Pierwsza Ławka · zestaw działowy · liceum i technikum

Dział 15

Biotechnologia i inżynieria genetyczna

Biotechnologia tradycyjna i molekularna, fermentacje i oczyszczanie ścieków, PCR i elektroforeza DNA, profile DNA w kryminalistyce i medycynie sądowej, diagnostyka zakażeń, organizmy transgeniczne i GMO z przepisami UE i Polski, terapia genowa, poradnictwo genetyczne, szanse, zagrożenia i problemy etyczne. Dziewięć kart: najważniejsze wiadomości z przykładami, ćwiczenia, praca z materiałem źródłowym, dwie kartkówki i sprawdzian w grupach A i B – z kluczem i zasadami oceniania.



Biologia | klasa 3 LO i technikum | Dział 15 | zakres podstawowy (ZP)

	Karta	Rodzaj	Poziom	Zadania
1	**Biotechnologia – najważniejsze wiadomości** Teoria, przykłady z wyjaśnieniem, rozgrzewka	Najważniejsze wiadomości	ZP	3 zad. · 10 pkt
2	**Biotechnologia – ćwiczenia** Ćwiczę umiejętności z działu	Ćwiczenia	ZP	8 zad. · 20 pkt
3	**Biotechnologia – praca z materiałem źródłowym** Tekst, tabela, wykres i wyniki doświadczeń	Praca z materiałem źródłowym	ZP	4 zad. · 17 pkt
4	**Kartkówka 1: biotechnologia tradycyjna i molekularna, PCR, elektroforeza DNA i ich zastosowania – grupa A** 15 minut · 8 pkt	Kartkówka	ZP	4 zad. · 8 pkt 15 min
5	**Kartkówka 1: biotechnologia tradycyjna i molekularna, PCR, elektroforeza DNA i ich zastosowania – grupa B** 15 minut · 8 pkt	Kartkówka	ZP	4 zad. · 8 pkt 15 min
6	**Kartkówka 2: GMO, poradnictwo genetyczne, terapia genowa, szanse, zagrożenia i problemy etyczne – grupa A** 15 minut · 8 pkt	Kartkówka	ZP	4 zad. · 8 pkt 15 min
7	**Kartkówka 2: GMO, poradnictwo genetyczne, terapia genowa, szanse, zagrożenia i problemy etyczne – grupa B** 15 minut · 8 pkt	Kartkówka	ZP	4 zad. · 8 pkt 15 min
8	**Sprawdzian: Biotechnologia – grupa A** 45 minut · 20 pkt	Sprawdzian	ZP	9 zad. · 20 pkt 45 min
9	**Sprawdzian: Biotechnologia – grupa B** 45 minut · 20 pkt	Sprawdzian	ZP	9 zad. · 20 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 na materiale źródłowym: tekst, tabela, wykres, wyniki doświadczenia.
- 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)

- **VIII.1** rozróżnia biotechnologię tradycyjną i molekularną
- **VIII.2** przedstawia współczesne zastosowania metod biotechnologii tradycyjnej w przemyśle farmaceutycznym, spożywczym, rolnictwie, biodegradacji i oczyszczaniu ścieków
- **VIII.3** przedstawia istotę technik stosowanych w inżynierii genetycznej (elektroforeza DNA, metoda PCR)
- **VIII.4** przedstawia zastosowania wybranych technik inżynierii genetycznej w medycynie sądowej, kryminalistyce, diagnostyce chorób
- **VIII.5** wyjaśnia, czym jest organizm transgeniczny i GMO
- **VIII.6** przedstawia potencjalne korzyści i zagrożenia wynikające z zastosowania organizmów modyfikowanych genetycznie w rolnictwie, przemyśle, medycynie i badaniach naukowych; podaje przykłady produktów otrzymanych z wykorzystaniem modyfikowanych genetycznie organizmów
- **VIII.7** przedstawia sytuacje, w których zasadne jest korzystanie z poradnictwa genetycznego
- **VIII.8** przedstawia ogólną zasadę działania terapii genowej
- **VIII.9** przedstawia szanse i zagrożenia wynikające z zastosowań biotechnologii molekularnej
- **VIII.10** dyskutuje o problemach społecznych i etycznych związanych z rozwojem inżynierii genetycznej oraz formułuje własne opinie w tym zakresie

Materiał oryginalny – nie jest kopią materiałów CKE ani podręczników. Podstawa programowa LO i technikum, zakres podstawowy (Dz.U. 2018 poz. 467 w brzmieniu Dz.U. 2024 poz. 1019). Wymagania: II.4, V.2 / VIII.1–VIII.10. Do użytku własnego i pracy z własnymi uczniami.

