzaj	Poziom	Zadania
1	**Zmienność i mutacje – najważniejsze wiadomości** Teoria, przykłady z wyjaśnieniem, rozgrzewka	Najważniejsze wiadomości	ZR	3 zad. · 10 pkt
2	**Zmienność i mutacje – ćwiczenia** Ćwiczę umiejętności z działu	Ćwiczenia	ZR	6 zad. · 23 pkt
3	**Zmienność i mutacje – zadania typu maturalnego** Polecenia, wiązki i punktacja jak na maturze 2027	Zadania typu maturalnego	ZR	5 zad. · 11 pkt
4	**Kartkówka 1: zmienność, rekombinacja i mutacje genowe – grupa A** 15 minut · 6 pkt	Kartkówka	ZR	4 zad. · 6 pkt 15 min
5	**Kartkówka 1: zmienność, rekombinacja i mutacje genowe – grupa B** 15 minut · 6 pkt	Kartkówka	ZR	4 zad. · 6 pkt 15 min
6	**Kartkówka 2: aberracje chromosomowe, choroby genetyczne, mutageny i nowotwory – grupa A** 15 minut · 6 pkt	Kartkówka	ZR	4 zad. · 6 pkt 15 min
7	**Kartkówka 2: aberracje chromosomowe, choroby genetyczne, mutageny i nowotwory – grupa B** 15 minut · 6 pkt	Kartkówka	ZR	4 zad. · 6 pkt 15 min
8	**Sprawdzian: Zmienność i mutacje – grupa A** 45 minut · 21 pkt	Sprawdzian	ZR	12 zad. · 21 pkt 45 min
9	**Sprawdzian: Zmienność i mutacje – grupa B** 45 minut · 21 pkt	Sprawdzian	ZR	12 zad. · 21 pkt 45 min

Jak korzystać z zestawu

- Karta 1 to najważniejsze wiadomości z działu, przykłady z wzorcową odpowiedzią i krótka rozgrzewka – od niej warto zacząć.
- Karta 2 to ćwiczenia, karta 3 – zadania typu maturalnego – polecenia, wiązki i punktacja jak w arkuszach CKE.
- Karty 4–7 to dwie kartkówki (po 15 minut), karty 8–9 – sprawdzian (45 minut). Każde w grupach A i B: te same typy zadań i ta sama punktacja, inne treści.
- Klucz na końcu zawiera odpowiedzi i zasady oceniania zadań otwartych w stylu CKE: przykładowa odpowiedź, za co jest punkt i czego się nie uznaje.
- Osobny plik „Powtórka" zbiera pojęcia i schematy działu, typowe błędy i test „Sprawdź się" z odpowiedziami.

Oznaczenia

ZP	zakres podstawowy
ZR	zakres rozszerzony (treści tylko dla ZR)
(0–2 pkt)	liczba punktów możliwych do zdobycia za zadanie
Zadanie 4.1.	wiązka zadań do wspólnego materiału źródłowego
Jak to sprawdza CKE	typ zadania i typowy błąd ze sprawozdań CKE
Na maturze	wymagania z podstawy programowej, których dotyczy temat

Wymagania z podstawy programowej (Dz.U. 2024 poz. 1019)

- **XIV.2.1** opisuje zmienność jako różnorodność fenotypową osobników w populacji
- **XIV.2.2** przedstawia typy zmienności genetycznej (rekombinacyjna i mutacyjna)
- **XIV.2.3** rozróżnia ciągłą i nieciągłą zmienność cechy; wyjaśnia genetyczne podłoże tych zmienności
- **XIV.2.4** przedstawia źródła zmienności rekombinacyjnej
- **XIV.2.5** przedstawia rodzaje mutacji genowych oraz określa ich skutki
- **XIV.2.6** przedstawia rodzaje aberracji chromosomowych (strukturalnych i liczbowych) oraz określa ich skutki
- **XIV.2.7** określa na podstawie analizy rodowodu lub kariotypu podłoże genetyczne chorób człowieka (mukowiscydoza, fenyloketonuria, pląsawica Huntingtona, hemofilia, daltonizm, zespół Klinefeltera, zespół Turnera, zespół Downa)
- **XIV.2.8** wykazuje związek między narażeniem organizmu na działanie czynników mutagennych (fizycznych, chemicznych, biologicznych) a zwiększonym ryzykiem wystąpienia chorób
- **XIV.2.9** przedstawia transformację nowotworową komórek jako następstwo mutacji w obrębie genów kodujących białka regulujące cykl komórkowy oraz odpowiedzialnych za naprawę DNA

Materiał oryginalny – nie jest kopią materiałów CKE ani podręczników. Podstawa programowa LO i technikum, zakres rozszerzony (Dz.U. 2018 poz. 467 w brzmieniu Dz.U. 2024 poz. 1019). Wymagania: I.2 / XIV.2.1–XIV.2.9. Do użytku własnego i pracy z własnymi uczniami.

