CENTRALNA KOMISJA EGZAMINACYJNA

Arkusz zawiera informacje prawnie chronione do momentu rozpoczęcia egzaminu.

WYPEŁNIA ZDAJĄCY

KOD

PESEL

Miejsce na naklejkę.
Sprawdź, czy kod na naklejce to **E-100**.
Jeżeli tak – przyklej naklejkę.
Jeżeli nie – zgłoś to nauczycielowi.

Egzamin maturalny ***Formuła 2015***

BIOLOGIA

Poziom rozszerzony

Symbol arkusza
EBIP-R0-**100**-2605

DATA: **8 maja 2026 r.**

GODZINA ROZPOCZĘCIA: **9:00**

CZAS TRWANIA: **180 minut**

LICZBA PUNKTÓW DO UZYSKANIA: **60**

Przed rozpoczęciem pracy z arkuszem egzaminacyjnym

1. Sprawdź, czy nauczyciel przekazał Ci **właściwy arkusz egzaminacyjny**, tj. arkusz we **właściwej formule**, z **właściwego przedmiotu** na **właściwym poziomie**.
2. Jeżeli przekazano Ci **niewłaściwy** arkusz – natychmiast zgłoś to nauczycielowi. Nie rozrywaj banderol.
3. Jeżeli przekazano Ci **właściwy** arkusz – rozerwij banderole po otrzymaniu takiego polecenia od nauczyciela. Zapoznaj się z instrukcją na stronie 2.

Układ graficzny
© CKE 2022

Instrukcja dla zdającego

1. Sprawdź, czy arkusz egzaminacyjny zawiera 32 strony (zadania 1–23). Ewentualny brak zgłoś przewodniczącemu zespołu nadzorującego egzamin.
2. Na pierwszej stronie arkusza oraz na karcie odpowiedzi wpisz swój numer PESEL i przyklej naklejkę z kodem.
3. Odpowiedzi zapisz w miejscu na to przeznaczonym przy każdym zadaniu.
4. Pisz czytelnie. Używaj długopisu/pióra tylko z czarnym tuszem/atramentem.
5. Nie używaj korektora, a błędne zapisy wyraźnie przekreśl.
6. Nie wpisuj żadnych znaków w części przeznaczonej dla egzaminatora.
7. Pamiętaj, że zapisy w brudnopisie nie będą oceniane.
8. Możesz korzystać z *Wybranych wzorów i stałych fizykochemicznych na egzamin maturalny z biologii, chemii i fizyki*, z linijki oraz z kalkulatora prostego. Upewnij się, czy przekazano Ci broszurę z okładką taką jak widoczna poniżej.



Zadanie 1.

Albumina to białko osocza krwi. Strukturę przestrzenną albuminy stabilizuje 17 mostków disiarczkowych. W poniższej tabeli przedstawiono skład albuminy.

Nazwa aminokwasu	Liczba reszt	Nazwa aminokwasu	Liczba reszt	Nazwa aminokwasu	Liczba reszt
alanina	62	kwas glutaminowy	62	prolina	24
arginina	24	histydyna	16	seryna	24
asparagina	17	izoleucyna	8	treonina	28
kwas asparaginowy	36	leucyna	61	tryptofan	1
cysteina	35	lizyna	59	tyrozyna	18
glicyna	12	metionina	6	walina	41
glutamina	20	fenyloalanina	31		

Głównymi funkcjami albuminy są regulowanie ciśnienia osmotycznego krwi, buforowanie pH krwi oraz transport długołańcuchowych kwasów tłuszczowych.

Na podstawie: M. Ples, *Białko – budulec życia*, „Biologia w Szkole" 20, 2017;
www.rcsb.org/3d-view/1AO6

Zadanie 1.1. (0–1)

Uwzględniając skład albuminy, wykaż, że strukturę III-rzędową tego białka stabilizuje maksymalna możliwa do utworzenia liczba mostków disiarczkowych.

.....

.....

.....

.....

Zadanie 1.2. (0–1)

Uzasadnij, że dzięki związaniu długołańcuchowych kwasów tłuszczowych przez albuminę możliwy staje się transport tych kwasów we krwi. W odpowiedzi uwzględnij rozpuszczalność albuminy oraz długołańcuchowych kwasów tłuszczowych w osoczu.

.....

.....

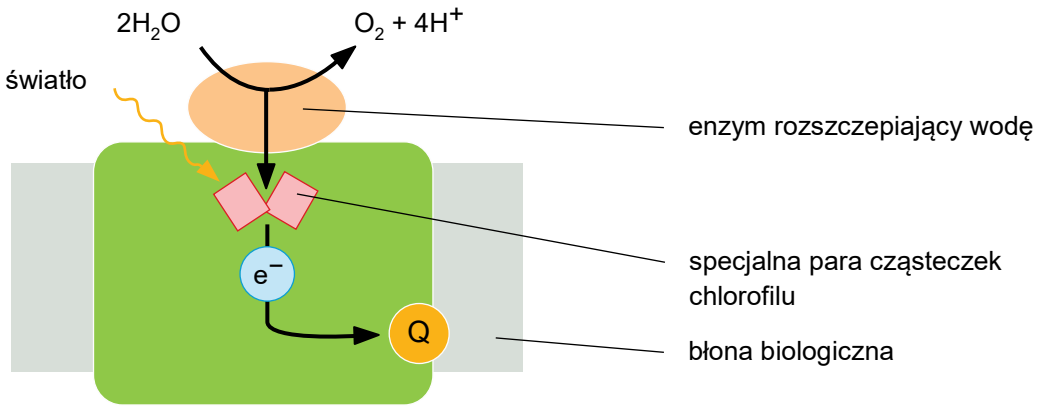
.....

.....

Zadanie 2.

U roślin występują dwa rodzaje fotosystemów: fotosystem I (PS I) oraz fotosystem II (PS II).

Na poniższym schemacie przedstawiono centrum reakcji PS II, współdziałającego z enzymem rozszczepiającym wodę, oraz transfer elektronów w obrębie centrum reakcji PS II. Wzbudzona specjalna para cząsteczek chlorofilu przekazuje wysokoenergetyczne elektrony na plastochinon (Q), przenoszący elektrony na kolejne elementy fotosyntetycznego łańcucha transportu elektronów.



Na podstawie: B. Alberts i in., *Podstawy biologii komórki*, Warszawa 2019.

Zadanie 2.1. (0–1)

Dokończ zdanie. Zaznacz właściwą odpowiedź spośród podanych.

PS II w komórkach miękiszu asymilacyjnego roślin jest zlokalizowany w

A. błonie komórkowej.

B. błonach tylakoidów.

C. zewnętrznej błonie otoczki chloroplastu.

D. wewnętrznej błonie otoczki chloroplastu.

Zadanie 2.2. (0–1)

Wykaż, że funkcjonowanie PS II wymaga współdziałania centrum reakcji PS II z enzymem rozszczepiającym wodę.

.....

.....

.....

.....

Zadanie 2.3. (0–1)

Uzupełnij zdania. Zaznacz odpowiedź spośród oznaczonych literami A i B oraz odpowiedź spośród oznaczonych literami C i D.

W wyniku reakcji zachodzących podczas fazy fotosyntezy zależnej od światła elektrony z PS I są przenoszone na

A. ADP.

B. $NADP^+$.

Produkt tej reakcji jest wykorzystywany podczas etapu

C. redukcji

D. regeneracji

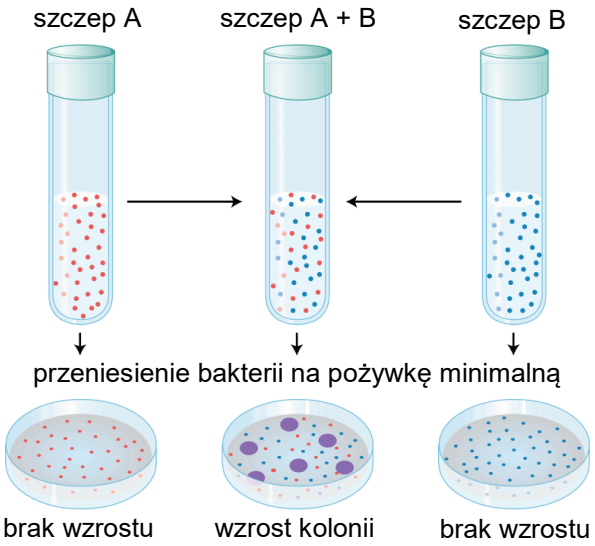
cyklu Calvina.

Zadanie 3.

