

**TEST DO ZAWODÓW III STOPNIA 55 OLIMPIADY BIOLOGICZNEJ
W ROKU SZKOLNYM 2025/2026**

Data: **19 kwietnia 2026 r.**

Godzina rozpoczęcia: **8:00**

Czas pracy: **120 minut**

Liczba punktów do uzyskania: **40**

Instrukcja dla zawodnika

1. Sprawdź, czy otrzymałaś/eś arkusz z zadaniami i kartę odpowiedzi.
2. Arkusz z zadaniami zawiera 24 strony i składa się z 40 zadań. Arkusz odpowiedzi stanowi osobną kartę. Ewentualne braki zgłoś przewodniczącemu Komisji nadzorującej egzamin.
3. Używaj wyłącznie **czarnego** długopisu lub pióra, które **nie przebija na drugą stronę**.
4. Możesz korzystać z prostego kalkulatora dostarczonego przez Komisję nadzorującą egzamin.
5. Wpisz czytelnie swoje imię i nazwisko oraz nr PESEL w odpowiednim miejscu arkusza odpowiedzi. Zakoduj nr PESEL poprzez **kompletne** wypełnienie odpowiednich kół z cyframi.
6. Podpisz arkusz odpowiedzi na pierwszej stronie w miejscu na to przeznaczonym.
7. **Pamiętaj, że sprawdzane są wyłącznie arkusze odpowiedzi!** Wszystkie odpowiedzi zaznaczaj wyłącznie w miejscu na to przeznaczonym – nie wpisuj żadnych znaków w polu przeznaczonym dla egzaminatora.
8. Następną stronę zawiera szczegółową instrukcję, jak kodować odpowiedzi do zadań zamkniętych. Zapoznaj się z nią przed rozpoczęciem rozwiązywania zadań.
9. Zapisy w brudnopisie, który znajduje się na końcu arkusza z zadaniami, nie są oceniane.
10. Nie korzystaj z pomocy kolegów i nie proś o wyjaśnienia treści zadań obecnych w sali członków Komisji. Jeśli skończysz rozwiązywać test wcześniej – oddaj kartę odpowiedzi Komisji i opuść salę.

Wszelkie prawa autorskie zastrzeżone. Żadna część arkusza z zadaniami nie może być powielana i wykorzystywana bez zgody Komitetu Głównego Olimpiady Biologicznej.

Instrukcja do testu centralnego 55 OB

Niezależnie od typu zadania, za udzielenie poprawnej odpowiedzi każdorazowo możesz uzyskać jeden punkt, a za odpowiedź błędną lub brak odpowiedzi – zero punktów. W przypadku zadań zamkniętych udzielenie odpowiedzi polega na kompletnym wypełnieniu odpowiedniego koła lub kół na karcie odpowiedzi w następujący sposób:

A B C D E

UWAGA!

Nie zaznaczaj odpowiedzi pochopnie – **NIE MOŻNA POPRAWIĆ RAZ UDZIELONEJ ODPOWIEDZI!**

Typy zadań zamkniętych i kodowanie odpowiedzi:

Zadania wielokrotnego wyboru zawierają maksymalnie pięć wariantów odpowiedzi, z których **tylko jedna** jest właściwa. Należy zaznaczyć pole odpowiadające jednej możliwości.

A B C D E

Określić **P – prawdę** lub **F – fałsz**, zaznaczając jedną z dwóch możliwości:

F P

Odpowiedzieć na postawione pytanie **T – tak** lub **N – nie**, zaznaczając jedną z dwóch możliwości:

N T

Dokonać wyboru pomiędzy możliwościami **A** lub **B**:

B A

Dopasować **kody do ilustracji** lub **opisów**, zakreślając jedną z podanych możliwości:

A B C

Wybrać odpowiedni zestaw litery i cyfry w zadaniach wymagających **zbudowania prawidłowego zdania wraz z uzasadnieniem**.

A B
 1 2
 3 4



Informacja do zadań 1.–4.

Na poniższych fotografiach przedstawiono rośliny wchodzące w skład flory basenu Morza Śródziemnego.



1. Podaj nazwę – polską lub łacińską – rodziny botanicznej, do której należy roślina przedstawiona na fotografii A.

.....

2. Podaj nazwę – polską lub łacińską – rodziny botanicznej, do której należy roślina przedstawiona na fotografii B.

.....

3. Podaj nazwę – polską lub łacińską – rodziny botanicznej, do której należy roślina przedstawiona na fotografii C.

.....

4. Podaj nazwę – polską lub łacińską – rodziny botanicznej, do której należy roślina przedstawiona na fotografii D.

.....

5. Rośliny okrytonasienne, dzięki szeregowi przystosowań w budowie i w funkcjonowaniu, stanowią najbardziej zaawansowaną ewolucyjnie grupę roślin.

Które cechy występują wyłącznie u okrytonasiennych?

Cecha	Czy to cecha wyłącznie okrytonasiennych?
1. wykształcenie kwiatu ze słupkiem	<input type="checkbox"/> tak / <input type="checkbox"/> nie
2. proces podwójnego zapłodnienia	<input type="checkbox"/> tak / <input type="checkbox"/> nie
3. wykształcenie owocu	<input type="checkbox"/> tak / <input type="checkbox"/> nie
4. wykształcenie nasion	<input type="checkbox"/> tak / <input type="checkbox"/> nie
5. obecność łagiewki pyłkowej	<input type="checkbox"/> tak / <input type="checkbox"/> nie

Informacja do zadań 6.–9.

Rośliny modelowe to organizmy, które – dzięki określonym cechom, takim jak mały genom czy krótki cykl życiowy – są wykorzystywane w badaniach eksperymentalnych. Wyniki uzyskane dla organizmów modelowych uogólnia się na bardziej złożone organizmy. Jedną z roślin modelowych jest rzodkiewnik pospolity (*Arabidopsis thaliana*, Brassicaceae), szczególnie przydatny w badaniach biologii rozwoju i biologii komórki, m.in. ze względu na niewielką liczbę genów oraz obecność zaledwie pięciu par chromosomów w komórkach somatycznych.

6. Określ liczbę chromosomów w komórkach wymienionych poniżej stadiów rozwojowych *A. thaliana*.

Rodzaj komórki	Liczba chromosomów
1. komórka macierzysta makrospor	<input type="checkbox"/> A. 5 / <input type="checkbox"/> B. 10 / <input type="checkbox"/> C. 15 / <input type="checkbox"/> D. 20
2. komórka osłonki zalążka	<input type="checkbox"/> A. 5 / <input type="checkbox"/> B. 10 / <input type="checkbox"/> C. 15 / <input type="checkbox"/> D. 20
3. makrospora	<input type="checkbox"/> A. 5 / <input type="checkbox"/> B. 10 / <input type="checkbox"/> C. 15 / <input type="checkbox"/> D. 20
4. komórka jajowa	<input type="checkbox"/> A. 5 / <input type="checkbox"/> B. 10 / <input type="checkbox"/> C. 15 / <input type="checkbox"/> D. 20
5. synergida	<input type="checkbox"/> A. 5 / <input type="checkbox"/> B. 10 / <input type="checkbox"/> C. 15 / <input type="checkbox"/> D. 20

7. Mutacje rozwojowe u *A. thaliana* przekładają się na zaburzenie procesów: wzrostu, różnicowania tkanek i tworzenia organów. Dzięki małemu genomowi i krótkiemu cyklowi życiowemu u *A. thaliana* zidentyfikowano setki takich mutacji.

Które mutacje są przyczyną zaburzeń tożsamości poszczególnych organów rośliny i prowadzą do zamiany jednych organów kwiatowych w inne? Wybierz odpowiedź spośród podanych.