Biotechnologia – najważniejsze wiadomości

Teoria, przykłady z wyjaśnieniem, rozgrzewka

ZP KARTA 1/9

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

Najważniejsze wiadomości · 10 pkt

Przypomnij sobie

- **Biotechnologia** to wykorzystywanie organizmów (najczęściej mikroorganizmów), ich komórek lub enzymów do wytwarzania produktów i usług potrzebnych człowiekowi. Dzielimy ją na **tradycyjną**, korzystającą z naturalnych procesów organizmów, i **molekularną**, w której celowo zmienia się materiał genetyczny lub bada DNA.

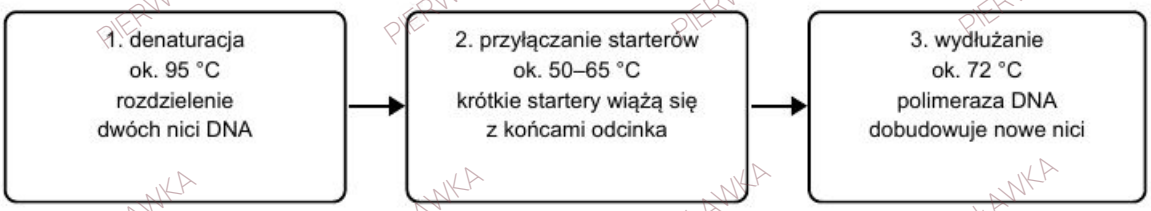
Cecha	Biotechnologia tradycyjna	Biotechnologia molekularna
na czym polega	wykorzystanie naturalnych procesów organizmów (głównie bakterii, drożdży, pleśni) bez zmiany ich DNA w laboratorium	celowe zmiany materiału genetycznego i praca na DNA w laboratorium (inżynieria genetyczna)
przykładowe metody	fermentacja, hodowla mikroorganizmów, selekcja i krzyżowanie odmian	PCR, elektroforeza DNA, wprowadzanie genów do komórek, edycja genów
przykłady produktów i zastosowań	jogurt, kefir, ser, kiszonki, pieczywo, piwo, ocet, antybiotyki z pleśni, kompost, biogaz	insulina ludzka z bakterii, odmiany GMO, testy genetyczne, profile DNA, terapia genowa

- **Pułapka:** Fermentacja w nowoczesnym, zautomatyzowanym zakładzie to nadal biotechnologia **tradycyjna**. O rodzaju biotechnologii decyduje to, czy zmienia się DNA organizmu albo pracuje się na DNA, a nie wielkość zakładu czy nowoczesność urządzeń.
- **Biotechnologia tradycyjna dziś.** Choć jej metody znane są od tysięcy lat, nadal ma ogromne znaczenie gospodarcze.

Dziedzina	Współczesne zastosowania biotechnologii tradycyjnej
przemysł spożywczy	bakterie fermentacji mlekowej – jogurty, kefiry, sery, kiszona kapusta i ogórki; drożdże – pieczywo, piwo, wino; bakterie octowe – ocet
przemysł farmaceutyczny	antybiotyki wytwarzane przez pleśnie i promieniowce (np. penicylina z pędzlaka), szczepionki z hodowli drobnoustrojów, probiotyki
rolnictwo	kiszonki dla zwierząt, kompost, nawozy bakteryjne z bakteriami wiążącymi azot, biologiczne zwalczanie szkodników (np. preparaty z bakteriami chorobotwórczymi dla gąsienic)
biodegradacja	rozkład odpadów organicznych w kompostowniach; usuwanie plam ropy przez bakterie rozkładające węglowodory
oczyszczanie ścieków	bakterie i pierwotniaki rozkładają związki organiczne ze ścieków; z osadów w komorach beztlenowych powstaje biogaz