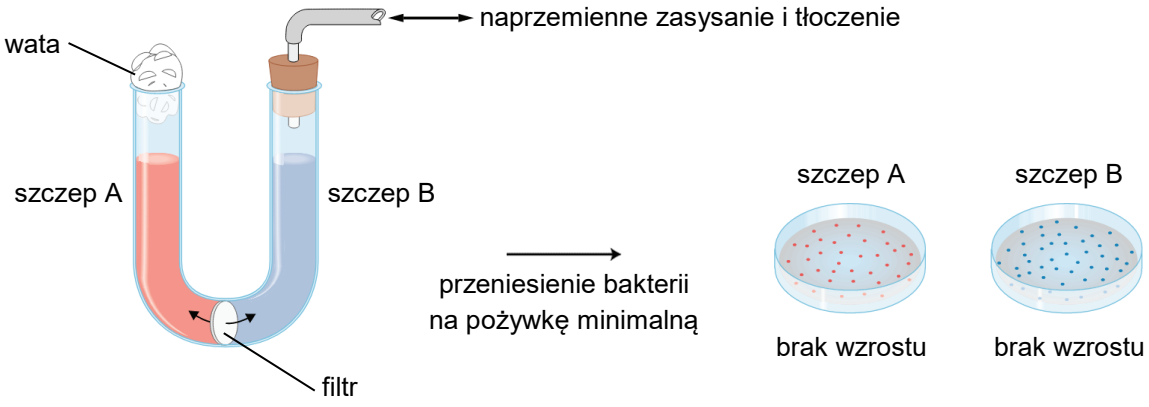
Horyzontalny transfer genów (HTG) może się odbywać u bakterii m.in. na drodze koniugacji. W 1946 roku Lederberg i Tatum przeprowadzili eksperyment, który dostarczył dowodów na zachodzenie HTG między bakteriami. Badanie przeprowadzono na dwóch szczepach *Escherichia coli* – A i B:

- szczep A (Met− bio− Thr+ Leu+ thi+) stanowiły bakterie, które nie miały zdolności do syntezy aminokwasu – metioniny (Met), oraz witaminy – biotyny (bio);
- szczep B (Met+ bio+ Thr− Leu− thi−) stanowiły bakterie, które nie miały zdolności do syntezy aminokwasów: treoniny (Thr) i leucyny (Leu), oraz witaminy – tiaminy (thi).

Bakterie obydwu szczepów hodowano na pożywce pełnej (zawierającej źródło aminokwasów i witamin), zarówno razem, jak i osobno – co zilustrowano poniżej. Gdy bakterie przeniesiono na pożywkę minimalną (niezawierającą wyżej wymienionych aminokwasów i witamin), kolonie zostały utworzone wyłącznie przez część bakterii pochodzących z hodowli mieszanej.



Bernard Davis wykonał kolejne doświadczenie – założył hodowlę bakterii szczepów A i B w szklanej U-rurce z pożywką pełną, z filtrem między połówkami U-rurki – co zilustrowano na poniższym rysunku. Ten filtr przepuszczał w obie strony pożywkę wraz z rozpuszczonymi substancjami, ale nie przepuszczał bakterii. Hodowla była wolna od bakteriofagów. Gdy przeniesiono bakterie na pożywkę minimalną, nie odnotowano wzrostu kolonii.



Na podstawie: A.J.F. Griffiths i in., *Introduction to Genetic Analysis*, Nowy Jork 2004.

Zadanie 3.1. (0–1)

Wyjaśnij, dlaczego w doświadczeniu Lederberga i Tatuma – po przeniesieniu bakterii na pożywkę minimalną – kolonie zostały utworzone wyłącznie przez bakterie pochodzące z hodowli mieszanej. W odpowiedzi uwzględnij następstwa HTG między szczepami A i B.

.....

.....

.....

.....

.....

Zadanie 3.2. (0–1)

Wyjaśnij, dlaczego w doświadczeniu Davisa nie zaszła wymiana informacji genetycznej między bakteriami szczepów A i B. W odpowiedzi uwzględnij proces koniugacji.

.....

.....

.....

.....

.....

Zadanie 3.3. (0–1)

Dokończ zdanie. Zaznacz odpowiedź A albo B oraz odpowiedź 1. albo 2.

Genom wirusowy jest wbudowywany w genom gospodarza bakteryjnego przez fagi

A.	lizogeniczne,	które	**1.**	w komórkach bakteryjnych występują długotrwale w postaci profagów.
B.	lityczne,		**2.**	doprowadzają szybko do lizy komórki bakteryjnej.

Zadanie 4.

Linezolid należy do stosunkowo nowej grupy syntetycznych środków przeciwbakteryjnych. Wykazano, że jest on szczególnie skuteczny w walce z bakteriami Gram-dodatnimi oraz mało skuteczny wobec bakterii Gram-ujemnych. Zróżnicowana efektywność działania tego środka wynika m.in. z różnic w budowie ściany komórkowej obu grup bakterii. Linezolid łączy się z podjednostką 50S rybosomu, przez co staje się niemożliwe jej połączenie się z podjednostką 30S.

Na podstawie: P. Graham, *Chemia medyczna*, Warszawa 2019.

Zadanie 4.1. (0–1)

Wykaż, że działanie linezolidu – polegające na uniemożliwieniu połączenia się podjednostek rybosomu – wpływa negatywnie na funkcjonowanie bakterii.

.....

.....

.....

.....

Zadanie 4.2. (0–1)

Opisz różnicę w budowie bakterii Gram-dodatnich i Gram-ujemnych. W odpowiedzi odnieś się do budowy struktur otaczających komórkę u <u>obu grup</u> bakterii.

.....

.....

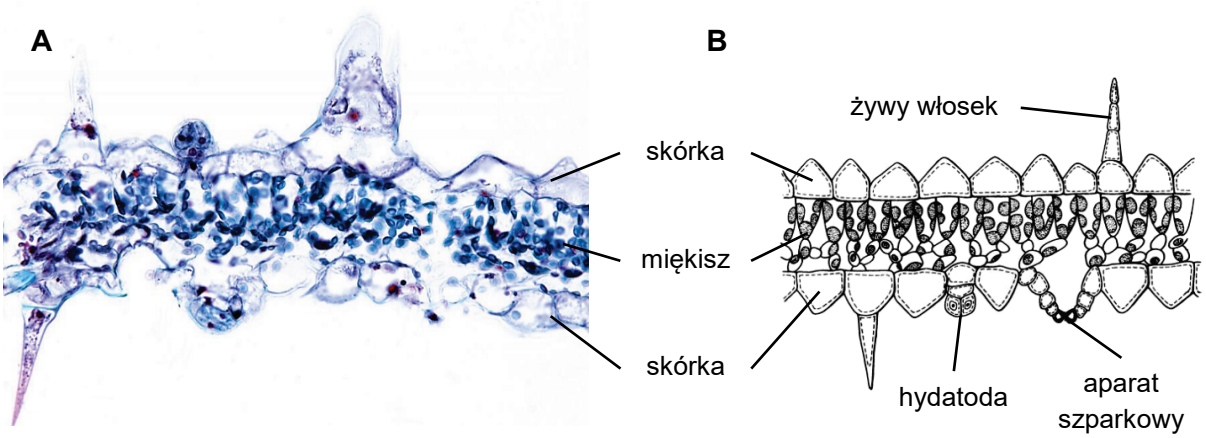
.....

.....

Zadanie 5.

Higrofity to rośliny przystosowane do środowiska o wysokiej wilgotności powietrza i podłoża. Z powodu wysokiej wilgotności powietrza parowanie z powierzchni liści jest powolne. U higrofitów doszło do wykształcenia się licznych cech ułatwiających transpirację: fizjologicznych, morfologicznych i anatomicznych, np. komórki skórki są pokryte cienką warstwą kutikuli.

Na zdjęciu mikroskopowym (**A**) oraz na schemacie (**B**) przedstawiono anatomię blaszki liściowej higrofitu *Ruellia portellae*.



Na podstawie: D. Richter i in., *Przystosowanie roślin do środowiska*, Wrocław 2020.
Fotografia: E. Rinne (CC BY-NC 4.0). Schemat: A. Szweykowska i J. Szweykowski, *Botanika*, Warszawa 2003.

Zadanie 5.1. (0–1)

Oceń, które z poniższych cech budowy liści *R. portellae* ułatwiają transpirację przez zwiększenie powierzchni blaszki liściowej. Zaznacz T, jeśli cecha ułatwia transpirację, albo N – jeśli nie ułatwia transpiracji.