- A. Mutacje, których konsekwencją jest powstawanie kwiatów z większą liczbą słupków w okółku.
- B. Mutacje, w wyniku których powstają kwiaty z większą liczbą pręcików w okółku.
- C. Mutacje, których konsekwencją jest powstawanie kwiatów ze słupkami i pręcikami w miejscu działek kielicha i płatków korony.
- D. Mutacje prowadzące do zmiany koloru płatków korony z białego na fioletowy.
- E. Mutacje prowadzące do zwiększenia wielkości kwiatów lub ich elementów.

8. Wybierz prawidłowe dokończenie zdania.

Nondysjunkcja bivalentu podczas mejozy w komórce macierzystej mikrospor w pylnikach *A. thaliana* o liczbie chromosomów $2n = 10$ może doprowadzić do powstania komórek potomnych zawierających liczby chromosomów równe

- A. 9 i 11.
- B. 4 i 6.
- C. 5 i 5.
- D. 2 i 8.

9. Wybierz prawidłowe dokończenie zdania.

Dla mejoocytu *A. thaliana*, mającego $2n = 10$ chromosomów, liczba możliwych kombinacji wynikających z przypadkowej segregacji chromosomów w mejozie wynosi

- A. 5.
- B. 10.
- C. 32.
- D. 75.

Informacja do zadań 10.–11.

U okrytonasiennych występują owoce zbudowane z owocni i z nasion. Owocnia chroni nasiona i ułatwia ich rozsiewanie. Na poniższym zdjęciu przedstawiono nasiona *A. thaliana*.



Źródło: Dennis Kunkel Microscopy, Science Photo Library, 2018.

10. Wybierz prawidłowe dokończenie zdania.

Nasiona *A. thaliana* znajdują się w

- A. strąku.
- B. mieszku.
- C. łuszczynce.
- D. niełupce.

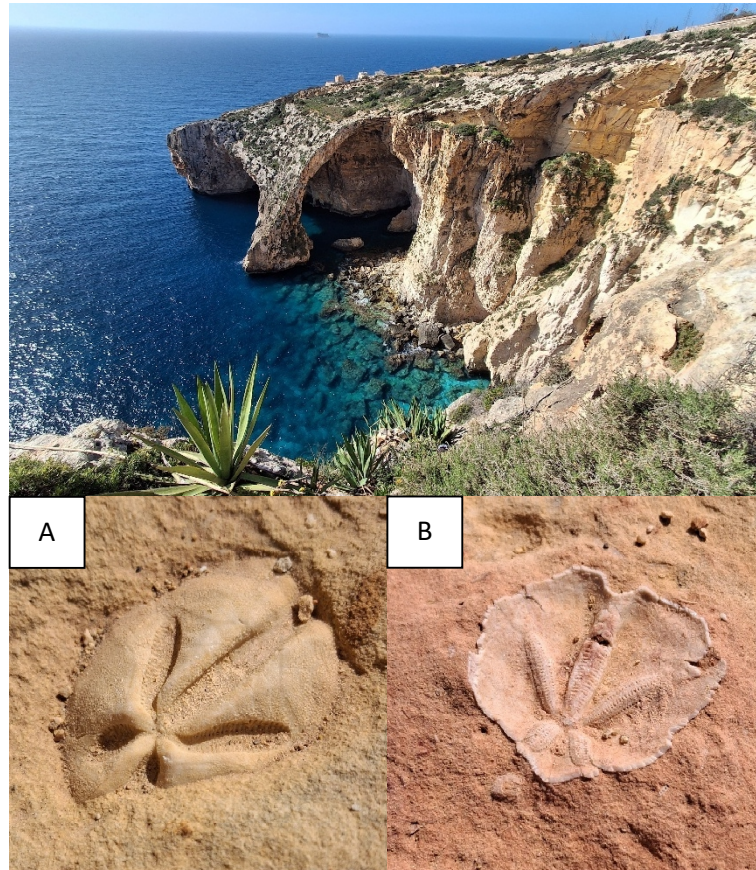
11. Wybierz prawidłowe dokończenie zdania.

Nasiona *A. thaliana* powstają z przekształcenia

- A. zalążni.
- B. zalążka.
- C. owocni.
- D. zarodka.

Informacja do zadań 12.–13.

Na poniższych fotografiach przedstawiono skały wapienne wypiętrzone z Morza Śródziemnego oraz odnalezione w tych skałach dwie różne skamieniałości należące do tego samego gatunku, ale zachowane w inny sposób.



12. Dokończ zdanie. Wybierz właściwą odpowiedź spośród podanych.

Przedstawione skamieniałości należą do

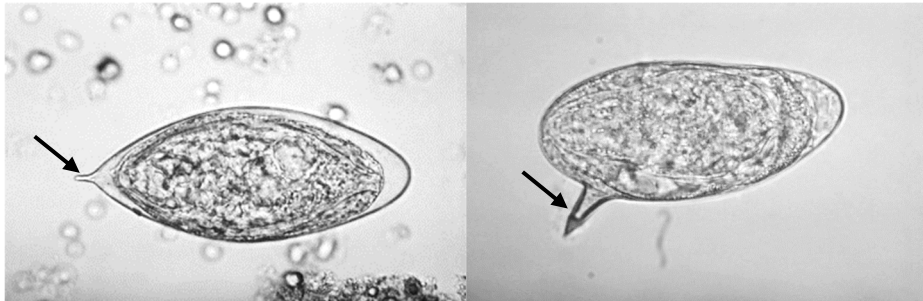
- A. małżów.
- B. wieloszczetów.
- C. skąposzczetów.
- D. jeżowców nieregularnych.
- E. asymetrycznych ślimaków.

13. Określ, które stwierdzenia są prawdziwe, a które – fałszywe.

Stwierdzenie	Prawda czy fałsz?
1. Organizm na zdjęciu A zachował się w formie ośrodkowej wewnętrznej.	<input type="checkbox"/> prawda / <input type="checkbox"/> fałsz
2. Organizm na zdjęciu B zachował się w formie mineralnego fragmentu szkieletu albo jego odlewu.	<input type="checkbox"/> prawda / <input type="checkbox"/> fałsz
3. Na zdjęciu A widoczne są skamieniałe narządy, które były zbudowane z tkanek miękkich.	<input type="checkbox"/> prawda / <input type="checkbox"/> fałsz

Informacja do zadań 14.–15.

Dorosłe przywry krwi z rodzaju *Schistosoma* żyją wewnątrz naczyń krwionośnych żywiciela. Składają tam jaja, które na swojej powierzchni mają charakterystyczne struktury, zaznaczone strzałkami na zdjęciach poniżej. W środowisku krwi przywry znajdują się pod stałą, silną presją układu odpornościowego.



14. Wskaż, wybierając odpowiedź spośród A, B albo C, nazwę zaznaczonych elementów i określ ich rolę, wybierając odpowiedź spośród 1.–3.

Zaznaczone elementy to

<input type="checkbox"/> A.	kolce,	czyli struktury uczestniczące	<input type="checkbox"/> 1.	we wstrzykiwaniu larwy przez skórę do wnętrza żywiciela.
<input type="checkbox"/> B.	igły,		<input type="checkbox"/> 2.	w paraliżowaniu układu nerwowego pierwszego żywiciela pośredniego, aby łatwiej został zjedzony przez kolejnego żywiciela pośredniego.
<input type="checkbox"/> C.	włoski,		<input type="checkbox"/> 3.	w uszkodzaniu naczyń krwionośnych, aby jaja wydostały się z żywiciela.

15. Określ, które stwierdzenia dotyczące cyklu życiowego przywr są prawdziwe, a które – fałszywe.

Stwierdzenie	Prawda czy fałsz?
1. Obrona dorosłych <i>Schistosoma</i> przed układem odpornościowym żywiciela ostatecznego polega na wyciszaniu odpowiedzi immunologicznej.	<input type="checkbox"/> prawda / <input type="checkbox"/> fałsz
2. Przywry z rodzaju <i>Schistosoma</i> rozmnażają się płciowo poza naczyniami krwionośnymi, więc jaja są mniej narażone na działanie układu odpornościowego.	<input type="checkbox"/> prawda / <input type="checkbox"/> fałsz
3. Syncytialny tegument okrywający ciało dorosłych <i>Schistosoma</i> wydziela do krwi prozapalne cytokiny TNF- α , które dezaktywują układ odpornościowy.	<input type="checkbox"/> prawda / <input type="checkbox"/> fałsz

Informacja do zadań 16.–19.