- **Doświadczenie:** Czy bakterie fermentacji mlekowej zakwaszają mleko? Do dwóch słoików z ciepłym mlekiem (ok. 42 °C) dodaj: do próby badawczej – łyżkę jogurtu naturalnego z żywymi kulturami bakterii, do próby kontrolnej – nic. Co 2 h mierz pH paskiem wskaźnikowym. W próbie badawczej pH spada (bakterie wytwarzają kwas mlekowy), mleko gęstnieje; w próbie kontrolnej pH zmienia się niewiele. Wniosek: zakwaszenie i zgęstnienie mleka powodują bakterie fermentacji mlekowej. Bezpieczeństwo: produktów z doświadczenia nie spożywaj; naczynia umyj gorącą wodą.
- **Inżynieria genetyczna** to zespół technik, które pozwalają badać DNA, wyodrębniać i powielać geny oraz przenosić je do innych organizmów. Dwie podstawowe techniki to PCR i elektroforeza DNA.

Technika	Na czym polega	Po co się ją stosuje
PCR (łańcuchowa reakcja polimerazy)	wielokrotne powielanie wybranego odcinka DNA w cyklach: rozdzielenie nici w wysokiej temperaturze, przyłączenie starterów, synteza nowych nici przez polimerazę DNA odporną na wysoką temperaturę; w każdym cyklu liczba kopii odcinka rośnie ok. dwa razy	uzyskanie z bardzo małej ilości DNA (np. z jednego włosa, kropli krwi, wymazu) tylu kopii, ile potrzeba do badania
elektroforeza DNA	rozdzielanie fragmentów DNA według długości w żelu, w polu elektrycznym; cząsteczki DNA są naładowane ujemnie i przesuwają się w stronę bieguna dodatniego (+); krótsze fragmenty przesuwają się dalej	odczytanie długości fragmentów przez porównanie ze wzorcem; porównywanie próbek (profil DNA), sprawdzenie, czy w PCR powstał produkt



Jeden cykl PCR; cykl powtarza się zwykle 25–35 razy (rysunek własny).

- **Kluczowe:** W PCR liczba kopii powielanego odcinka w każdym cyklu rośnie (w przybliżeniu) dwukrotnie: z jednej cząsteczki po 3 cyklach jest 8, po 10 cyklach – 1024, a po 30 cyklach – ponad miliard kopii. Dlatego wystarcza ślad DNA, np. z kilku komórek naskórka.
- **Pułapka:** Na żelu fragment, który przewędrował **najdalej** od studzienki, jest **najkrótszy**. Długość odczytuje się, porównując położenie prążka z prążkami wzorca o znanej długości (M).
- **Profil DNA** to układ prążków otrzymany po powieleniu metodą PCR kilku bardzo zmiennych odcinków DNA (różnią się one długością u różnych ludzi) i rozdzieleniu ich w elektroforezie. Poza bliźniętami jednojajowymi każdy człowiek ma inny profil DNA, a dziecko dziedziczy połowę prążków po matce, połowę po ojcu.

Dziedzina	Przykłady zastosowań
kryminalistyka	porównanie profilu DNA ze śladu (krew, ślina, włos z cebulką) z profilem podejrzanego; wykrywanie kłusownictwa i nielegalnego handlu chronionymi gatunkami
medycyna sądowa	identyfikacja ofiar katastrof i szczątków przez porównanie z DNA krewnych; ustalanie ojcostwa i innego pokrewieństwa
diagnostyka chorób	wykrywanie DNA lub RNA wirusów i bakterii (np. testy PCR na krztusiec, grypę, wirusa HIV); wykrywanie mutacji odpowiedzialnych za choroby genetyczne; badanie nosicielstwa

PIERWSZA ŁAWKA

- **Organizm transgeniczny** to organizm, do którego genomu wprowadzono gen innego gatunku (**transgen**), np. bakteria z genem ludzkiej insuliny. **GMO** (organizm zmodyfikowany genetycznie) to każdy organizm z DNA celowo zmienionym przez człowieka tak, jak nie mogłoby się to stać przy krzyżowaniu ani w przyrodzie – przez dodanie obcego genu, usunięcie albo wyłączenie własnego genu lub zmianę jego sekwencji. Każdy organizm transgeniczny jest więc GMO, ale nie każdy GMO jest transgeniczny.
- **Pułapka:** Produkt otrzymany **z pomocą** GMO (np. insulina, enzym) nie jest organizmem i nie zawiera genów – to oczyszczone białko. „Jedzenie GMO zmienia geny człowieka" – nieprawda: DNA z pożywienia jest trawione w przewodzie pokarmowym jak każde inne DNA.