Obecność żywych włosków.	**T**	**N**
Brodawkowate uwypuklenia komórek skórki.	**T**	**N**

Zadanie 5.2. (0–1)

Rozstrzygnij, czy u higrofitów występowanie cech ułatwiających transpirację z powierzchni liści jest przyczyną spowolnienia, czy – przyśpieszenia przepływu wody w drewnie roślin. Odpowiedź uzasadnij, odwołując się do mechanizmu transportu wody w roślinie.

Rozstrzygnięcie: .....

Uzasadnienie: .....

.....

.....

Zadanie 6.

Aby określić wpływ głównych procesów metabolicznych – fotosyntezy i oddychania komórkowego – na bilans węgla, czyli wzrost lub spadek zawartości związków organicznych w roślinach, przeprowadzono następujące doświadczenie.

Na trzech szalkach (patrz tabela poniżej) wyścielonych bibułą wysiano po 1,5 g nasion rzodkiewki. Następnie nasiona poddano różnym warunkom nawodnienia oraz oświetlenia:

- nasiona z grupy 1. umieszczono na suchym podłożu i ich nie podlewano, natomiast nasiona z grup 2. i 3. umieszczono na wilgotnym podłożu i podlewano w miarę potrzeby
- nasiona z grup 1. i 2. oświetlano, natomiast nasiona z grupy 3. trzymano w ciemności.

Nasiona wykiełkowały jedynie w grupach 2. i 3. Po 10 dniach materiał roślinny – nasiona lub siewki – wysuszono i dla każdej z badanych grup określono zawartość suchej masy.

Numer grupy	Warunki doświadczenia		Wyniki	
	Woda	Światło	Kiełkowanie	Sucha masa materiału roślinnego
1.	nie	tak	nie	1,46 g
2.	tak	tak	tak	1,63 g
3.	tak	nie	tak	1,20 g

Na podstawie: D. Ebert-May i in., *Disciplinary Research Strategies* […], „BioScience” 53(12), 2003.

Zadanie 6.1. (0–1)

Wyjaśnij, dlaczego w grupie 1. nasiona rzodkiewki nie wykiełkowały.

.....

.....

.....

.....

.....

Zadanie 6.2. (0–1)

Uzasadnij, że w celu prawidłowego oszacowania bilansu węgla w roślinach należało w ostatnim dniu trwania doświadczenia wykonać pomiar suchej, a nie – świeżej, masy nasion lub siewek.

.....

.....

.....

.....

Zadanie 6.3. (0–1)

Rozstrzygnij, z którą grupą – 1. czy 3. – należy porównać wyniki pomiaru suchej masy uzyskane w grupie 2., aby określić łączny wpływ fotosyntezy i oddychania komórkowego na bilans węgla w grupie 2. Odpowiedź uzasadnij.

Rozstrzygnięcie: .....

Uzasadnienie: .....

.....

.....

Zadanie 6.4. (0–1)

Wykaż, że podczas trwania doświadczenia u roślin z grupy 2. zachodziła fotosynteza.

.....

.....

.....

.....

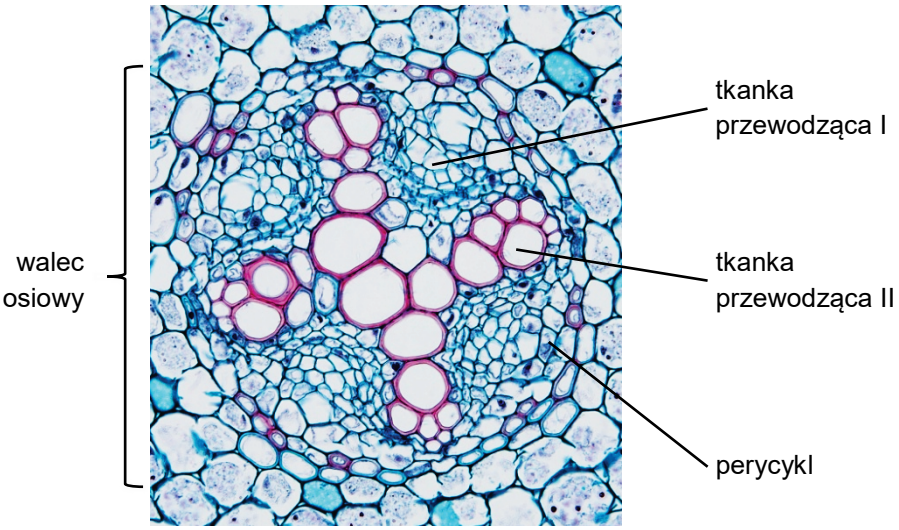
Zadanie 6.5. (0–1)

Oceń, czy podczas trwania doświadczenia u roślin z grup 2. i 3. zachodziło oddychanie komórkowe. Zaznacz T, jeśli ten proces zachodził, albo N – jeśli nie zachodził.

Grupa 2.	**T**	**N**
Grupa 3.	**T**	**N**

Zadanie 7.

Na zdjęciu mikroskopowym przedstawiono fragment przekroju poprzecznego pewnego organu roślinnego.



Na podstawie: P.J. Schulte, *Atlas of Plant Anatomy* (schulte.faculty.unlv.edu).

Zadanie 7.1. (0–1)

Dokończ zdanie. Zaznacz odpowiedź A albo B oraz jej uzasadnienie 1. albo 2.

Na zdjęciu przedstawiono przekrój poprzeczny przez

A.	łodygę,	na co wskazuje	**1.**	naprzeciwległy	układ tkanek przewodzących.
B.	korzeń,		**2.**	naprzemianległy	

Zadanie 7.2. (0–1)

Podaj nazwy tkanek przewodzących oznaczonych na zdjęciu mikroskopowym numerami I i II.

I. ..... II. .....

Zadanie 8.

Toksoplazmoza to występująca u człowieka choroba odzwierzęca wywoływana przez *Toxoplasma gondii* – jednokomórkowego protista o haploidalnej formie troficznej oraz o mejozie zachodzącej tuż po zapłodnieniu. *T. gondii* jest organizmem dwużywicielskim: żywicielami ostatecznymi są wyłącznie kotowate, w tym – kot domowy, natomiast do żywicieli pośrednich *T. gondii* należą niektóre ptaki oraz ssaki. Człowiek może być przygodnym żywicielem tego pasożyta. U człowieka pasożyt potrafi przekraczać barierę krew – łożysko.

Zadanie 8.1. (0–1)

Oceń prawdziwość stwierdzenia: *W organizmie człowieka* T. gondii *wytwarza gamety na drodze podziałów mitotycznych*. Wpisz odpowiedź wybraną spośród podanych w nawiasie. Odpowiedź uzasadnij.

Ocena stwierdzenia (*prawda / fałsz*): .....

Uzasadnienie: .....

.....

.....

Zadanie 8.2. (0–1)

Oceń prawdziwość poniższych stwierdzeń dotyczących zasad profilaktyki toksoplazmozy. Zaznacz P, jeśli stwierdzenie jest prawdziwe, albo F – jeśli jest fałszywe.

Należy przestrzegać zasad higieny w kontaktach z kotami.	**P**	**F**
Należy unikać spożywania surowego lub niedogotowanego mięsa (np. wołowego).	**P**	**F**

Zadanie 8.3. (0–1)

Rozstrzygnij, czy zgodnie z zasadami profilaktyki kobiety w ciąży powinny unikać kontaktu z osobami chorującymi na toksoplazmozę. Odpowiedź uzasadnij.

Rozstrzygnięcie: .....

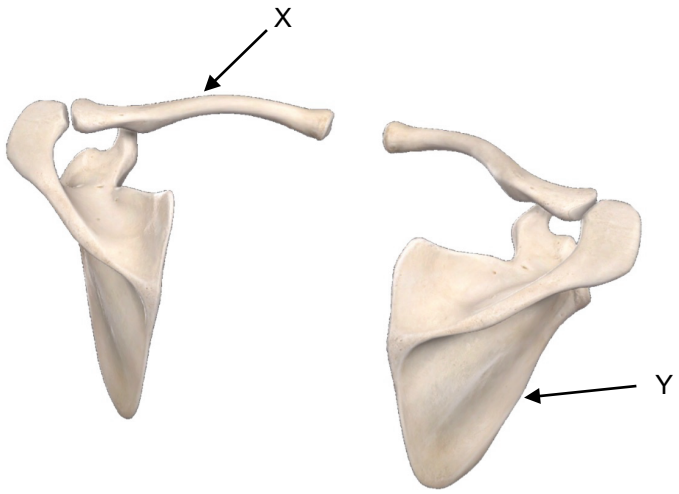
Uzasadnienie: .....

.....

.....