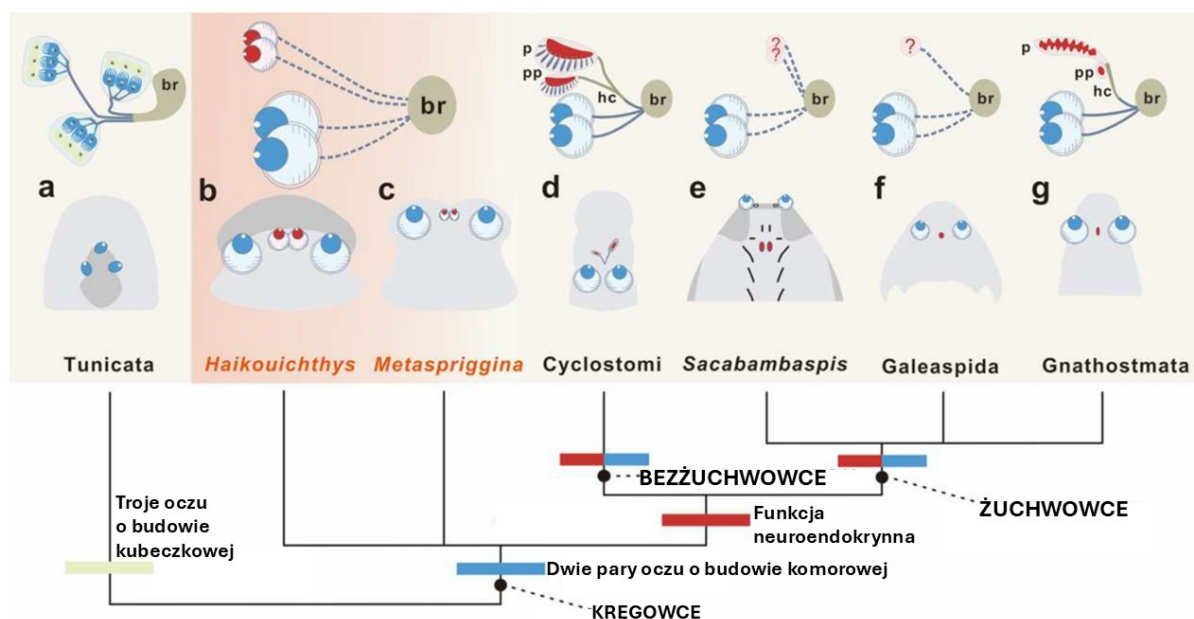
U kręgowców odbiór bodźców świetlnych odbywa się przede wszystkim dzięki parze bocznych oczu komorowych, zdolnych do tworzenia obrazu. U większości grup (z wyjątkiem ssaków) tę funkcję uzupełnia kompleks szyszynkowy, położony na grzbietowej stronie mózgu i obejmujący szyszynkę oraz narząd paraszyszynkowy. Ten kompleks może pełnić funkcje fotoreceptorowe lub endokryjne. Zarówno on, jak i oczy boczne mają wspólne podłoże genetyczne i embriologiczne, ponieważ wywodzą się z wypukleń powstających w trakcie rozwoju międzymózgowia. Mimo że funkcje kompleksu szyszynkowego u współczesnych kręgowców są dobrze poznane, jego ewolucja oraz przypuszczalne zdolności „wzrokowe” u wczesnych kręgowców pozostają niejasne.

W artykule Lei i wsp., opublikowanym w czasopiśmie *Nature* (2026, 650:150–155), opisano dwie pigmentowane struktury zlokalizowane między oczami bocznymi u dwóch gatunków karbońskich kręgowców. Te struktury zinterpretowano jako oczy zawierające melaninę – podobną do tej obecnej w nabłonku barwnikowym siatkówki – oraz wykazujące regularną, owalną strukturę przypominającą soczewkę. Sugeruje to, że zarówno oczy boczne, jak i kompleks szyszynkowy u tych wczesnych kręgowców mogły funkcjonować jako oczy komorowe zdolne do tworzenia obrazu. Autorzy sugerują, że obecność czterech takich oczu była cechą kręgowców pierwotną ewolucyjnie, co wspiera hipotezę o homologii między oczami a kompleksem szyszynkowym.

U współczesnych kręgowców komórki kompleksu szyszynkowego syntetyzują m.in. melatoninę, która u większości gatunków powstaje w ciągu doby w fazie ciemnej. Poniżej zamieszczono schemat przedstawiający wczesną ewolucję oczu u strunowców.

Schemat przebiegu ewolucji narządów wrażliwych na światło u strunowców

(br – mózg, p – szyszynka, pp – narząd paraszyszynkowy, hc – szypuła szyszynki, Tunicata – ostonice, Cyclostomi – grupa łącząca dzisiejsze minogi i śluzice, Galeaspida – grupa wymarłych kręgowców, Gnathostomata – dzisiejsze żuchwowce, nazwy pisane kursywą – nazwy kopalnych rodzajów kręgowców).



Źródło: Lei X, Zhang S, Cong P, Vinther J, Gabbott S, Wei F, Xu X. Four camera-type eyes in the earliest vertebrates from the Cambrian Period. *Nature*. 2026;650(8100):150–155.

16. Określ, które stwierdzenia dotyczące narządów odbierających bodźce świetlne u kręgowców są prawdziwe, a które – fałszywe.

Stwierdzenie	Prawda czy fałsz?
1. Ryby chrzęstnoszkieletowe mają szyszynkę pełniącą funkcję neuroendokrynną.	<input type="checkbox"/> prawda / <input type="checkbox"/> fałsz
2. Szyszynka i narząd paraszyszynkowy powstały z tej samej pary oczu komorowych.	<input type="checkbox"/> prawda / <input type="checkbox"/> fałsz
3. Nerwy wzrokowe oraz szypuła szyszynki odchodzą od międzymózgowia.	<input type="checkbox"/> prawda / <input type="checkbox"/> fałsz

17. Określ, które z poniższych funkcji pełni melatonina w organizmie typowego kręgowca.

Funkcja	Czy to funkcja melatoniny?
1. Regulowanie rytmu okołodobowego.	<input type="checkbox"/> tak / <input type="checkbox"/> nie
2. Indukowanie syntezy melaniny w skórze.	<input type="checkbox"/> tak / <input type="checkbox"/> nie
3. Usuwanie wolnych rodników.	<input type="checkbox"/> tak / <input type="checkbox"/> nie

18. Wybierz prawidłowe dokończenie zdania.

Szyszynka ssaków nie ma komórek wrażliwych na światło, a jej komórki wydzielnicze otrzymują informacje o oświetleniu w środowisku zewnętrznym przez układ nerwowy od receptorów znajdujących się

- A. w oczach.
- B. w przysadce.
- C. w skórze twarzy.
- D. między skórą a ciemieniową częścią czaszki.

19. Na poniższej ilustracji jednego z kopalnych kręgowców widać pojedyncze nozdrze. Tego typu nieparzysta struktura występuje również w pewnej grupie dzisiejszych kręgowców.