Dziedzina	Przykłady GMO i produktów	Możliwe korzyści	Możliwe zagrożenia
medycyna i farmacja	bakterie i drożdże wytwarzające insulinę ludzką, hormon wzrostu, czynniki krzepnięcia, antygen do szczepionki przeciw WZW typu B	tani lek identyczny z ludzkim białkiem, bez pozyskiwania go od zwierząt lub ludzi	konieczność ścisłej kontroli czystości leku i hodowli w zamkniętych zbiornikach
rolnictwo	kukurydza i bawełna odporne na owady, soja odporna na herbicyd, papaja odporna na wirusa	mniej strat w plonach, mniej oprysków środkami owadobójczymi	krzyżowanie z dzikimi krewniakami, pojawianie się szkodników i chwastów odpornych, zależność rolników od firm nasiennych
przemysł	pleśnie i bakterie wytwarzające enzymy, np. chymozynę do serów, enzymy do proszków do prania	wydajna i powtarzalna produkcja enzymów, mniejsze zużycie energii (pranie w niższej temperaturze)	ucieczka mikroorganizmów z hodowli – dlatego prowadzi się ją w zamkniętych instalacjach
badania naukowe	myszy z wyłączonym lub dodanym genem, ryby z genem białka świecącego	poznanie funkcji genów, modele chorób człowieka do badania leków	problemy etyczne – cierpienie zwierząt doświadczalnych

- **GMO w prawie Unii Europejskiej i Polski.** Każdy GMO przed wprowadzeniem na rynek UE przechodzi ocenę bezpieczeństwa i wymaga zezwolenia. Żywność zawierająca GMO lub z niego wyprodukowana musi być oznakowana; nie oznacza się jedynie przypadkowej, technicznie nieuniknionej domieszki do 0,9% danego składnika. W Polsce zakazano wysiewu (stosowania materiału siewnego) kukurydzy MON 810 – jedynej odmiany GM dopuszczonej w UE do uprawy, ale import pasz z soi GM jest dozwolony. *Ciekawostka:* w 2026 r. UE przyjęła przepisy o roślinach uzyskanych nowymi technikami edycji genów – część z nich nie będzie traktowana jak GMO.
- W **terapii genowej** dostarcza się komórkom chorego prawidłową kopię genu (albo na poprawieniu uszkodzonego genu), tak aby komórki zaczęły wytwarzać brakujące lub prawidłowe białko. Gen wprowadza się za pomocą **wektora** – najczęściej unieszkodliwionego wirusa. Komórki można zmienić poza organizmem i oddać pacjentowi (*ex vivo*) albo podać wektor bezpośrednio do organizmu (*in vivo*). W 2024 r. UE warunkowo dopuściła do obrotu lek (Casgevy), w którym techniką CRISPR zmienia się komórki macierzyste szpiku chorych na niedokrwistość sierpowatokrwinkową i beta-talasemię.



Terapia genowa ex vivo (rysunek własny).

Biotechnologia – ćwiczenia

Ćwiczę umiejętności z działu

ZP KARTA 2/9

Imię i nazwisko: Klasa: Data: Wynik: ..... / 20 pkt

Ćwiczenia · 20 pkt

Zadanie 1. (0–4 pkt) ..... / 4

Dopasuj dziedzinę (1–4) do przykładu zastosowania biotechnologii tradycyjnej (a–d).

1. przemysł spożywczy
2. przemysł farmaceutyczny
3. oczyszczanie ścieków
4. rolnictwo

a) kiszonka z kukurydzy dla bydła

b) rozkład związków organicznych przez bakterie w komorach napowietrzanych

c) otrzymywanie penicyliny z hodowli pędzlaka

d) wytwarzanie sera z mleka

1 ____ 2 ____ 3 ____ 4 ____

Zadanie 2. (0–1 pkt) ..... / 1

Podaj, w jakim celu w PCR stosuje się polimerazę DNA odporną na wysoką temperaturę.