Zmienność i mutacje – najważniejsze wiadomości

Teoria, przykłady z wyjaśnieniem, rozgrzewka

ZR KARTA 1/9

Imię i nazwisko: Klasa: Data: Wynik: ..... / 10 pkt

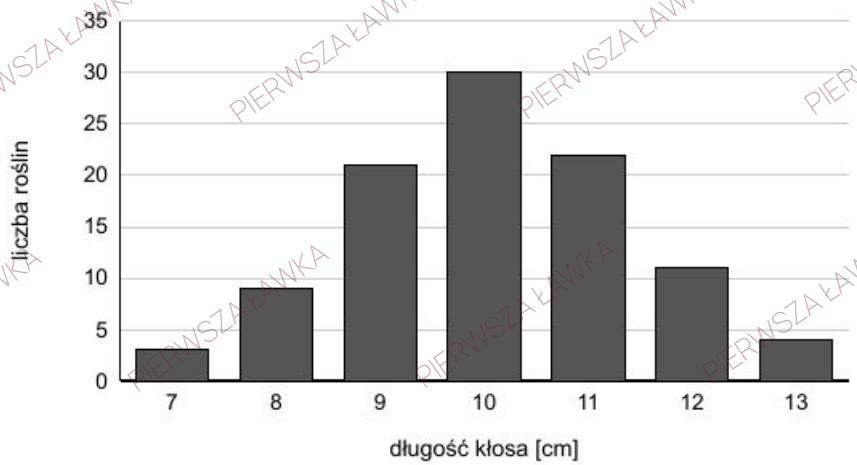
Najważniejsze wiadomości · 10 pkt

Przypomnij sobie

- **Zmienność** to różnorodność fenotypowa osobników jednego gatunku, np. w populacji. Fenotyp zależy od genotypu i od środowiska, dlatego wyróżnia się **zmienność genetyczną (dziedziczną)** i **zmienność środowiskową (modyfikacyjną)** – ta druga nie zmienia DNA, więc nie jest przekazywana potomstwu.

Typ zmienności	Źródło	Czy powstają nowe allele?	Przykład
rekombinacyjna	nowe kombinacje istniejących alleli: niezależna segregacja chromosomów w mejozie, crossing-over, losowe łączenie się gamet	nie	rodzeństwo różni się zestawem alleli
mutacyjna	zmiany w DNA – mutacje genowe i chromosomowe	tak (mutacje genowe)	nowy allel barwy kwiatu
środowiskowa	wpływ warunków (pokarm, światło, temperatura)	nie, DNA bez zmian	opalenizna, większe liście rośliny w cieniu

- **Zmienność ciągła i nieciągła.** Cecha o zmienności **nieciągłej** tworzy kilka wyraźnych klas (np. grupa krwi AB0, obecność piegów) – zwykle warunkuje ją jeden gen lub kilka genów o dużym efekcie. Cecha o zmienności **ciągłej** (wzrost, masa nasion, długość kłosa) przyjmuje wszystkie wartości z pewnego zakresu, a rozkład ma kształt dzwonu: zależy od **wielu genów, z których każdy w niewielkim stopniu zwiększa lub zmniejsza wartość cechy (poligenia, efekt addytywny)**, a środowisko dodatkowo zaciera granice między klasami. Rozrzut wyników opisuje **odchylenie standardowe**: $\sigma = \sqrt{[\Sigma(x - \bar{x})^2 / n]}$ – im większe σ, tym bardziej wyniki są rozproszone wokół średniej.