Źródło: www.newscientist.com/article/2512668-our-earliest-vertebrate-ancestors-may-have-had-four-eyes/

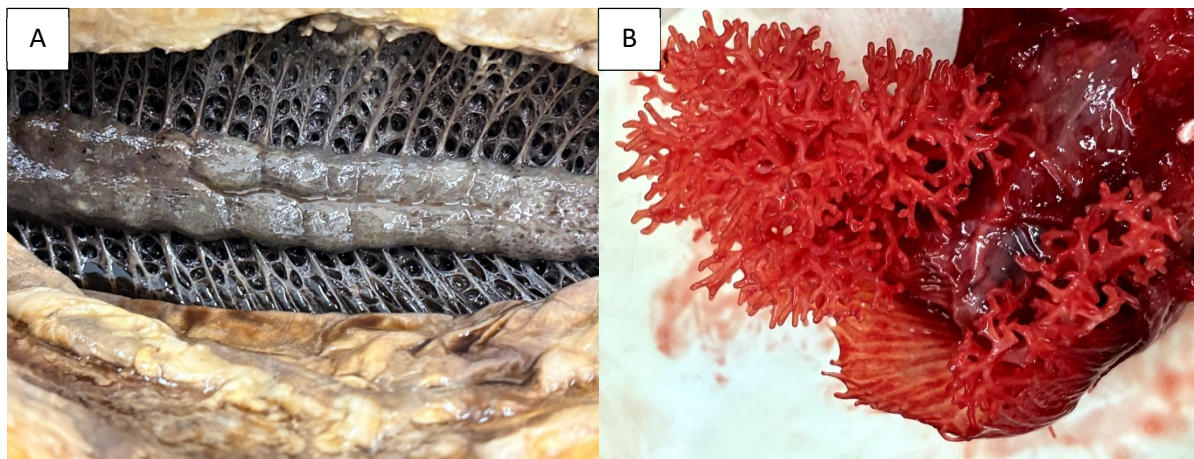
W której grupie dzisiejszych kręgowców występuje pojedyncze nozdrze? Wybierz odpowiedź spośród podanych.

- A. żachwy
- B. bezczaszkowce
- C. minogokształtne
- D. rekinokształtne

Informacja do zadań 20.–22.

Ryby promieniopłetwe (Actinopterygii) często występują w płytkich, silnie nagrzewających się zbiornikach wody słodkiej w strefie tropikalnej. Wysoka temperatura oraz nagromadzenie materii organicznej prowadzą tam do spadków stężenia tlenu rozpuszczonego w wodzie. Niedobory tego gazu mogą występować także w środowiskach subtropikalnych, gdy zbiorniki wysychają, a zagęszczenie ryb wzrasta. Część gatunków żyjących w takich warunkach wykształciła w toku ewolucji narządy umożliwiające oddychanie tlenem atmosferycznym.

Na zdjęciach poniżej przedstawiono wnętrze płuca pierwotnej ryby promieniopłetwej – *Arapaima gigas* (zdjęcie A) – oraz wypreparowany dodatkowy narząd oddechowy *Clarias gariepinus* (sum afrykański, zdjęcie B). Narząd oddechowy znajduje się w jamie skrzelowej sumy.



Zbadano pobieranie tlenu i wydalanie dwutlenku węgla przez *A. gigas* z udziałem płuca i skrzeli. Analizy przeprowadzono zarówno w warunkach wysokiego stężenia tlenu w wodzie, jak i przy jego niedoborze.

Tabela 1. Pobór tlenu (M_{O_2}) i wydalanie dwutlenku węgla (M_{CO_2}) w przeliczeniu na masę ciała *A. gigas* w warunkach pełnego natlenienia wody oraz niedoboru tlenu w wodzie.

Wartości podano w $\mu\text{mol} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1}$. Dane (średnia \pm błąd standardowy średniej) uzyskano podczas drugiego okresu pomiarowego, kiedy zwierzęta przyzwyczyły się do respirometru.

	Pełne natlenienie wody	Niedobór tlenu w wodzie
M_{O_2} przez płuco	$29,6 \pm 2,3$	$39,6 \pm 1,6$
M_{O_2} przez skrzela	$7,3 \pm 1,2$	$0,07 \pm 0,06$
M_{O_2} całkowity	$36,8 \pm 3,2$	$39,7 \pm 1,6$
M_{CO_2} przez płuco	$5,7 \pm 0,8$	$8,7 \pm 0,9$
M_{CO_2} przez skrzela	$28,8 \pm 2,8$	$29,4 \pm 2,0$
M_{CO_2} całkowity	$34,5 \pm 3,0$	$38,1 \pm 2,9$

Źródło: Aaskov ML, Jensen RJ, Skov PV, Wood CM, Wang T, Malte H, Bayley M. *Arapaima gigas* maintains gas exchange separation in severe aquatic hypoxia but does not suffer branchial oxygen loss. *Journal of Experimental Biology*. 2022;225(6):jeb243672.

20. Określ, które stwierdzenia są prawdziwe, a które – fałszywe.

Stwierdzenie	Prawda czy fałsz?
1. Płuco widoczne na zdjęciu A powstało z pęcherza pławnego w procesie ewolucji.	<input type="checkbox"/> prawda / <input type="checkbox"/> fałsz
2. Przedstawione na zdjęciach narządy są przykładem narządów homologicznych.	<input type="checkbox"/> prawda / <input type="checkbox"/> fałsz
3. Obecność narządu wymiany gazowej pokazanego na zdjęciu B wystarcza, aby ryba mogła przetrwać wiele tygodni w całkowicie wyschniętym zbiorniku.	<input type="checkbox"/> prawda / <input type="checkbox"/> fałsz

21. Które zdanie prawidłowo opisuje fizjologię wymiany gazowej u *A. gigas*? Wybierz odpowiedź spośród podanych.

- A. Gdy stężenie tlenu w wodzie jest wysokie, głównymi narządami pobierającymi tlen są skrzela, a przy braku tlenu w wodzie tę funkcję przejmuje płuco.
- B. Niezależnie od stężenia tlenu w wodzie, to przez skrzela wydalana jest większość dwutlenku węgla.
- C. Płuco jest narządem, które pobiera większość tlenu i wydala niemal cały dwutlenek węgla.
- D. Gdy stężenie tlenu w wodzie jest niskie, organizm ryby pobiera go znacznie mniej przez oba narządy wymiany gazowej.

22. W Polsce występuje naturalnie tylko jeden gatunek ryby, u którego udokumentowano zdolność pozyskiwania tlenu z powietrza – do wymiany gazowej dochodzi w jelicie.

Który gatunek jest zdolny do oddychania tlenem z powietrza? Wybierz odpowiedź spośród podanych.

- A. piskorz (*Misgurnus fossilis*)
- B. strzebla błotna (*Rhynchocypris percunurus*)
- C. jesiotr ostronosy (*Acipenser oxyrinchus*)
- D. jazgarz (*Gymnocephalus cernua*)

Informacja do zadań 23.–24.

Poniżej przedstawiono zdjęcia trzech gatunków ryb o odmiennych typach budowy oczu. Te ryby występują w różnych środowiskach.



23. Wskaż, wybierając odpowiedź spośród A, B albo C, zdjęcie przedstawiające rybę, której oczy są skierowane wyłącznie ku górze, oraz określ funkcję tych oczu, wybierając odpowiedź spośród 1.–3.

Oczy, skierowane wyłącznie ku górze, występują u ryby na zdjęciu

<input type="checkbox"/> A.	i stanowią przystosowanie do	<input type="checkbox"/> 1.	detekcji cienia, który rzucają ofiara lub drapieżnik przepływający powyżej.
<input type="checkbox"/> B.		<input type="checkbox"/> 2.	widzenia owadów i drapieżników nad powierzchnią wody.
<input type="checkbox"/> C.		<input type="checkbox"/> 3.	widzenia w wodach o niskiej przejrzystości, gdzie można zauważyć pokarm lub drapieżnika tylko, patrząc w górę.