Zadanie 9. (0–1)

Na poniższym rysunku przedstawiono kości obręczy kończyn górnych człowieka widziane od tyłu. Na rysunku pominięto kości szkieletu osiowego oraz kości części wolnej kończyn górnych.



Na podstawie: emedicodiary.com

Podaj nazwy kości oznaczonych na rysunku literami X i Y.

Nazwa kości X: .....

Nazwa kości Y: .....

Zadanie 10. (0–1)

Uzupełnij zdanie. Zaznacz odpowiedź spośród oznaczonych literami A i B oraz odpowiedź spośród oznaczonych literami C i D.

Głównym azotowym produktem metabolizmu białek u ssaków jest

A. mocznik,

B. kwas moczowy,

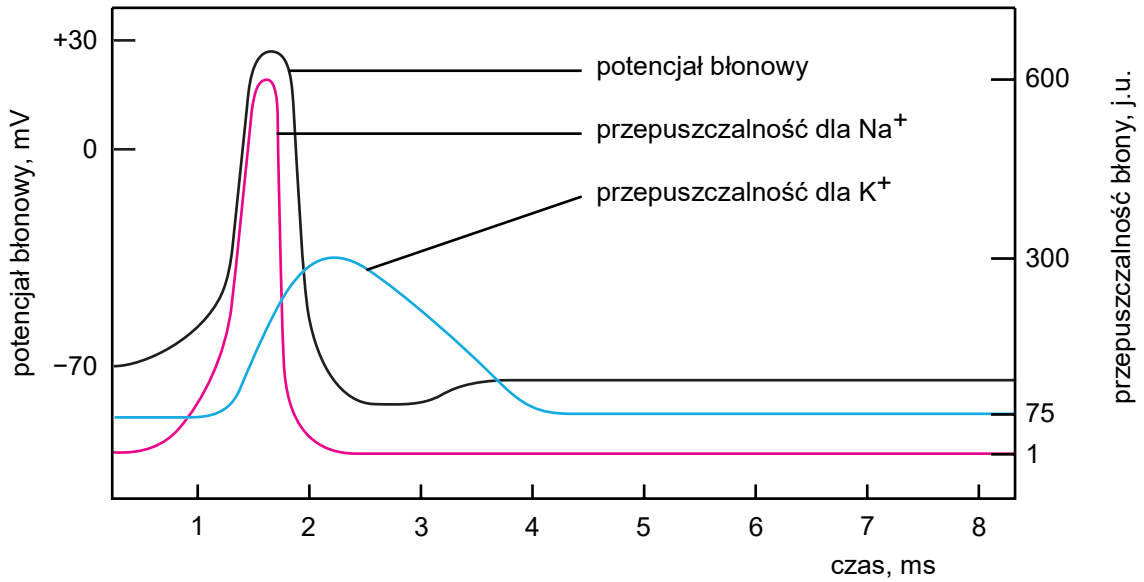
którego synteza odbywa się w komórkach

C. nerek.

D. wątroby.

Zadanie 11.

Powstawanie potencjału czynnościowego jest regulowane przez zmianę przepuszczalności błony neuronu dla jonów Na^+ i K^+. Na wykresie przedstawiono mechanizm tego procesu.



Na podstawie: D.D. Chiras, *Human Biology*, Burlington 2019.

Zadanie 11.1. (0–1)

Uzupełnij zdanie. Zaznacz odpowiedź spośród oznaczonych literami A i B oraz odpowiedź spośród oznaczonych literami C i D.

Stymulacja neuronu jest przyczyną

A. wzrostu

B. spadku

przepuszczalności błony komórkowej dla Na^+, co prowadzi do

C. hiperpolaryzacji

D. depolaryzacji

błony komórkowej.

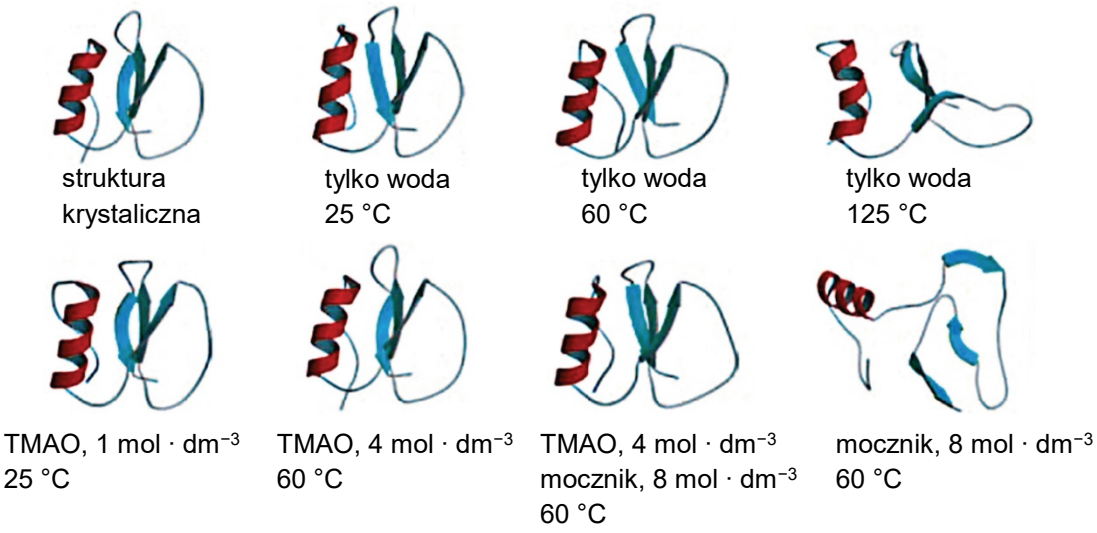
Zadanie 11.2. (0–1)

Oceń prawdziwość poniższych stwierdzeń dotyczących powstawania potencjału czynnościowego. Zaznacz P, jeśli stwierdzenie jest prawdziwe, albo F – jeśli jest fałszywe.

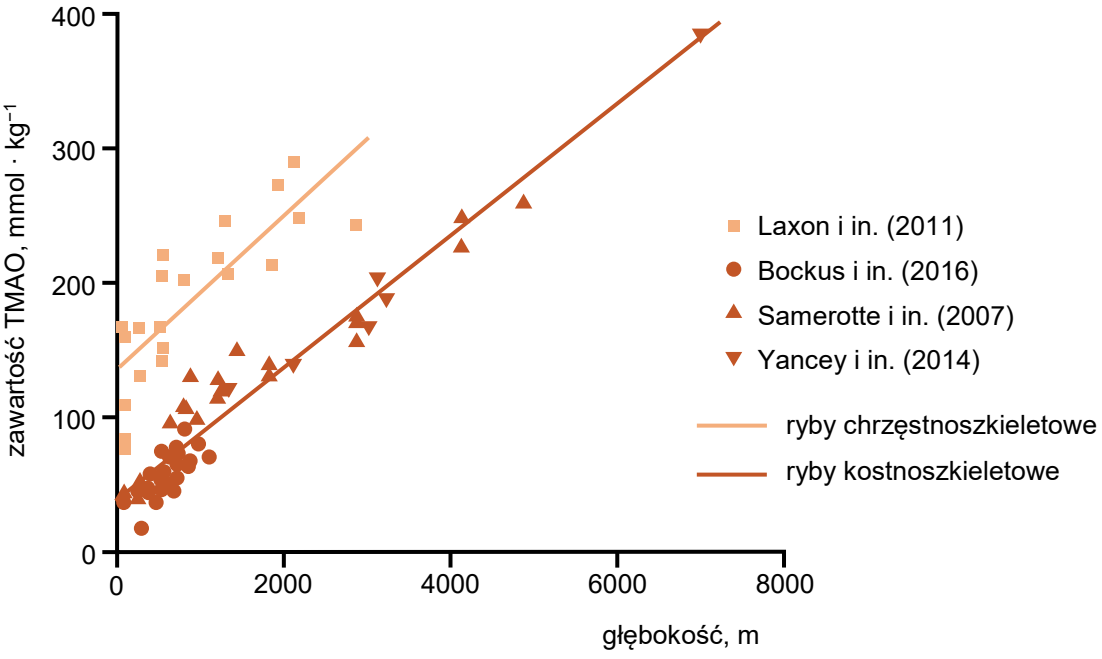
Kanały potasowe otwierają się po kanałach sodowych, dzięki czemu jony K^+ wypływają z komórki.	**P**	**F**
Podczas czynności neuronu kanały potasowe pozostają otwarte dłużej niż kanały sodowe.	**P**	**F**

Zadanie 12.