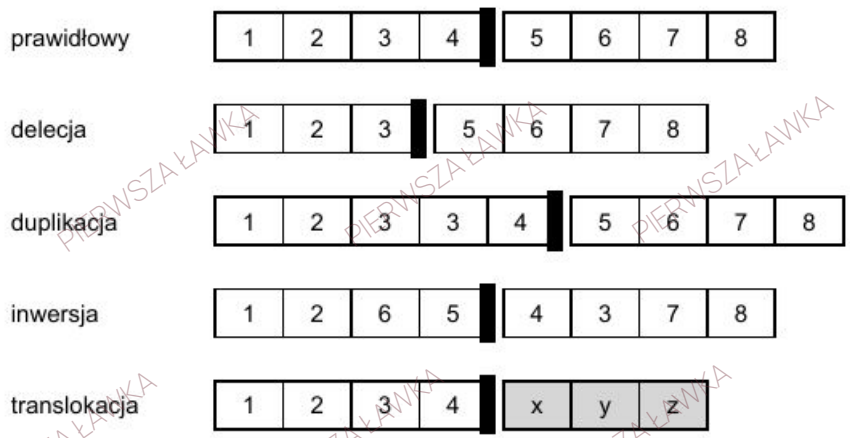
Rozkład długości kłosa w populacji pszenicy, n = 100 – zmienność ciągła (opracowanie własne, wyniki przykładowe).

- **Źródła zmienności rekombinacyjnej:** (1) **crossing-over** – w profazie I chromatydy należące do dwóch różnych chromosomów jednej pary homologicznej wymieniają się fragmentami; (2) **niezależna segregacja chromosomów** w anafazie I – u człowieka $2^{23} \approx 8{,}4$ mln kombinacji chromosomów w gametach (bez crossing-over); (3) **losowe łączenie się gamet** przy zapłodnieniu. U bakterii nowe kombinacje genów dają koniugacja, transformacja i transdukcja.
- **Pułapka:** Crossing-over zachodzi między chromatydami **niesiostrzanymi** chromosomów homologicznych – wymiana między siostrzanymi nie dałaby nowej kombinacji alleli.

- **Mutacja** to trwała zmiana w materiale genetycznym. Mutacje w komórkach **somatycznych** dotyczą tylko danego osobnika, a w komórkach **linii płciowej** (macierzystych gamet) mogą być przekazane potomstwu.

Mutacja genowa	Na czym polega	Możliwy skutek w białku
substytucja (zamiana) nukleotydu	jeden nukleotyd zastąpiony innym	**cicha** (ten sam aminokwas – kod zdegenerowany), **zmiany sensu** (inny aminokwas), **nonsensowna** (powstaje kodon STOP – białko skrócone)
delecja (utrata) nukleotydu	usunięcie jednego lub kilku nukleotydów	przy liczbie niepodzielnej przez 3 – **przesunięcie ramki odczytu**: od miejsca mutacji zmieniają się aminokwasy, często szybko pojawia się STOP
insercja (wstawienie) nukleotydu	dodanie jednego lub kilku nukleotydów	jak przy delecji; wstawienie 3 nukleotydów – jeden aminokwas więcej, bez przesunięcia ramki
ekspansja powtórzeń trójek	zwielokrotnienie powtarzającej się trójki nukleotydów	np. wydłużony ciąg glutaminy w białku huntingtynie (pląsawica Huntingtona)

- **Pułapka:** „Mutacja punktowa" jest synonimem określenia „mutacja genowa", więc nie podaje rodzaju mutacji – CKE jej nie uznaje; podaj: substytucja, delecja albo insercja (zasady oceniania 2025, zad. 16.1).
- **Aberracje chromosomowe strukturalne** zmieniają budowę chromosomu: **delecja** (utrata odcinka), **duplikacja** (podwojenie odcinka), **inwersja** (odcinek odwrócony o 180°), **translokacja** (przeniesienie odcinka na chromosom niehomologiczny). **Aberracje liczbowe** zmieniają liczbę chromosomów: **aneuploidia** (brak lub nadmiar pojedynczego chromosomu: 2n − 1, 2n + 1) i **poliploidia** (zwielokrotnienie całych zestawów: 3n, 4n – częsta u roślin uprawnych). Przyczyną aneuploidii jest zwykle **nondysjunkcja** – nierozejście się chromosomów homologicznych (mejoza I) lub chromatyd (mejoza II).



Czarny prostokąt – centromer; odcinki x, y, z (szare) pochodzą z chromosomu niehomologicznego.

Rodzaje aberracji strukturalnych; cyfry oznaczają kolejne odcinki chromosomu (rysunek własny).