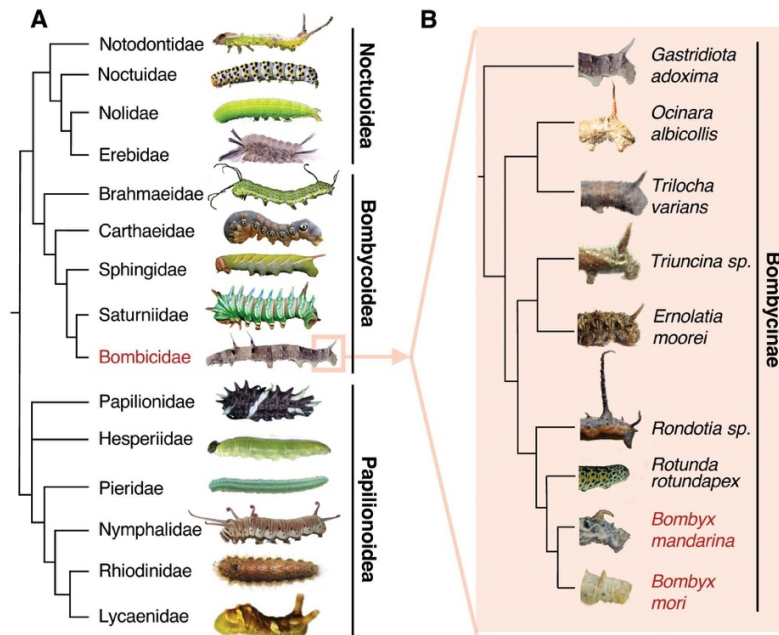
24. Określ, które stwierdzenia są prawdziwe, a które – fałszywe.

Stwierdzenie	Prawda czy fałsz?
1. Na zdjęciu A przedstawiono rybę żyjącą w środowisku głębin oceanicznych, do których dociera bardzo mało światła.	<input type="checkbox"/> prawda / <input type="checkbox"/> fałsz
2. Zdjęcie B zostało zrobione rybie, która większość czasu spędza przy powierzchni wody.	<input type="checkbox"/> prawda / <input type="checkbox"/> fałsz
3. Oczy ryby na zdjęciu C umożliwiają szerokokątne widzenie po obu bokach ryby.	<input type="checkbox"/> prawda / <input type="checkbox"/> fałsz

Informacja do zadań 25.–29.

Jedwabnik *Bombyx mori* został udomowiony najprawdopodobniej 4–10 tys. lat temu, a więc linie ewolucyjne z najbliższej spokrewnionym *Bombyx mandarina* rozeszły się kilkadziesiąt tysięcy pokoleń temu. Choć *B. mori* i *B. mandarina* wykształciły w tym czasie szereg różnic fenotypowych, w tym morfologicznych, jak zróżnicowanej wielkości tylne wypustki (CH; ang. *caudal horn*) u gąsienic, wciąż mogą się krzyżować i wydawać płodne potomstwo.

Na poniższym kladogramie przedstawiono filogenezę motyli wraz z rysunkami owadów w stadium gąsienicy.



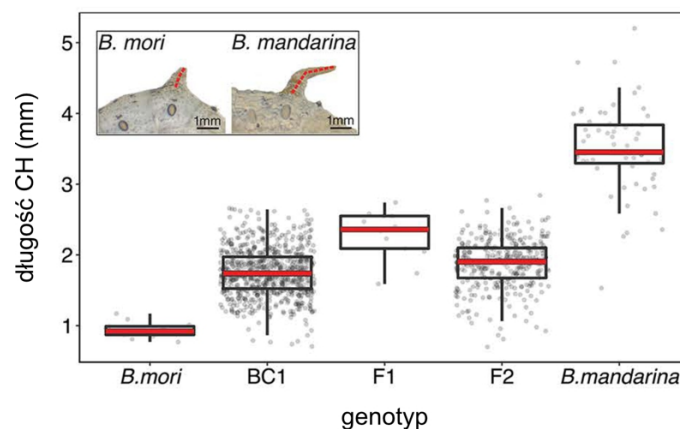
W celu wyjaśnienia genetycznego podłoża różnicy w długości CH u *B. mori* i *B. mandarina* badacze skrzyżowali osobniki z obu gatunków i wytworzyli osobniki hybrydowe. Oznaczono je w następujący sposób:

- F1 – potomstwo samic *B. mori* i samców *B. mandarina*
- BC1 – potomstwo samic *B. mori* i samców F1
- F2 – potomstwo osobników F1

Następnie badacze zmierzili długość CH u *B. mori*, *B. mandarina* oraz wyżej opisanych hybryd.

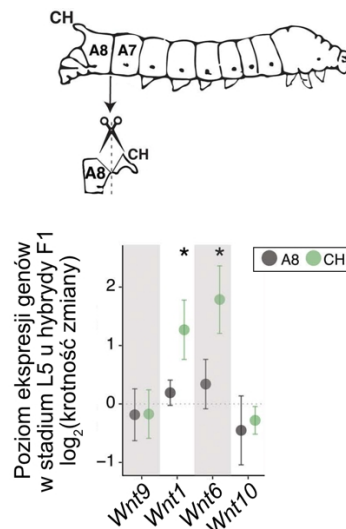
Na poniższym wykresie pudełkowym przedstawiono:

- czerwoną linią – wartości mediany
- prostokątem – pierwszy i trzeci kwartył
- tzw. wąsami – minimalne i maksymalne wartości z wyłączeniem obserwacji odstających.



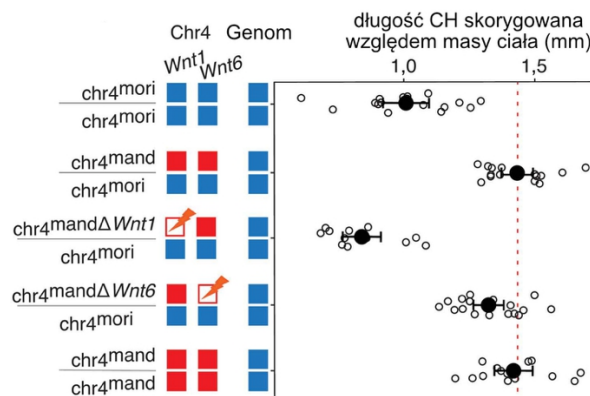
Badacze postanowili przeprowadzić analizę RNA-seq, dzięki której jest możliwe określenie liczby kopii badanego mRNA. Analizie poddano poziom ekspresji genów z rodziny *Wnt*, wcześniej wytypowanych innymi metodami badawczymi. Geny *Wnt* są konserwowane ewolucyjnie i kodują białka odgrywające kluczową rolę m.in. w embriogenezie. U badanych motyli geny *Wnt* występują w chromosomie 4. Przed wyizolowaniem RNA gąsienice F1 w stadium L5 poddano sekcji, w wyniku której izolowano ósmy segment odwłoka – A8, w obrębie którego występuje CH. Następnie odcinano CH i izolowano RNA osobno z CH oraz z pozostałej części segmentu A8.

Wyniki przedstawiono jako \log_2 (krotność zmiany) w stosunku do uśrednionej wartości poziomu ekspresji badanych genów u *B. mori* oraz u *B. mandarina*. Kropkami oznaczono wartości średnie, a tzw. wąsy wskazują 95% przedział ufności. Jeśli średnia wartość jest większa niż 0, oznacza to wyższy poziom ekspresji allelu pochodzącego z *B. mandarina*.



Aby ostatecznie rozstrzygnąć wpływ genów *Wnt1* i *Wnt6* na rozwój CH u gąsienic *Bombyx*, badacze zastosowali szereg interesujących technik badawczych. Po pierwsze, stworzyli zwierzęta konsomiczne – te zwierzęta miały kompletny genom *B. mori* z wyjątkiem obu chromosomów 4, które pochodziły z *B. mandarina*. Po drugie, stworzyli także zwierzęta półkonsomiczne – te zwierzęta miały kompletny genom *B. mori*, w tym także jeden chromosom 4 z tego gatunku, ale drugi chromosom 4 pochodził z *B. mandarina*. Po trzecie, badacze wykorzystali technikę CRISPR/Cas9 do unieczynnienia określonego allelu – *Wnt1* albo *Wnt6* – w chromosomie 4 pochodzącym z *B. mandarina*. Takie allele oznaczono na poniższym schemacie symbolem pioruna.