Ryby chrzęstnoszkieletowe gromadzą we krwi duże ilości mocznika, którego całkowite stężenie osmotyczne we krwi jest równe stężeniu wody morskiej albo nawet je przekracza. Oprócz mocznika, ważnym składnikiem krwi ryb chrzęstnoszkieletowych jest tlenek trimetyloaminy (TMAO). Poniżej przedstawiono wyniki symulacji komputerowych wpływu wysokiej temperatury, mocznika o wysokim stężeniu (8 mol · dm^{-3}) oraz TMAO o dwóch różnych stężeniach (1 mol · dm^{-3}, 4 mol · dm^{-3}) na strukturę przestrzenną białka – inhibitora chymotrypsyny 2 (CI2).



Obecność TMAO potwierdzono także w tkance mięśniowej wielu ryb kostno- i chrzęstnoszkieletowych. Przypuszcza się, że ten związek w mięśniach stabilizuje strukturę białek w warunkach wysokiego ciśnienia hydrostatycznego. Na poniższym wykresie przedstawiono wyniki pomiaru zawartości TMAO w tkance mięśniowej ryb morskich żyjących na różnych głębokościach, uzyskane przez różne zespoły badawcze.



Na podstawie: B.J. Bennion i V. Daggett, *Counteraction* […], „PNAS" 101(17), 2004; H. Laurent i in., *The Ability of Trimethylamine N-oxide* […], „Communications Chemistry" 5(116), 2022.

Zadanie 12.1. (0–1)

Na podstawie przedstawionych wyników symulacji oceń, czy w warunkach podanych w poniższej tabeli dochodzi do denaturacji Cl2. Zaznacz T, jeśli dochodzi do denaturacji, albo N – jeśli do niej nie dochodzi.

Temperatura 60 °C przy stężeniu TMAO równym 4 mol · dm^{-3}, bez mocznika.	**T**	**N**
Temperatura 60 °C przy stężeniu mocznika równym 8 mol · dm^{-3}, bez TMAO.	**T**	**N**

Zadanie 12.2. (0–1)

Sformułuj wniosek dotyczący wpływu TMAO na strukturę przestrzenną Cl2 poddawanego działaniu mocznika o stężeniu 8 mol · dm^{-3}.

.....

.....

.....

Zadanie 12.3. (0–1)

Sformułuj wniosek dotyczący zależności między głębokością występowania ryb a zawartością TMAO w ich tkance mięśniowej. W odpowiedzi odnieś się do <u>obu grup</u> ryb.

.....

.....

.....

.....

Zadanie 12.4. (0–1)

Oceń prawdziwość poniższych stwierdzeń dotyczących osmoregulacji ryb chrzęstnoszkieletowych. Zaznacz P, jeśli stwierdzenie jest prawdziwe, albo F – jeśli jest fałszywe.

Dzięki gromadzeniu się mocznika we krwi płyny ustrojowe tych ryb są w przybliżeniu izotoniczne względem wody morskiej.	**P**	**F**
Dzięki gromadzeniu się mocznika we krwi te ryby nie są narażone na nadmierny osmotyczny odpływ wody.	**P**	**F**

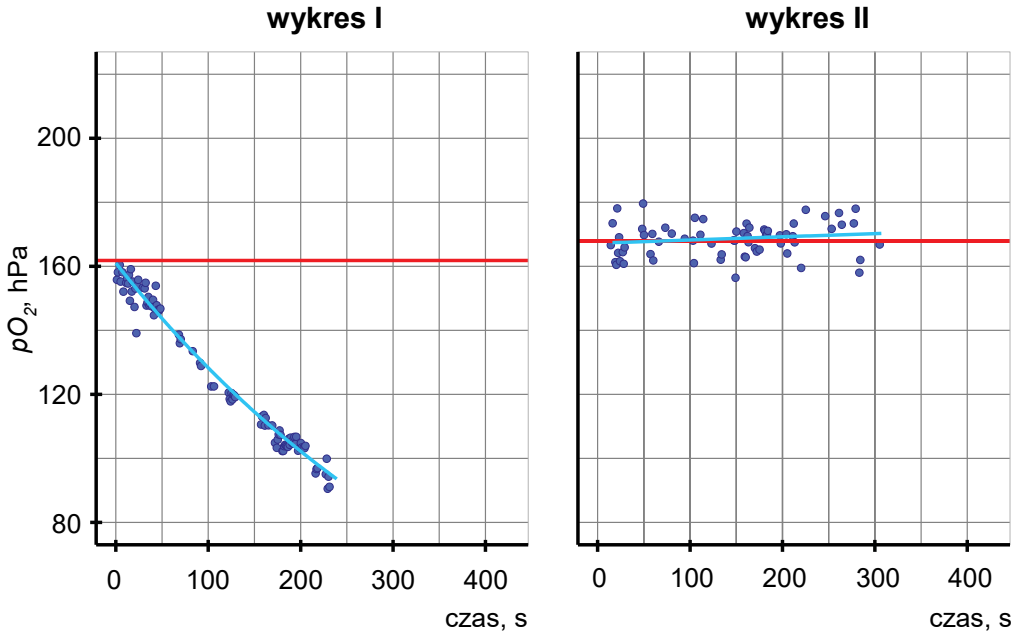
Zadanie 13.

Niewielkie jaszczurki z rodzaju *Anolis*, występujące na Wyspach Karaibskich, w sytuacji zagrożenia chowają się pod powierzchnią wody. Niektóre z gatunków, np. *Anolis aquaticus*, pozostają zanurzone pod powierzchnią wody nawet przez kilkanaście minut. W tym czasie w przedniej części ich głowy powstaje bańka wydychanego powietrza, którego objętość cyklicznie powiększa się w czasie wydechu (**A**) i zmniejsza się w czasie wdechu (**B**) – co ilustrują poniższe zdjęcia.



Postawiono hipotezę, że w ten sposób jaszczurki *A. aquaticus* przez jakiś czas korzystają z tlenu znajdującego się w wydychanym powietrzu.

Naukowcom udało się określić ciśnienie parcjalne tlenu (pO_2) w takiej bańce powietrza. Poniżej przedstawiono wykres **I**, ilustrujący wyniki pomiarów pO_2 w bańce powietrza znajdującej się na głowie *A. aquaticus*, oraz wykres **II**, ilustrujący wyniki pomiarów pO_2 w bańce powietrza mechanicznie wytwarzanej pod powierzchnią wody przy użyciu strzykawki.



Niebieskie punkty wskazują jednostkowe wyniki pomiarów, błękitna linia wskazuje ustaloną na ich podstawie linię trendu, a czerwona linia wskazuje średnią wartość pO_2 w powietrzu atmosferycznym w czasie pomiaru.

Na podstawie: C.K. Boccia i in., *Repeated Evolution of Underwater Rebreathing in Diving* Anolis *Lizards*, „Current Biology" 31(13), 2021.

Zadanie 13.1. (0–1)

Określ, jakie znaczenie dla poprawnej interpretacji wyników doświadczenia w próbie badawczej (wykres I) miało wykonanie pomiarów pO_2 w próbie kontrolnej – w bańce powietrza mechanicznie wytwarzanej pod powierzchnią wody przy użyciu strzykawki (wykres II).

.....

.....

.....

.....

Zadanie 13.2. (0–1)

Rozstrzygnij, czy wyniki doświadczenia potwierdziły postawioną hipotezę. Wpisz odpowiedź wybraną spośród podanych w nawiasie. Odpowiedź uzasadnij, odnosząc się do wyników uzyskanych w próbie badawczej oraz w próbie kontrolnej.

Potwierdzenie hipotezy (*tak / nie*): .....

Uzasadnienie: .....

.....

.....

.....

Zadanie 14.

Naturalny receptor limfocytów T rozpoznaje i wiąże antygeny peptydowe prezentowane przez cząsteczki MHC na powierzchni komórek własnego organizmu. Komórki nowotworowe mają jednak często obniżoną ilość białek MHC – głównego układu zgodności tkankowej.