- **Kluczowe:** Skutek mutacji zależy od tego, co zmienia: czy zmienia sekwencję aminokwasów białka (genowa), czy ilość lub ułożenie wielu genów naraz (chromosomowa). Translokacja zrównoważona nie zmienia ilości materiału genetycznego, więc nosiciel zwykle jest zdrowy, ale może wytwarzać gamety z nadmiarem lub niedoborem odcinków.
- **Choroby genetyczne człowieka wymagane w podstawie**:

Choroba	Podłoże	Sposób dziedziczenia / kariotyp
mukowiscydoza	mutacje genu *CFTR* – wadliwy kanał chlorkowy, gęsty śluz	autosomalna recesywna

fenyloketonuria	mutacje genu *PAH* – brak aktywnego enzymu przekształcającego fenyloalaninę w tyrozynę	autosomalna recesywna
pląsawica Huntingtona	zwielokrotniona trójka CAG w genie *HTT* (wydłużony ciąg glutaminy w huntingtynie); pierwsze objawy najczęściej po 30. roku życia	autosomalna dominująca
hemofilia A	brak lub niedobór czynnika krzepnięcia VIII	recesywna sprzężona z chromosomem X
daltonizm (czerwono-zielony)	wadliwe barwniki czopków	recesywna sprzężona z chromosomem X
zespół Downa	trisomia chromosomu 21	47,XX,+21 lub 47,XY,+21
zespół Klinefeltera	dodatkowy chromosom X u mężczyzny	47,XXY
zespół Turnera	brak jednego chromosomu X u kobiety	45,X

- **Analiza rodowodu** – reguły: dwoje zdrowych rodziców ma chore dziecko → cecha recesywna; dwoje chorych rodziców ma zdrowe dziecko → dominująca. Chora córka zdrowego ojca wyklucza dziedziczenie recesywne sprzężone z X. Cechy recesywne sprzężone z X występują częściej u mężczyzn i są przekazywane synom przez matki-nosicielki; chory ojciec przekazuje allel wszystkim córkom, a żadnemu synowi.
- **Czynniki mutagenne** zwiększają częstość mutacji, a przez to ryzyko chorób, zwłaszcza nowotworów: **fizyczne** – promieniowanie UV (uszkodzenia DNA w komórkach skóry), promieniowanie jonizujące (X, gamma, radon); **chemiczne** – np. benzo[a]piren z dymu tytoniowego, aflatoksyny z pleśni; **biologiczne** – wirusy onkogenne, np. wirusy brodawczaka ludzkiego (HPV) wysokiego ryzyka związane z rakiem szyjki macicy, wirus zapalenia wątroby typu B (HBV) – z rakiem wątroby.
- **Transformacja nowotworowa** to przekształcenie komórki prawidłowej w nowotworową w wyniku **nagromadzenia kilku mutacji** w genach kontrolujących cykl komórkowy:

Grupa genów	Funkcja białka	Jak mutacja sprzyja nowotworowi
protoonkogeny	pobudzają podziały komórki (np. receptory czynników wzrostu)	mutacja w **jednym** allelu daje onkogen – stale aktywne białko „wciska gaz"
geny supresorowe (np. *TP53*, *RB1*)	hamują cykl komórkowy, uruchamiają apoptozę	zwykle trzeba utraty funkcji **obu** alleli – „brak hamulca"
geny naprawy DNA	usuwają uszkodzenia DNA	uszkodzenia nie są naprawiane, więc mutacje w innych genach gromadzą się szybciej

- **Kluczowe:** Nowotwór powstaje zwykle dopiero po kilku mutacjach w jednej komórce, dlatego ryzyko rośnie z wiekiem i z czasem narażenia na mutageny. Odziedziczenie jednego uszkodzonego allelu genu supresorowego nie wywołuje choroby, ale zwiększa ryzyko, bo wystarczy jedna dodatkowa mutacja.
- **Doświadczenie: Mutageny a mutacje somatyczne u trzykrotki (*Tradescantia*).** Klony trzykrotki heterozygotyczne pod względem genu barwy mają niebieskie komórki włosków pręcików; mutacja allelu dominującego w komórce somatycznej ujawnia allel recesywny i komórka staje się różowa. Rośliny naświetla się różnymi dawkami promieniowania, a po kilkunastu dniach liczy różowe komórki pod mikroskopem; próbą kontrolną są rośliny nienaświetlane z tej samej hodowli. Doświadczenie wykonuje się w laboratorium z uprawnieniami do pracy ze źródłem promieniowania – w szkole analizujemy tylko wyniki.