Badacze zmierzili długość CH, ale w tym doświadczeniu ta długość została skorygowana względem masy ciała zwierzęcia w myśl zasady: im większe zwierzę, tym dłuższy CH. Czarne kropki wskazują na wartości średnie, natomiast tzw. wąsy oznaczają błąd standardowy.



Na podstawie: Tomihara i wsp. (2026) Cis-regulatory evolution of *Wnt* family genes contributes to a morphological difference between silkworm species. *PLoS Biol* 24(3): e3003605.

25. Określ, które wnioski dotyczące przedstawionego kladogramu są uprawnione, a które – nie.

Stwierdzenie	Czy wniosek jest uprawniony?
1. Notodontidae jest bliżej spokrewniona z Noctuidae niż z Nolidae.	<input type="checkbox"/> tak / <input type="checkbox"/> nie
2. <i>B. mori</i> i <i>B. mandarina</i> są bliżej spokrewnione niż <i>Ocinara albicollis</i> i <i>Trilocha varians</i> .	<input type="checkbox"/> tak / <input type="checkbox"/> nie
3. Papilionoidea jest kladem bardziej zróżnicowanym genetycznie niż Noctuoidea.	<input type="checkbox"/> tak / <input type="checkbox"/> nie

26. Uzupełnij w poniższym tekście luki (1.–3.) wyrażeniami z tabeli, wybierając w każdym przypadku jedno z dwóch zaproponowanych.

U udomowionego jedwabnika długość CH uległa (1). U hybryd F1 CH jest dłuższa niż u *B. mori* ze względu na obecność alleli pochodzących od (2). U hybryd BC1 CH jest krótsza niż u F1 z powodu (3) udziału alleli pochodzących od *B. mori*.

Numer luki	Wyrażenie
1.	<input type="checkbox"/> A. skróceniu / <input type="checkbox"/> B. wydłużeniu
2.	<input type="checkbox"/> A. <i>B. mandarina</i> / <input type="checkbox"/> B. <i>B. mori</i>
3.	<input type="checkbox"/> A. mniejszego / <input type="checkbox"/> B. większego

27. Określ, które wnioski dotyczące ekspresji genów *Wnt* u gąsienicy w stadium L5 u hybryd F1 są uprawnione, a które – nie.

Stwierdzenie	Czy wniosek jest uprawniony?
1. Spośród przedstawionych genów najniższy średni poziom ekspresji w CH wykazuje <i>Wnt6</i> .	<input type="checkbox"/> tak / <input type="checkbox"/> nie
2. Wszystkie analizowane geny wykazują wyższy poziom ekspresji w CH niż w pozostałej części segmentu A8.	<input type="checkbox"/> tak / <input type="checkbox"/> nie
3. Wartość \log_2 (krotności zmiany) równa 0 oznacza, że poziom ekspresji jest równy wartości odniesienia.	<input type="checkbox"/> tak / <input type="checkbox"/> nie

28. Uzupełnij w poniższym tekście luki (1.–3.) wyrażeniami z tabeli, wybierając w każdym przypadku jedno z dwóch zaproponowanych.

Biorąc pod uwagę długość CH skorygowaną względem masy ciała gąsienicy, (1) stwierdzić, że chromosom 4 pochodzący od *B. mori* niesie allele warunkujące skrócenie CH. Stworzone w toku doświadczeń organizmy półkonsomiczne (bez delecji) i konsomiczne (2) pod względem długości CH. Na podstawie przedstawionych wyników doświadczeń można stwierdzić, że najistotniejszą zmianą genetyczną u *B. mori* jest zmniejszenie poziomu ekspresji genu (3).

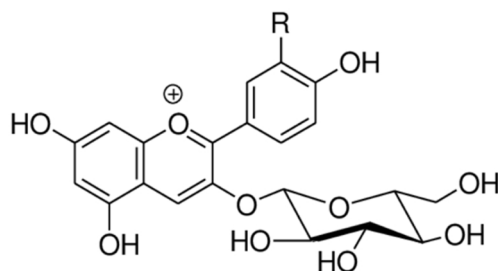
Numer luki	Wyrażenie
1.	<input type="checkbox"/> A. można / <input type="checkbox"/> B. nie można
2.	<input type="checkbox"/> A. różnią się / <input type="checkbox"/> B. nie różnią się
3.	<input type="checkbox"/> A. <i>Wnt1</i> / <input type="checkbox"/> B. <i>Wnt6</i>

29. Określ, które stwierdzenia dotyczące techniki CRISPR/Cas9 są prawdziwe, a które – fałszywe.

Stwierdzenie	Prawda czy fałsz?
1. Dzięki CRISPR/Cas9 jest możliwe wprowadzanie zmian w DNA w ściśle określonym miejscu genomu.	<input type="checkbox"/> prawda / <input type="checkbox"/> fałsz
2. Po przecięciu DNA przez Cas9 komórka może naprawić uszkodzenie poprzez mechanizm NHEJ lub HDR.	<input type="checkbox"/> prawda / <input type="checkbox"/> fałsz
3. Technika CRISPR/Cas9 powstała poprzez modyfikację naturalnie występującego u bakterii systemu obronnego przeciwko wirusom.	<input type="checkbox"/> prawda / <input type="checkbox"/> fałsz

Informacja do zadań 30.–34.

U groszku pachnącego (*Lathyrus odoratus*) obserwuje się rośliny różniące się wysokością łodygi. Ten gatunek wykazuje także zróżnicowanie barwy kwiatów, które jest związane z obecnością w komórkach płatków barwników z grupy antocyjanów. Te związki pełnią także funkcję antyoksydacyjną i neutralizują reaktywne formy tlenu. Wzór jednego z barwników z grupy antocyjanów przedstawiono poniżej.



Po skrzyżowaniu dwóch roślin groszku pachnącego w pokoleniu F_1 uzyskano:
 rośliny o kwiatach barwnych i wysokiej łodydze – 135 osobników
 rośliny o kwiatach barwnych i niskiej łodydze – 45 osobników
 rośliny o kwiatach białych i wysokiej łodydze – 105 osobników
 rośliny o kwiatach białych i niskiej łodydze – 35 osobników.

30. Ustal fenotypy roślin z pokolenia rodzicielskiego.

- A. Obie rośliny miały białe kwiaty i wysokie łodygi.
- B. Obie rośliny miały barwne kwiaty i wysokie łodygi.
- C. Jedna roślina miała białe kwiaty, a druga – barwne, obie o wysokich łodygach.
- D. Jedna roślina miała białe kwiaty i wysoką łodygę, a druga – barwne kwiaty i niską łodygę.
- E. Jedna roślina miała białe kwiaty i niską łodygę, a druga – barwne kwiaty i wysoką łodygę.

31. Jakie jest prawdopodobieństwo, że losowo wybrana z pokolenia F_1 roślina o białych kwiatach będzie miała niską łodygę? Wybierz odpowiedź spośród podanych.

- A. 1/2
- B. 1/4
- C. 1/8
- D. 7/16
- E. 7/64

32. Wybierz spośród A–D typ dziedziczenia występujący u groszku pachnącego, który wyjaśnia uzyskany w pokoleniu F₁ stosunek fenotypowy barwy kwiatów.

- A. kodominacja
- B. sprzężenie częściowe genów
- C. epistaza podwójna recesywna
- D. epistaza podwójna dominująca

33. Czy po skrzyżowaniu dwóch roślin groszku pachnącego o kwiatach białych jest możliwe uzyskanie w pierwszym pokoleniu potomnym roślin o podanych w tabeli stosunkach fenotypowych?