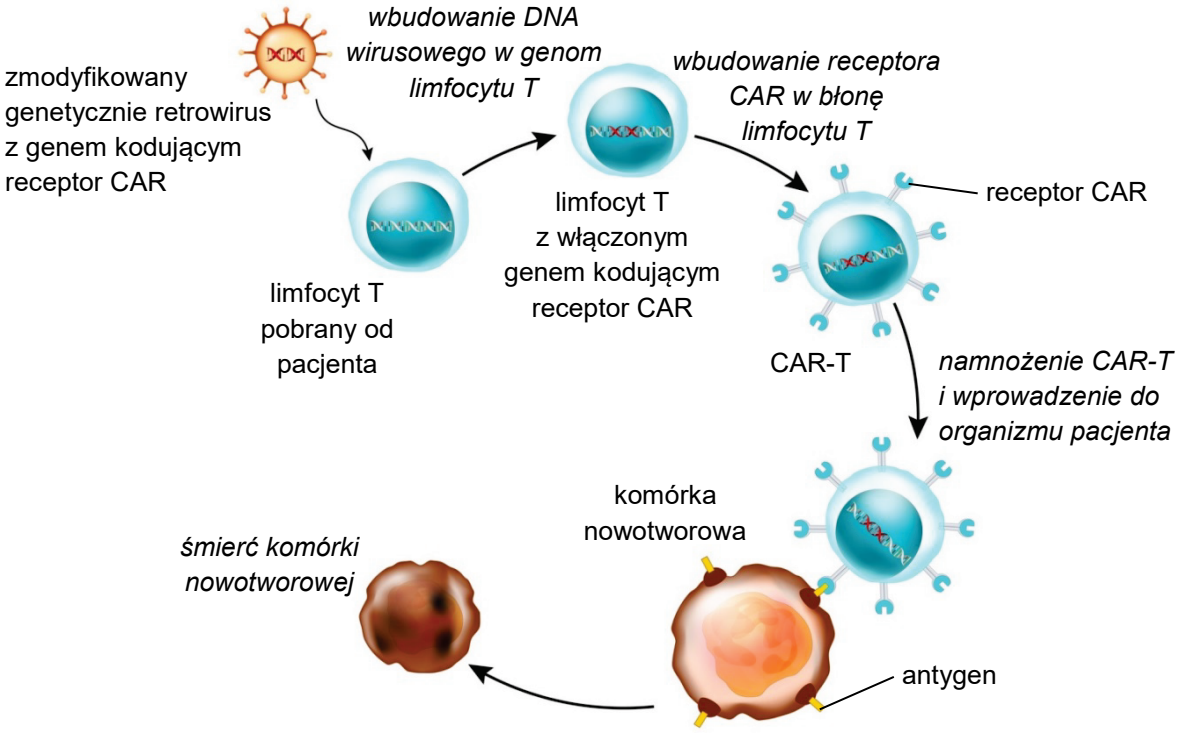
Jedną z nowoczesnych metod leczenia niektórych nowotworów jest terapia CAR-T, polegająca na modyfikacji genetycznej limfocytów T pacjenta tak, aby wytwarzały one tzw. chimeryczny receptor antygenowy (CAR, ang. *chimeric antigen receptor*). Funkcją zmodyfikowanych limfocytów T (CAR-T) jest rozpoznawanie specyficznych białek – występujących tylko na powierzchni komórek nowotworowych. CAR-T mają możliwość bezpośredniego wiązania antygenów komórek nowotworowych w sposób niezależny od powierzchniowego występowania MHC. Antygeny występujące na powierzchni komórek nowotworowych dzieli się na:

- specyficzne – występujące tylko na powierzchni komórek nowotworowych
- niespecyficzne – występujące zarówno na powierzchni komórek nowotworowych, jak i na powierzchni komórek zdrowych.

W terapii CAR-T najpierw izoluje się z krwi pacjenta leukocyty, w tym – limfocyty T. Następnie limfocyty T zostają poddane modyfikacjom genetycznym. Stosuje się do tego jedną z metod:

- do limfocytów T wprowadza się za pomocą impulsu elektrycznego (elektroporacja) mRNA kodujący receptor CAR
- limfocyty T infekuje się genetycznie zmodyfikowanym retrowirusem, zawierającym gen kodujący receptor CAR.

Na koniec CAR-T są namnażane, aktywowane, a następnie wstrzykiwane do krwiobiegu pacjenta. Na schemacie przedstawiono istotę terapii CAR-T z wykorzystaniem retrowirusa.



Na podstawie: National Cancer Institute, *CAR T Cells: Engineering Patients' Immune Cells to Treat Their Cancers*, 2025. Schemat: cytologicsbio.com

Zadanie 14.1. (0–1)

Uzasadnij, że w terapii CAR-T nie należy stosować receptorów CAR rozpoznających niespecyficzne antygeny nowotworowe.

.....

.....

.....

.....

Zadanie 14.2. (0–1)

Wyjaśnij, dlaczego zmodyfikowane limfocyty T (CAR-T) mają większe szanse na zniszczenie komórki nowotworowej niż fizjologiczne limfocyty T. W odpowiedzi odnieś się do funkcji MHC w rozwoju odpowiedzi immunologicznej.

.....

.....

.....

.....

.....

Zadanie 14.3. (0–2)

Wyjaśnij, dlaczego w przypadku terapii CAR-T z użyciem retrowirusów otrzymuje się limfocyty T z wyższą zawartością receptora CAR w porównaniu do terapii CAR-T z użyciem elektroporacji. W odpowiedzi uwzględnij mechanizmy ekspresji informacji genetycznej w obu metodach.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

Zadanie 14.4. (0–1)

Oceń prawdziwość poniższych stwierdzeń dotyczących limfocytów T. Zaznacz P, jeśli stwierdzenie jest prawdziwe, albo F – jeśli jest fałszywe.

Limfocyty T biorą udział w reakcjach odporności swoistej.	**P**	**F**
Kontakt z antygenem jest przyczyną namnażania się limfocytów T.	**P**	**F**

Zadanie 14.5. (0–1)

Podaj nazwę narządu układu limfatycznego, który jest głównym miejscem dojrzewania limfocytów T u dorosłego człowieka.

.....

Zadanie 15.

Wirusowe zapalenie wątroby typu C (WZW typu C) jest chorobą wywołaną przez wirus zapalenia wątroby typu C (HCV), którego genom stanowi pojedyncza nić RNA. Większość infekcji wywołanych HCV ma przebieg bezobjawowy. W niektórych przypadkach dochodzi do samoistnej eliminacji HCV przez układ odpornościowy (spontaniczne wyzdrowienie). Większość zakażeń przechodzi jednak w infekcje przewlekłe, co może prowadzić do zapalenia wątroby, do jej marskości i do rozwoju nowotworu wątroby. Przewlekłym infekcjom HCV towarzyszy ciągłe uwalnianie do krwi cząstek wirusa z zakażonych hepatocytów. Nie opracowano dotąd skutecznej szczepionki przeciw HCV.

Na podstawie: J. Bal, *Genetyka medyczna i molekularna*, Warszawa 2018;
W. Irving i in., *Krótkie wykłady. Mikrobiologia medyczna*, Warszawa 2008.

Zadanie 15.1. (0–1)

Wyjaśnij, dlaczego dodatni wynik badania na obecność przeciwciał anty-HCV we krwi dorosłej osoby nie przesądza o obecności wirusa we krwi w chwili badania.

.....

.....

.....

.....

.....

Zadanie 15.2. (0–1)

Wyjaśnij, dlaczego diagnostyka oparta na amplifikacji genomu HCV metodą łańcuchowej reakcji polimerazy (PCR) jest poprzedzona zastosowaniem odwrotnej transkryptazy.

.....

.....

.....

.....

.....

Zadanie 16.

Zanim genom człowieka został zsekwencjonowany, spodziewano się, że zawiera on 80 000–100 000 genów kodujących białka. Ostatecznie okazało się, że tych genów jest około 20 000. Wstępna ocena była tak wysoka, ponieważ opierała się na założeniu, że pojedynczy gen zawiera informację o pojedynczym mRNA i o pojedynczym białku. Obecnie wiadomo, że wiele genów człowieka zlokalizowanych w DNA jądrowym ma alternatywne szlaki składania RNA.

Na podstawie: T.A. Brown, *Genomy*, Warszawa 2019.

Zadanie 16.1. (0–1)

Uzupełnij zdanie. Zaznacz odpowiedź spośród oznaczonych literami A i B oraz odpowiedź spośród oznaczonych literami C i D.