Miejsce na odpowiedź

Zadanie 3. (0–1 pkt) ..... / 1

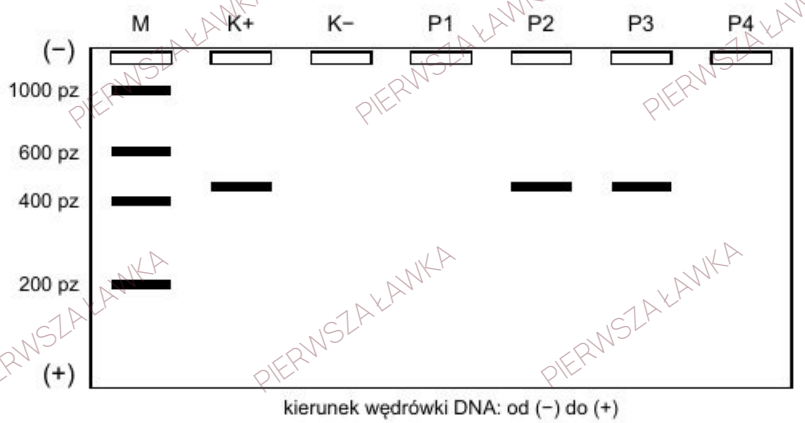
W próbce był 1 odcinek DNA wirusa. Oblicz, ile kopii tego odcinka będzie po 12 cyklach PCR, jeśli w każdym cyklu liczba kopii się podwaja.

Miejsce na rozwiązanie

Zadanie 4. (0–2 pkt) ..... / 2

Schemat przedstawia wynik elektroforezy produktów testu PCR w kierunku bakterii wywołującej zapalenie płuc (M – wzorzec, K+ – kontrola pozytywna, K− – kontrola negatywna, P1–P4 – pacjenci). Podaj, u których pacjentów wykryto DNA tej bakterii, i odczytaj przybliżoną długość produktu PCR.

Miejsce na odpowiedź



Zadanie 5. (0–2 pkt) ..... / 2

Wyjaśnij, czym różni się organizm transgeniczny od innych GMO. Podaj przykład GMO, który nie jest organizmem transgenicznym.

Miejsce na odpowiedź

Zadanie 6. (0–4 pkt) ..... / 4

Oceń prawdziwość zdań o GMO.

1. Insulina ludzka produkowana przez bakterie zmodyfikowane genetycznie ma taką samą sekwencję aminokwasów jak insulina wytwarzana przez trzustkę człowieka.	**P**	**F**
2. Uprawa roślin odpornych na owady może zmniejszyć zużycie środków owadobójczych.	**P**	**F**
3. Żywność wyprodukowana z GMO jest w UE zwolniona z obowiązku oznakowania.	**P**	**F**
4. Pyłek roślin GM może przenosić transgen na spokrewnione z nimi rośliny dzikie.	**P**	**F**

Zadanie 7. (0–5 pkt) ..... / 5

Przyporządkuj sytuacje: czy są wskazaniem do skorzystania z poradnictwa genetycznego?

brat kobiety choruje na hemofilię para miała trzy poronienia mężczyzna przechorował grypę
u noworodka badanie przesiewowe wykryło chorobę dziedziczną
dziewczyna złamała rękę na nartach

wskazanie do poradnictwa	brak takiego wskazania

Zadanie 8. (0–1 pkt) ..... / 1

Na podstawie schematu terapii genowej ex vivo wyjaśnij, dlaczego po skutecznym leczeniu komórki pacjenta zaczynają wytwarzać prawidłowe białko.

Miejsce na odpowiedź



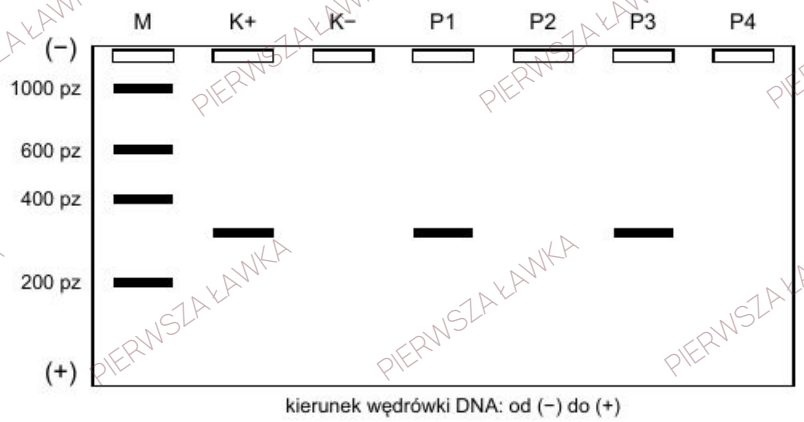
Zadanie 2. (0–5 pkt)

Przeczytaj tekst, przeanalizuj schemat i wykonaj polecenia.