Fenotypy roślin	Czy możliwy jest stosunek fenotypowy?
1. Rośliny o kwiatach barwnych i białych w stosunku 3:1	<input type="checkbox"/> tak / <input type="checkbox"/> nie
2. Rośliny o kwiatach barwnych i białych w stosunku 1:3	<input type="checkbox"/> tak / <input type="checkbox"/> nie
3. Rośliny o kwiatach barwnych i białych w stosunku 1:1	<input type="checkbox"/> tak / <input type="checkbox"/> nie

34. Wybierz spośród odpowiedzi A albo B organellum, w którym gromadzą się antocyjany i wybierz odpowiednie uzasadnienie spośród 1.–3.

Antocyjany gromadzone są w

<input type="checkbox"/> A.	wakuoli,	ponieważ	<input type="checkbox"/> 1.	zawierają sprzężone układy podwójnych wiązań umożliwiające absorpcję światła.
	chromoplastach,		<input type="checkbox"/> 2.	posiadają liczne grupy hydroksylowe oraz resztę cukrową, a więc są silnie polarne.
<input type="checkbox"/> B.			<input type="checkbox"/> 3.	pełnią funkcję antyoksydacyjną i neutralizują reaktywne formy tlenu.

Informacja do zdań 35.–36.

Funkcjonowanie ekosystemów zależy od stabilności zespołów organizmów, czyli ich zdolności do utrzymywania względnie stałej liczebności w czasie mimo zmian środowiska. Na stabilność zespołu mogą wpływać m.in.: stabilność liczebności poszczególnych gatunków, asynchroniczność zmian liczebności gatunków, różnorodność funkcjonalna organizmów. W środowisku morskim istotnym czynnikiem zaburzającym są morskie fale upałów, czyli okresy podwyższonej temperatury wody. Morskie obszary chronione mogą ograniczać wpływ działalności człowieka i potencjalnie zwiększać odporność ekosystemów na takie zaburzenia.

Definicje pojęć:

Stabilność zespołu – miara określająca, jak niewielkie są zmiany w czasie całkowitej liczebności organizmów w danym zespole; wyższa wartość oznacza mniejsze wahania liczebności.

Stabilność gatunków – miara określająca, jak niewielkie są zmiany w czasie liczebności poszczególnych gatunków.

Asynchroniczność gatunków – stopień, w jakim zmiany liczebności różnych gatunków nie zachodzą jednocześnie (np. jedne gatunki zwiększają liczebność, gdy inne ją zmniejszają).

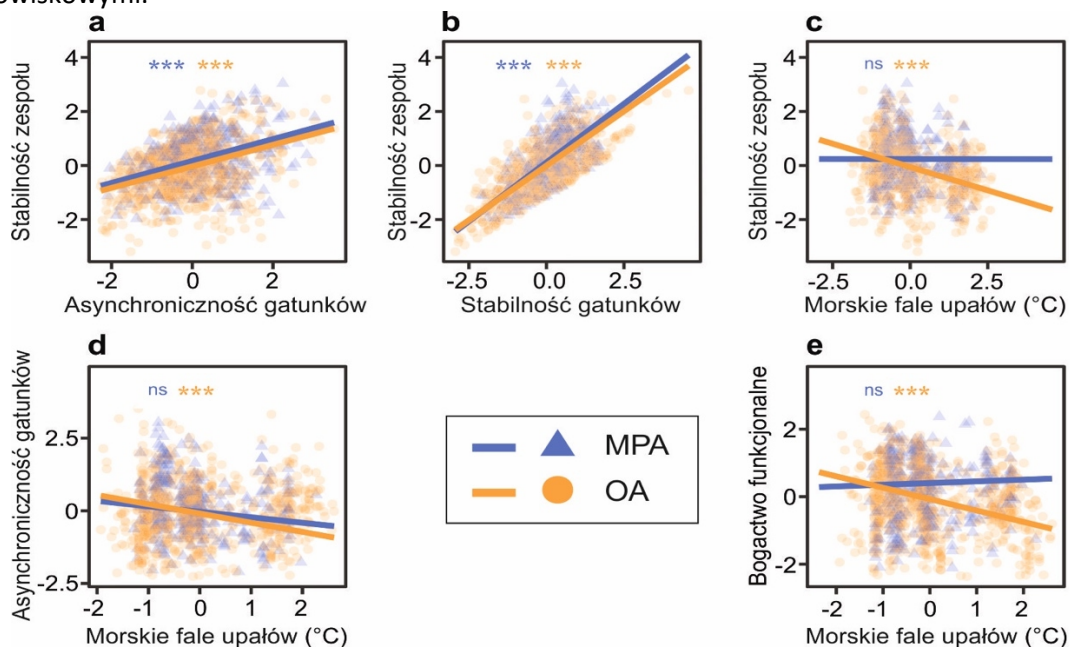
Bogactwo funkcjonalne – miara różnorodności cech ekologicznych gatunków w zespole (np. różnice w sposobie odżywiania, wielkości ciała lub zajmowanej niszy).

Morskie fale upałów – okresy podwyższonej temperatury wody morskiej; większa wartość oznacza silniejsze lub częstsze epizody wysokiej temperatury.

MPA (*marine protected areas*) – obszary chronione, w których działalność człowieka (np. połowy) jest ograniczona.

OA (*open areas*) – obszary niechronione, podlegające bezpośredniej presji człowieka.

Na poniższej rycinie przedstawiono zależności między miarami stabilności zespołów ryb a czynnikami środowiskowymi.



Dane przedstawiono dla: obszarów chronionych (MPA) – kolor niebieski, oraz obszarów niechronionych (OA) – kolor pomarańczowy.

Linie przedstawiają kierunek zależności między zmiennymi (trend). Gwiazdki (*) oznaczają, że zależność jest istotna statystycznie, a oznaczenie „ns” oznacza brak istotności statystycznej (ang. *not significant*).

35. Określ, które stwierdzenia dotyczące zależności przedstawionych na wykresach są prawdziwe, a które – fałszywe.

Stwierdzenie	Prawda czy fałsz?
1. Stabilność zespołu rośnie wraz ze wzrostem asynchroniczności gatunków zarówno na obszarach chronionych, jak i niechronionych.	<input type="checkbox"/> prawda / <input type="checkbox"/> fałsz
2. Stabilność zespołu jest dodatnio związana ze stabilnością gatunków na obu typach obszarów.	<input type="checkbox"/> prawda / <input type="checkbox"/> fałsz

36. Określ, które stwierdzenia dotyczące interpretacji ekologicznej przedstawionych danych są prawdziwe, a które – fałszywe.

Stwierdzenie	Prawda czy fałsz?
1. Przedstawione wyniki są zgodne z hipotezą, że ochrona obszarów może przyczynić się do ograniczenia negatywnego wpływu fal upałów na stabilność zespołów.	<input type="checkbox"/> prawda / <input type="checkbox"/> fałsz
2. Brak spadku stabilności na obszarach chronionych (panel C) dowodzi, że temperatura nie wpływa na funkcjonowanie zespołów w tych obszarach.	<input type="checkbox"/> prawda / <input type="checkbox"/> fałsz
3. Na podstawie przedstawionych danych można stwierdzić, że wszystkie gatunki reagują tak samo na fale upałów.	<input type="checkbox"/> prawda / <input type="checkbox"/> fałsz

Uwaga: Zadania 37.–40. dotyczą tego samego zagadnienia i należy je rozwiązywać po kolei.

37. Wykonano 50 pomiarów długości elementów wewnętrznego okółka okwiatu *Iris virginica*. Średni wynik był równy 5,55 cm, a oszacowanie wariancji wyniosło 0,30 cm².

Oszacuj wielkość 95% przedziału ufności dla średniej. Wybierz właściwą odpowiedź spośród podanych.