Zmienność i mutacje – ćwiczenia

Ćwiczę umiejętności z działu

ZR KARTA 2/9

Imię i nazwisko: ..... Klasa: ..... Data: ..... Wynik: ..... / 23 pkt

Ćwiczenia · 23 pkt

Zadanie 1. (0–6 pkt) ..... / 6

Przyporządkuj przykłady do typu zmienności.

dwoje rodzeństwa ma różne grupy krwi u rośliny pojawił się nowy allel barwy kwiatu
liście tej samej rośliny w cieniu są większe
w gametach powstają nowe układy alleli dzięki crossing-over
w komórce wątroby zaszła delecja nukleotydu skóra ciemnieje latem

rekombinacyjna	mutacyjna	środowiskowa

Zadanie 2. (0–3 pkt) ..... / 3

Na podstawie tabeli kodu określ skutek każdej mutacji w mRNA AUG GCC UGG CAA AGC UUC GGA UAA. Zapisz sekwencję aminokwasów białka po mutacji i nazwij rodzaj skutku: (1) GCC → GCU; (2) AGC → AAC; (3) wstawienie G między pierwszym a drugim kodonem.

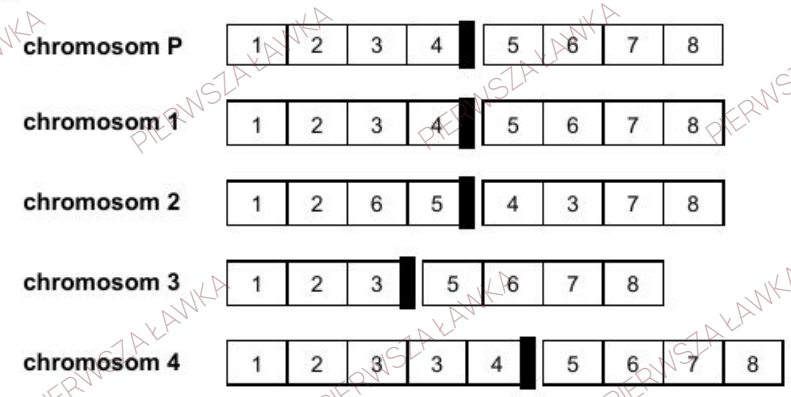
Miejsce na odpowiedź

Kodon mRNA	Aminokwas	Kodon mRNA	Aminokwas
AUG	Met (start)	AGC	Ser
GCC, GCU, GCA	Ala	AAC	Asn
UGG	Trp	UUC	Phe
CAA	Gln	GGA, GGC	Gly
CUG, CUU	Leu	AAG	Lys
CGG	Arg	AUA	Ile
UAA, UAG, UGA	STOP	–	–

Podgląd – Pierwsza Ławka

Zadanie 3. (0–4 pkt) ..... / 4

Rysunek przedstawia prawidłowy chromosom P i chromosomy 1–4. Przyporządkuj chromosomom rodzaj aberracji (a–d).



1. chromosom 1	a) duplikacja
2. chromosom 2	b) delecja
3. chromosom 3	c) inwersja
4. chromosom 4	d) brak aberracji

1 ____ 2 ____ 3 ____ 4 ____

Zadanie 4. (0–4 pkt) ..... / 4

Uzupełnij zdania.

nondysjunkcją trisomię tetraploidem onkogen monosomię gen supresorowy

1. Nierozejście się chromosomów homologicznych w mejozie I nazywa się _____.
2. Komórka o liczbie chromosomów 2n + 1 ma _____ jednego chromosomu.
3. Roślina o czterech zestawach chromosomów jest _____.
4. Gen, którego zmutowana forma stale pobudza podziały komórki, to _____.

Zadanie 5. (0–2 pkt) ..... / 2

Długość kłosa (cm) u 8 roślin pszenicy: 9, 10, 10, 11, 11, 12, 12, 13. Oblicz średnią i odchylenie standardowe ($\sigma = \sqrt{[\Sigma(x - \bar{x})^2/n]}$); wynik σ podaj z dokładnością do 0,01.