Test PCR w przychodni

W przychodni czworo dzieci (P1–P4) od kilku tygodni miało napadowy kaszel. Pobrano od nich wymaz z nosogardła i wykonano test PCR, w którym startery przyłączają się tylko do odcinka DNA bakterii krztuśca. Produkty rozdzielono w elektroforezie. K+ – próbka z DNA bakterii krztuśca, K− – woda zamiast próbki, M – wzorzec długości.

Tekst własny, wyniki przykładowe.



Zadanie 2.1. (0–1 pkt) ..... / 1

Podaj, u których dzieci wykryto DNA bakterii krztuśca. Uzasadnij odpowiedź, odwołując się do schematu.

Miejsce na odpowiedź

Zadanie 2.2. (0–1 pkt) ..... / 1

Wyjaśnij, po co w teście wykonano kontrolę negatywną (K−).

Miejsce na odpowiedź

Zadanie 2.3. (0–1 pkt) ..... / 1

Wyjaśnij, dlaczego przed elektroforezą DNA z wymazu trzeba powielić metodą PCR.

Miejsce na odpowiedź

Zadanie 2.4. (0–2 pkt) ..... / 2

Podaj jedną korzyść dla chorego i jedną dla jego otoczenia z szybkiego rozpoznania krztuśca testem PCR.

Miejsce na odpowiedź

Podgląd z Pierwszej Ławki

Sprawdzian: Biotechnologia – grupa A

45 minut · 20 pkt

ZP

KARTA 8/9

Imię i nazwisko: ..... Klasa: ..... Data: ..... Wynik: ..... / 20 pkt

Sprawdzian · 45 minut · 20 pkt

Zadanie 1. (0–1 pkt) ..... / 1

Który proces jest przykładem biotechnologii tradycyjnej stosowanej w ochronie środowiska?

A. powielanie DNA metodą PCR

B. wprowadzenie genu do bakterii

C. kompostowanie odpadów organicznych

D. edycja genu w komórkach szpiku

Zadanie 2. (0–2 pkt) ..... / 2

Wybierz właściwe określenie.

1. Na początku każdego cyklu PCR, w wysokiej temperaturze, nici DNA **(rozdzielają się/łączą się)**.
2. Fragment o długości 200 pz przewędruje w żelu **(dalej/bliżej studzienki)** niż fragment 600 pz.

Zadanie 3. (0–4 pkt) ..... / 4

Oceń prawdziwość zdań.

1. Organizm, któremu wyłączono jeden z jego własnych genów, jest GMO.	P	F
2. W UE żywność z GMO musi być oznakowana.	P	F
3. Terapia genowa polega na podawaniu pacjentowi gotowego białka.	P	F
4. Insulina ludzka może być wytwarzana przez bakterie zmodyfikowane genetycznie.	P	F

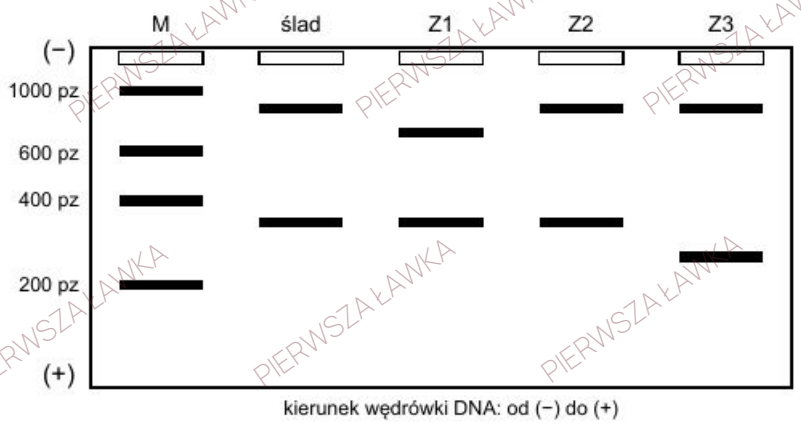
Zadanie 4. (0–2 pkt)

Przeczytaj tekst, przeanalizuj schemat i wykonaj polecenia.