Alternatywne składanie RNA zachodzi w przypadku genów

A. ciągłych

B. nieciągłych

i polega na łączeniu – w różnych kombinacjach –

C. eksonów.

D. intronów.

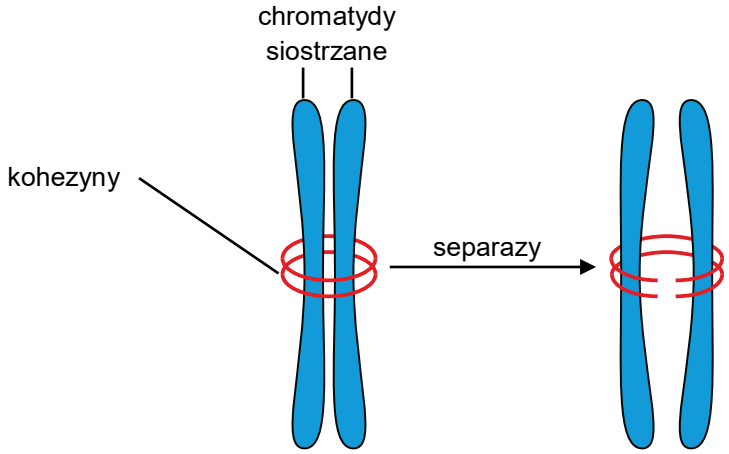
Zadanie 16.2. (0–2)

Uzupełnij tabelę. Podaj nazwy dwóch organellów komórki człowieka, w których odbywa się proces transkrypcji genów, oraz rozstrzygnij, czy w tych organellach zachodzi także proces translacji.

Lp.	Nazwa organellum	Czy zachodzi translacja? (*tak / nie*)
1.		
2.		

Zadanie 17.

Prawidłowa segregacja chromatyd siostrzanych podczas mitozy wymaga obecności wielu białek, w tym – specjalnych kompleksów białkowych: kohezyn. Przytrzymują one chromatydy siostrzane razem aż do czasu ich rozdzielenia się. Całkowite zniesienie przylegania chromatyd siostrzanych następuje dzięki przecięciu kohezyn przez enzymy proteolityczne – separazy. Poniższy rysunek przedstawia typowe położenie kohezyn i chromatyd siostrzanych podczas dwóch różnych faz mitozy.



Na podstawie: D.E. Sadava i in., *Life: The Science of Biology*, Sunderland 2011.

Zadanie 17.1. (0–1)

Podaj nazwę wiązania chemicznego hydrolizowanego przez separazy.

.....

Zadanie 17.2. (0–1)

Podaj nazwy <u>dwóch</u> faz mitozy, na których granicy dochodzi do zniesienia przylegania chromatyd siostrzanych dzięki działaniu separaz.

.....

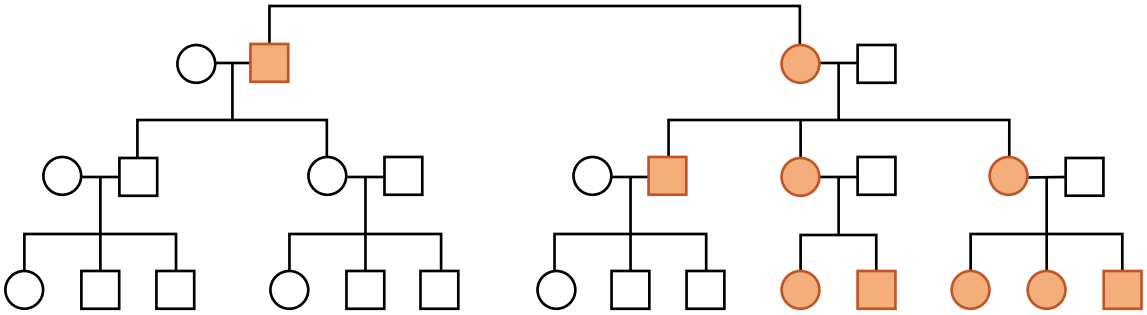
Zadanie 17.3. (0–1)

Podaj nazwę fazy cyklu komórkowego, podczas której zachodzi replikacja DNA, prowadząca do wytworzenia chromatyd siostrzanych.

.....

Zadanie 18.

Poniżej przedstawiono rodowód rodziny opisujący dziedziczenie pewnej choroby, u podłoża której leży mutacja w jednym genie.



Legenda:

zdrowa kobieta

chora kobieta

zdrowy mężczyzna

chory mężczyzna

Zadanie 18.1. (0–1)

Oceń, które z zaproponowanych sposobów dziedziczenia genu warunkującego chorobę <u>można wykluczyć</u> na podstawie analizy rodowodu przedstawionego powyżej. Zaznacz T, jeśli sposób dziedziczenia można wykluczyć, albo N – jeśli nie można go wykluczyć.

Dziedziczenie autosomalne dominujące.	**T**	**N**
Dziedziczenie recesywne sprzężone z płcią.	**T**	**N**

Zadanie 18.2. (0–1)

Dokończ zdanie. Zaznacz właściwą odpowiedź spośród podanych.

DNA genomowy w komórkach człowieka występuje wyłącznie

A. w jądrach komórkowych i w mitochondriach.

B. w jądrach komórkowych i w rybosomach.

C. w jądrach komórkowych.

D. w rybosomach.

Zadanie 19. (0–3)

U muszki owocowej (*Drosophila melanogaster*) allel ***B*** warunkuje brązową barwę ciała i wykazuje pełną dominację nad allelem ***b***, warunkującym czarną barwę ciała. Allel ***D*** warunkuje wykształcanie odnóży o normalnej długości i wykazuje pełną dominację nad allelem ***d***, warunkującym występowanie krótkich odnóży. Geny ***B*** i ***D*** są położone na chromosomie drugim, w odległości 17,5 cM od siebie.

Skrzyżowano podwójnie heterozygotycznego samca o genotypie $\frac{\mathrm{BD}}{\mathrm{bd}}$ z czarną samicą mającą krótkie odnóża.

1. Zapisz genotyp opisanej samicy. W zapisie zastosuj podane oznaczenia alleli i uwzględnij położenie *loci* na chromosomach.

.....

2. Uzupełnij tabelę. Zapisz cztery możliwe genotypy gamet wytwarzanych przez opisanego samca oraz podaj prawdopodobieństwo wystąpienia każdego genotypu gamety.

Lp.	Genotyp gamety	Prawdopodobieństwo jego wystąpienia
1.		
2.		
3.		
4.		

3. Podaj prawdopodobieństwo, że muszka – losowo wybrana spośród potomstwa krzyżowanej pary opisanych muszek – będzie miała brązową barwę ciała i normalnie wykształcone odnóża.

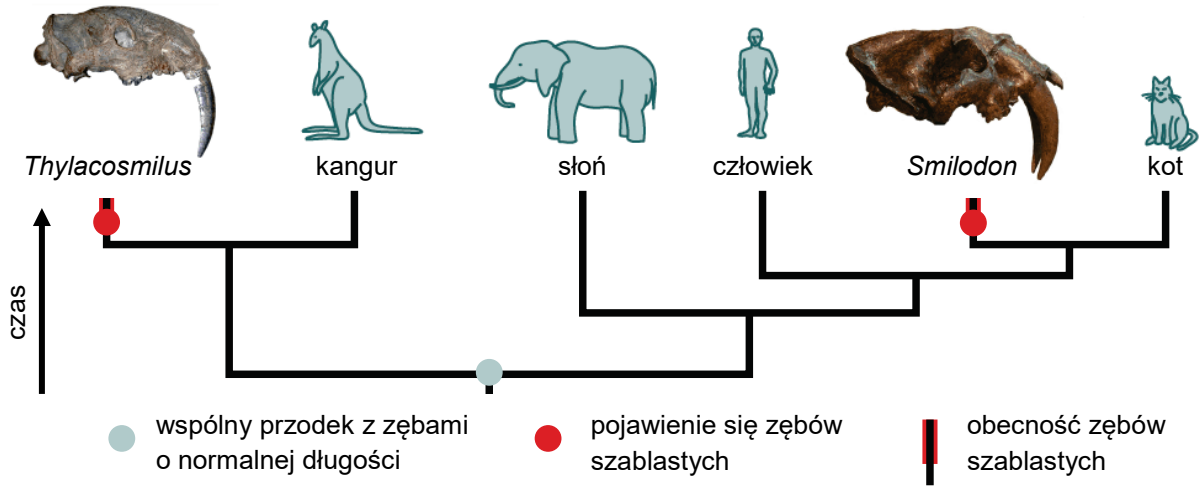
.....

Zadanie 20.

Czaszki dwóch kopalnych zwierząt – z rodzaju *Thylacosmilus* i z rodzaju *Smilodon* – wykazują w budowie pewne podobieństwa. Występują u nich długie kły z piłkowanymi krawędziami, zwane zębami szablastymi. Paleontologowie przypuszczają, że te zwierzęta były dużymi drapieżnikami, a zęby szablaste pomagały im zabijać swoje ofiary.

Na poniższym drzewie filogenetycznym przedstawiono relacje pokrewieństwa między rodzajami *Thylacosmilus* i *Smilodon* a wybranymi współczesnymi ssakami.

Uwaga: Na schemacie nie zachowano proporcji w wielkości zwierząt ani ich czaszek.