Miejsce na rozwiązanie

Zadanie 6. (0–4 pkt) ..... / 4

Oceń prawdziwość zdań o nowotworach.

1. Mutacja jednego allelu protoonkogenu może wystarczyć do powstania onkogenu.	P	F
2. Geny supresorowe kodują białka pobudzające podziały komórki.	P	F
3. Uszkodzenie genów naprawy DNA przyspiesza gromadzenie się mutacji.	P	F
4. Transformacja nowotworowa jest zwykle skutkiem jednej mutacji.	P	F

Podgląd – Pierwsza Ławka

Zadanie 3.1. (0–1 pkt) ..... / 1

Przyporządkuj wariantom (1–3) skutek mutacji. Wpisz numery wariantów w odpowiednie kolumny.

wariant 1 wariant 2 wariant 3

mutacja cicha	mutacja nonsensowna	przesunięcie ramki odczytu

Zadanie 3.2. (0–1 pkt) ..... / 1

Zapisz sekwencję aminokwasów fragmentu białka kodowanego przez wariant 3 i podaj nazwę rodzaju tej mutacji genowej.

Miejsce na odpowiedź

Zadanie 3.3. (0–1 pkt) ..... / 1

Wyjaśnij, dlaczego wariant 1 nie zmienia budowy białka.

Miejsce na odpowiedź

Zadanie 4. (0–3 pkt)

Wykonaj polecenia 4.1–4.2 na podstawie tekstu.

Dwa rodzaje genów a nowotwór

Gen *A* koduje białko, które po przyłączeniu czynnika wzrostu wysyła do jądra sygnał do podziału. Gen *B* koduje białko, które zatrzymuje cykl komórkowy w fazie G1, gdy DNA jest uszkodzone, a przy uszkodzeniach nienaprawialnych uruchamia apoptozę. W komórkach pewnego guza wykryto: w genie *A* – substytucję w jednym allelu, po której białko wysyła sygnał do podziału także bez czynnika wzrostu; w genie *B* – utratę funkcji obu alleli.

Tekst własny.

Zadanie 4.1. (0–1 pkt) ..... / 1

Oceń prawdziwość stwierdzeń.

1. Gen *A* jest protoonkogenem, a jego zmutowana forma – onkogenem.	**P**	**F**
2. Gen *B* jest genem supresorowym.	**P**	**F**
3. Utrata funkcji jednego allelu genu *B* zwykle wystarcza, by komórka przestała zatrzymywać cykl.	**P**	**F**

Sprawdzian: Zmienność i mutacje – grupa A

45 minut · 21 pkt

ZR KARTA 8/9

Imię i nazwisko: Klasa: Data: Wynik: ..... / 21 pkt

Sprawdzian · 45 minut · 21 pkt

Zadanie 1. (0–1 pkt) ..... / 1

Która cecha człowieka wykazuje zmienność nieciągłą?

A. wzrost B. barwa skóry C. masa ciała D. grupa krwi AB0

Zadanie 2. (0–2 pkt) ..... / 2

Masa nasion (mg) 8 roślin grochu: 210, 220, 230, 240, 240, 250, 260, 270. Oblicz średnią i odchylenie standardowe $\sigma = \sqrt{[\Sigma(x - \bar{x})^2/n]}$ (z dokładnością do 0,1 mg) i zinterpretuj σ.

Miejsce na odpowiedź

Zadanie 3. (0–2 pkt) ..... / 2

Mężczyzna jest nosicielem translokacji zrównoważonej między dwoma autosomami. Wyjaśnij, dlaczego jest zdrowy, a mimo to jego dzieci mogą mieć zaburzenia rozwoju.

Miejsce na odpowiedź

Zadanie 4. (0–1 pkt) ..... / 1

Oceń prawdziwość stwierdzeń.