Kłusownik w lesie

W lesie znaleziono szczątki nielegalnie zastrzelonej sarny. Policja zabezpieczyła mięso z zamrażarek trzech podejrzanych (Z1–Z3). Z próbek wyizolowano DNA, powielono metodą PCR dwa zmienne odcinki i rozdzielono je w elektroforezie. „Ślad" – DNA ze szczątków sarny.

Tekst własny, wyniki przykładowe.



kierunek wędrówki DNA: od (−) do (+)

Zadanie 4.1. (0–1 pkt) ..... / 1

Podaj, z której chłodni pochodzi mięso upolowanego jelenia. Uzasadnij odpowiedź.

Miejsce na odpowiedź

Zadanie 4.2. (0–1 pkt) ..... / 1

Wyjaśnij, dlaczego porównuje się dwa odcinki DNA, a nie tylko jeden.

Miejsce na odpowiedź

Zadanie 5. (0–2 pkt) ..... / 2

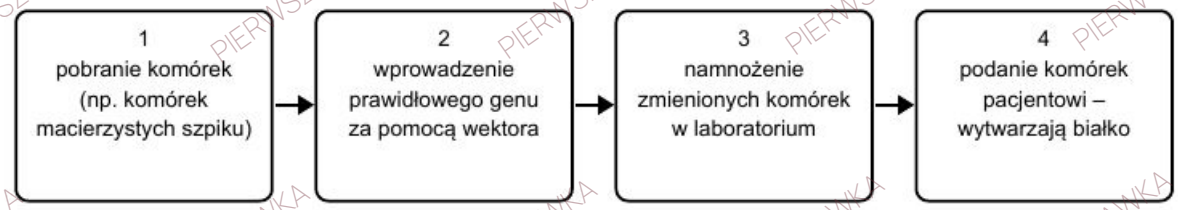
Wyjaśnij, czym jest organizm transgeniczny, i podaj przykład takiego organizmu wykorzystywanego w przemyśle.

Miejsce na odpowiedź

Zadanie 6. (0–2 pkt) ..... / 2

Na podstawie schematu wyjaśnij, jaką rolę w terapii genowej pełni wektor, i podaj, dlaczego zmiana nie przechodzi na dzieci pacjenta.

Miejsce na odpowiedź



Zadanie 7. (0–2 pkt) ..... / 2

Przedstaw dwie sytuacje, w których osoba dorosła powinna skorzystać z poradnictwa genetycznego.

Miejsce na odpowiedź

CO JESZCZE JEST W ŚRODKU

Biotechnologia i inżynieria genetyczna – kartkówki, sprawdzian i karty pracy z powtórką, biologia, klasa 3 LO i technikum (zakres podstawowy)

Podgląd pokazał 10 z 31 stron. Pełna wersja: 31 stron A4, PDF do druku i DOCX do edycji.

- Karta 1: Biotechnologia – najważniejsze wiadomości – 3 zadania, 10 pkt
- Karta 2: Biotechnologia – ćwiczenia – 8 zadań, 20 pkt
- Karta 3: Biotechnologia – praca z materiałem źródłowym – 4 zadania, 17 pkt
- Karta 4: Kartkówka 1: biotechnologia tradycyjna i molekularna, PCR, elektroforeza DNA i ich zastosowania – grupa A – 4 zadania, 8 pkt
- Karta 5: Kartkówka 1: biotechnologia tradycyjna i molekularna, PCR, elektroforeza DNA i ich zastosowania – grupa B – 4 zadania, 8 pkt
- Karta 6: Kartkówka 2: GMO, poradnictwo genetyczne, terapia genowa, szanse, zagrożenia i problemy etyczne – grupa A – 4 zadania, 8 pkt
- Karta 7: Kartkówka 2: GMO, poradnictwo genetyczne, terapia genowa, szanse, zagrożenia i problemy etyczne – grupa B – 4 zadania, 8 pkt
- Karta 8: Sprawdzian: Biotechnologia – grupa A – 9 zadań, 20 pkt
- Karta 9: Sprawdzian: Biotechnologia – grupa B – 9 zadań, 20 pkt Karta 1 to teoria z przykładami i wzorcowymi odpowiedziami, karta 2 – ćwiczenia, karta 3 – praca z materiałem źródło

Kup pełną wersję – plik od razu na e-mail
pierwszalawka.pl/material/biologia-liceum-klasa-3-dzial-15-biotechnologia-i-inzynieria-genetyczna