Na podstawie: University of California Museum of Paleontology, *Understanding Evolution* (evolution.berkeley.edu).

Zadanie 20.1. (0–1)

Uzasadnij, że występowanie zębów szablastych u *Thylacosmilus* i *Smilodon* jest wynikiem ewolucji zbieżnej – konwergencji. W odpowiedzi odnieś się do przedstawionego drzewa filogenetycznego.

.....

.....

.....

.....

Zadanie 20.2. (0–1)

Oceń prawdziwość poniższych stwierdzeń dotyczących *Thylacosmilus* i *Smilodon*. Zaznacz P, jeśli stwierdzenie jest prawdziwe, albo F – jeśli jest fałszywe.

Thylacosmilus jest bliżej spokrewniony ze *Smilodon* niż z kangurami, należącymi do torbaczy.	**P**	**F**
Smilodon jest bliżej spokrewniony ze słoniem niż z człowiekiem.	**P**	**F**

Zadanie 21.

Pająk z rodzaju *Pamphobeteus* i żaba *Chiasmocleis royi* mogą żyć razem w tym samym miejscu. Nora pająka zapewnia chłodne, wilgotne środowisko i stanowi schronienie przed wysuszeniem oraz przed zmianami temperatury. Pająki chronią żaby przed drapieżnikami, nie wyrządzają żabom krzywdy i umożliwiają im łatwy dostęp do miejsc żerowania. *C. royi* pomaga w pozbyciu się z nory i z jej otoczenia mrówek i larw much, które odżywiają się jajami oraz potomstwem pająka.



Na podstawie: R. von May i in., *Ecological Interactions Between Arthropods and Small Vertebrates in a Lowland Amazon Rainforest*, „Amphibian & Reptile Conservation" 13(1), 2019;
A. Zamani i in., *An Extensive Review of* […] *Ecological Associations Involving Tarantulas (Araneae: Theraphosidae), with a New Hypothesis on the Evolution of Their Hirsuteness*, „Journal of Natural History" 58(29–32), 2024.

Zadanie 21.1. (0–1)

Podaj nazwę zależności międzygatunkowej występującej między pająkiem z rodzaju *Pamphobeteus* a żabą *C. royi*. Odpowiedź uzasadnij z uwzględnieniem przykładów korzyści lub strat właściwych dla wymienionych organizmów.

Nazwa zależności: .....

Uzasadnienie: .....

.....

.....

.....

Zadanie 21.2. (0–1)

Podaj różnicę w sposobie <u>trawienia</u> pokarmu przez pająki i przez płazy.

.....

.....

.....

Zadanie 22.

W wodach śródlądowych zachodniej Europy udokumentowano współwystępowanie dwóch gatunków obcych pochodzących z rejonu Morza Kaspijskiego i z zachodniej Syberii: pasożytniczej przywry *Bucephalus polymorphus* oraz małża – racicznicy zmiennej (*Dreissena polymorpha*). Racicznica zmienna pojawiła się w wodach zachodniej Europy już w XIX wieku, a przywra – pod koniec XX wieku.

Cykl życiowy *B. polymorphus* rozpoczyna się od pojawienia się pierwszego stadium larwalnego – miracidium, które może wniknąć tylko do ciała racicznicy zmiennej, małża prowadzącego osiadły tryb życia. Miracidium w ciele małża rozwija się w sporocystę, a w sporocyście dojrzewają cerkarie. Dojrzałe cerkarie opuszczają ciało racicznicy i dostają się do wody. Następnie, po wniknięciu do ciała ryb z rodziny karpiowatych, cerkarie przekształcają się w metacerkarie. Kolejnym żywicielem *B. polymorphus* są różne gatunki ryb rybożernych – po zjedzeniu ofiary z metacerkariami w organizmie ryb rybożernych przywry dojrzewają płciowo i dochodzi do zapłodnienia.

Na podstawie: D. Rachalewska, *„Invasional meltdown" zbieg okoliczności czy reguła?*, „Kosmos" 63(1), 2014.

Zadanie 22.1. (0–1)

Wypisz z tekstu żywicieli pośrednich oraz żywicieli ostatecznych przywry *B. polymorphus*.

Żywiciele pośredni: .....

Żywiciele ostateczni: .....

Zadanie 22.2. (0–1)

Uzasadnij, że obecność racicznicy zmiennej jest niezbędna do zamknięcia cyklu życiowego przywry *B. polymorphus*.

.....

.....

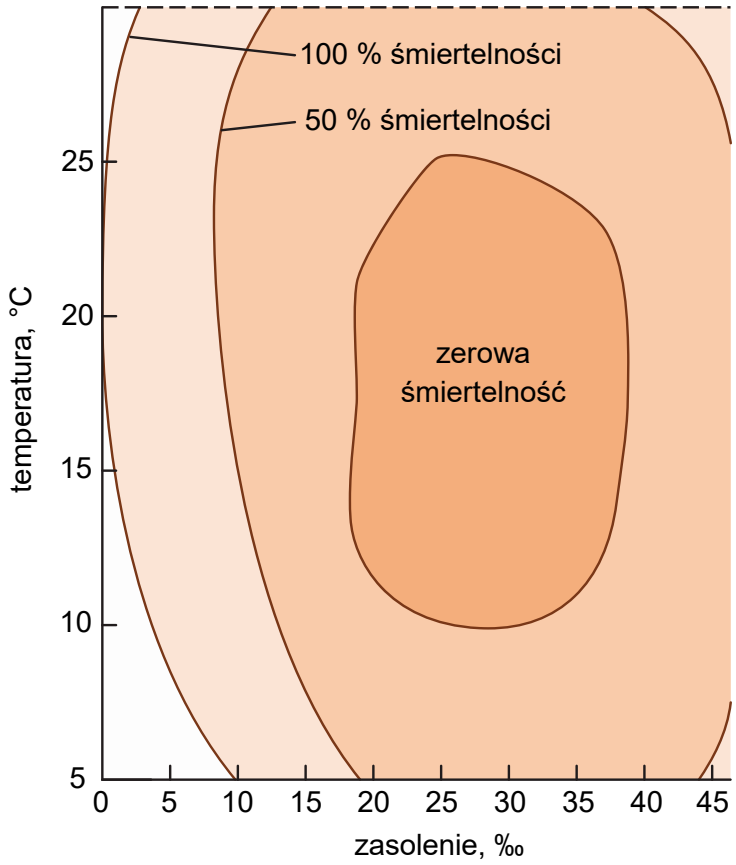
.....

.....

Zadanie 23.

Podstawową niszę ekologiczną gatunku można przedstawić na wielowymiarowym wykresie, w którym wymiarami są różne czynniki środowiska.

Na poniższym wykresie przedstawiono śmiertelność samic krewetki piaskowej (*Crangon septemspinosa*) w różnych temperaturach i przy różnym stopniu zasolenia. Krewetka piaskowa występuje u zachodnich wybrzeży Oceanu Atlantyckiego, od Nowej Fundlandii do Florydy.



Na podstawie: M. Begon i C.R. Townsend, *Ecology: From Individuals to Ecosystems*, Hoboken 2021.

Zadanie 23.1. (0–1)

Na podstawie przedstawionych danych oceń prawdziwość poniższych stwierdzeń dotyczących tolerancji ekologicznej krewetki piaskowej. Zaznacz P, jeśli stwierdzenie jest prawdziwe, albo F – jeśli jest fałszywe.

W wodzie o temperaturze 10 °C i o zasoleniu 15 ‰ śmiertelność samic krewetek jest większa niż 50 %.	**P**	**F**
Śmiertelność samic krewetek w wodzie o temperaturze 10 °C jest niezależna od zasolenia wody.	**P**	**F**

Zadanie 23.2. (0–1)

Oceń prawdziwość stwierdzenia: *Podstawowa nisza ekologiczna krewetki piaskowej to zachodnie wybrzeża Oceanu Atlantyckiego*. Wpisz odpowiedź wybraną spośród podanych w nawiasie. Odpowiedź uzasadnij, odnosząc się do definicji podstawowej niszy ekologicznej.

Ocena stwierdzenia (*prawda / fałsz*): .....

Uzasadnienie: .....

.....

.....

.....

Zadanie 23.3. (0–1)

Na podstawie przedstawionych danych podaj przedział optimum temperaturowego dla samic krewetki piaskowej przy optymalnych warunkach zasolenia.

.....

BRUDNOPIS (nie podlega ocenie)

BIOLOGIA

Poziom rozszerzony

Formuła 2015

BIOLOGIA

Poziom rozszerzony

Formuła 2015

BIOLOGIA

Poziom rozszerzony

Formuła 2015