1. Zmienność to różnorodność fenotypowa osobników w populacji.	P	F
2. Mutacje genowe są źródłem nowych alleli.	P	F
3. Crossing-over zachodzi między chromatydami siostrzanymi.	P	F

Zadanie 5. (0–2 pkt) ..... / 2

Przyporządkuj choroby do sposobu dziedziczenia.

mukowiscydoza pląsawica Huntingtona hemofilia A fenyloketonuria

autosomalna recesywna	autosomalna dominująca	recesywna sprzężona z X

Zadanie 6. (0–2 pkt) ..... / 2

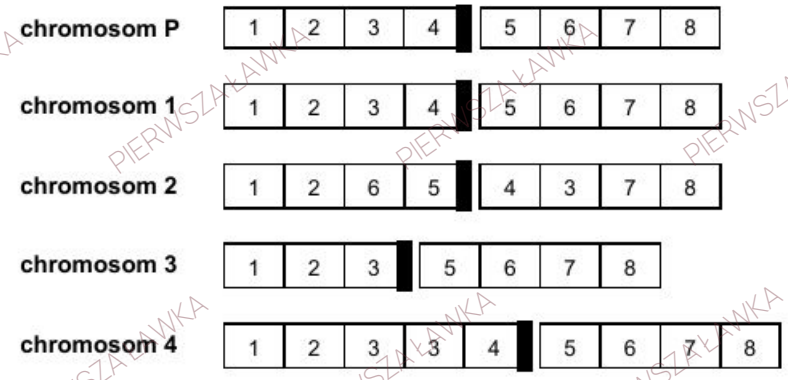
Mutacja w mRNA AUG CCA GAU UGG AAA CUC GGU UAG polega na usunięciu pierwszego nukleotydu kodonu CCA. Zapisz sekwencję pierwszych sześciu aminokwasów i nazwij skutek.

Miejsce na odpowiedź

Kodon mRNA	Aminokwas	Kodon mRNA	Aminokwas
AUG	Met (start)	AAA, AAG	Lys
CCA, CCG	Pro	CUC	Leu
GAU	Asp	GGU, GGA	Gly
UGG	Trp	CAG	Gln
AUU	Ile	AAC	Asn
UCG	Ser	GUU	Val
UAA, UAG, UGA	STOP	–	–

Zadanie 7. (0–1 pkt) ..... / 1

Które stwierdzenie dotyczące chromosomu 4 na rysunku jest prawdziwe?



Rysunek własny.

A. Odcinek 3 jest podwojony – zaszła duplikacja.

B. Odcinki są odwrócone – zaszła inwersja.

C. Brakuje odcinka 3 – zaszła delecja.

D. Chromosom jest prawidłowy.

Zadanie 8. (0–2 pkt) ..... / 2

Wyjaśnij, jak nondysjunkcja chromosomu X w mejozie II u matki może doprowadzić do urodzenia dziewczynki z zespołem Turnera. Podaj kariotyp zygoty.

Miejsce na odpowiedź

PIERWSZA ŁAWKA

CO JESZCZE JEST W ŚRODKU

Zmienność, mutacje i choroby genetyczne – kartkówki, sprawdzian i karty pracy z powtórką, biologia, klasa 4 LO i technikum (zakres rozszerzony)

Podgląd pokazał 10 z 33 stron. Pełna wersja: 33 stron A4, PDF do druku i DOCX do edycji.

- Karta 1: Zmienność i mutacje – najważniejsze wiadomości – 3 zadania, 10 pkt
- Karta 2: Zmienność i mutacje – ćwiczenia – 6 zadań, 23 pkt
- Karta 3: Zmienność i mutacje – zadania typu maturalnego – 5 zadań, 11 pkt
- Karta 4: Kartkówka 1: zmienność, rekombinacja i mutacje genowe – grupa A – 4 zadania, 6 pkt
- Karta 5: Kartkówka 1: zmienność, rekombinacja i mutacje genowe – grupa B – 4 zadania, 6 pkt
- Karta 6: Kartkówka 2: aberracje chromosomowe, choroby genetyczne, mutageny i nowotwory – grupa A – 4 zadania, 6 pkt
- Karta 7: Kartkówka 2: aberracje chromosomowe, choroby genetyczne, mutageny i nowotwory – grupa B – 4 zadania, 6 pkt
- Karta 8: Sprawdzian: Zmienność i mutacje – grupa A – 12 zadań, 21 pkt
- Karta 9: Sprawdzian: Zmienność i mutacje – grupa B – 12 zadań, 21 pkt Karta 1 to teoria z przykładami i wzorcowymi odpowiedziami, karta 2 – ćwiczenia, karta 3 – zadania typu matura

Kup pełną wersję – plik od razu na e-mail
pierwszalawka.pl/material/biologia-liceum-klasa-4-zr-dzial-25-zmiennosc-mutacje-i-choroby-genetyczne