- A. 4,46 cm < μ < 6,65 cm
 - B. 5,40 cm < μ < 5,71 cm
 - C. 5,53 cm < μ < 5,57 cm
 - D. 5,47 cm² < μ < 5,64 cm²
 - E. 5,54 cm² < μ < 5,56 cm²
38. W analogiczny sposób wykonano pomiary dla kolejnego gatunku – *Iris setosa*. Poniżej przedstawiono wyniki testu t dla dwóch zestawów danych: x – *Iris virginica* oraz y – *Iris setosa*, otrzymane z wykorzystaniem funkcji `t.test()` w środowisku obliczeniowym R.

```
> t.test(x, y, conf.level = 0.8, var.equal = TRUE)
```

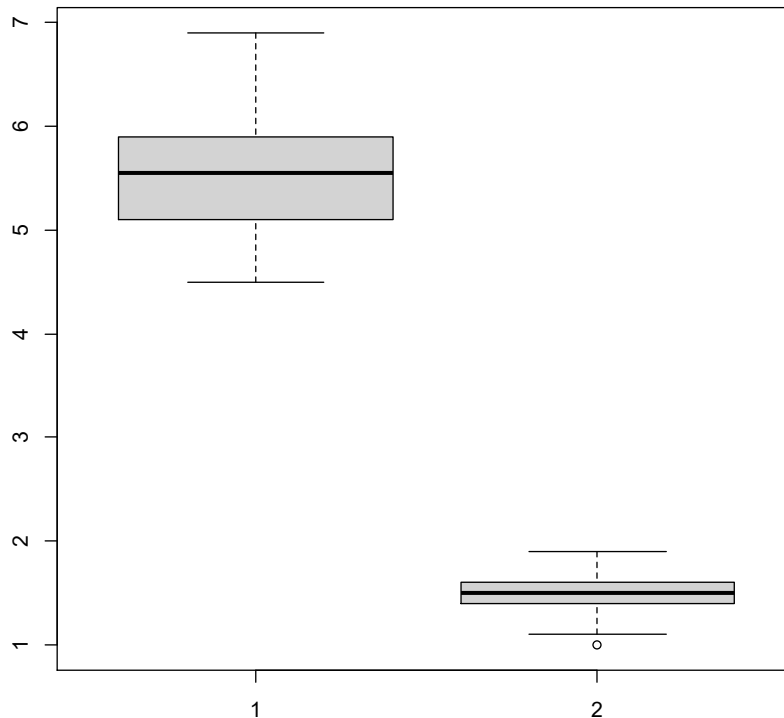
```
Two Sample t-test
```

```
data: x and y
t = 49.986, df = 98, p-value < 2.2e-16
alternative hypothesis: true difference in means is not equal to 0
80 percent confidence interval:
 3.984428 4.195572
sample estimates:
mean of x mean of y
 5.552    1.462
```

Określ, które stwierdzenia dotyczące przeprowadzonej analizy są prawdziwe, a które – fałszywe.

Stwierdzenie	Prawda czy fałsz?
1. Dla <i>Iris setosa</i> wykonano tylko 48 pomiarów i dlatego liczba stopni swobody wynosi 98.	<input type="checkbox"/> prawda / <input type="checkbox"/> fałsz
2. Wynik testu jest istotny statystycznie na poziomie istotności alfa = 0,05.	<input type="checkbox"/> prawda / <input type="checkbox"/> fałsz
3. Z 95% ufnością można powiedzieć, że różnica między średnimi w dwóch badanych populacjach wynosi co najmniej 3,984428 cm.	<input type="checkbox"/> prawda / <input type="checkbox"/> fałsz

39. Wyniki pomiarów dla dwóch badanych gatunków zestawiono na poniższym wykresie pudełkowym, przedstawiającym zakres zmienności oraz kwartyle. Obserwację odstającą zaznaczono jako oddzielny punkt.



Określ, które stwierdzenia dotyczące przedstawionego wykresu są prawdziwe, a które – fałszywe.

Stwierdzenie	Prawda czy fałsz?
1. Grupa 1. to <i>Iris setosa</i> , a grupa 2. to <i>Iris virginica</i> .	<input type="checkbox"/> prawda / <input type="checkbox"/> fałsz
2. Na wykresie zaznaczono wartości średnich grupowych.	<input type="checkbox"/> prawda / <input type="checkbox"/> fałsz
3. W obydwu grupach rozstęp międzykwartyłowy jest ponad dwukrotnie mniejszy niż zakres zmienności.	<input type="checkbox"/> prawda / <input type="checkbox"/> fałsz

40. Rozstrzygnij, które z przedstawionych danych – wyniki testu t czy wykres pudełkowy – pozwalają na zbudowanie rzetelnego klucza do rozróżniania *I. virginica* od *I. setosa*. Odpowiedź uzasadnij.

Rozstrzygnięcie:

Uzasadnienie:

.....

.....

.....

BRUDNOPIS

W tym miejscu możesz robić pomocnicze notatki i wyliczenia.

Pamiętaj o zaznaczeniu prawidłowej odpowiedzi w arkuszu odpowiedzi.

Żadne notatki z brudnopisu nie będą oceniane przez Komisję Egzaminacyjną.

PESEL

Imię i nazwisko

PESEL identification box with 11 empty slots.

Imię i nazwisko identification box with one large empty slot.

Grid of numbers 0-9 for marking answers.

.....
podpis zawodnika

Miejsce na odpowiedzi do zadań zamkniętych

5 1
2
3
4
5

● (N)
● (N)
● (N)
(T) ●
(T) ●

14

● (1)
(B) (2)
(C) ●

23

(A) ●
● (2)
(C) (3)

6 1
2
3
4
5

(A) ● (C) (D)
(A) ● (C) (D)
● (B) (C) (D)
● (B) (C) (D)
● (B) (C) (D)

15 1
2
3

● (F)
(P) ●
(P) ●

24 1
2
3

(P) ●
(P) ●
(P) ●

7

(A) (B) ● (D) (E)

16 1
2
3

● (F)
● (F)
● (F)

25 1
2
3

(T) ●
(T) ●
(T) ●

8

(A) ● (C) (D)

17 1
2
3

● (N)
(T) ●
● (N)

26 1
2
3

● (B)
● (B)
(A) ●

9

(A) (B) ● (D)

18

● (B) (C) (D)

27 1
2
3

(T) ●
(T) ●
● (N)

10

(A) (B) ● (D)

19

(A) (B) ● (D)

28 1
2
3

● (B)
(A) ●
● (B)

11

(A) ● (C) (D)

20 1
2
3

(P) ●
(P) ●
(P) ●

29 1
2
3

● (F)
● (F)
● (F)

12

(A) (B) (C) ● (E)

21

(A) ● (C) (D)

13 1
2
3

● (F)
● (F)
(P) ●

22

● (B) (C) (D)



Miejsce na odpowiedzi do zadań zamkniętych c.d.

30	<input type="radio"/> A	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/> C	<input type="radio"/> D	<input type="radio"/> E	34	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/> 1	37	<input type="radio"/> A	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/> C	<input type="radio"/> D	<input type="radio"/> E
31	<input type="radio"/> A	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/> C	<input type="radio"/> D	<input type="radio"/> E		<input type="radio"/> B	<input checked="" type="radio"/>	38	1	<input type="radio"/> P	<input checked="" type="radio"/>		
32	<input type="radio"/> A	<input type="radio"/> B	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/> D		35	1	<input checked="" type="radio"/> F		2	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/> F		
33	1	<input type="radio"/> T	<input checked="" type="radio"/>				2	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/> F		3	<input type="radio"/> P	<input checked="" type="radio"/>	
	2	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/> N			36	1	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/> F			<input type="radio"/> P	<input checked="" type="radio"/>	
	3	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/> N				2	<input type="radio"/> P	<input checked="" type="radio"/>			<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/> F	
							3	<input type="radio"/> P	<input checked="" type="radio"/>			<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/> F	

Miejsce na odpowiedzi do zadań otwartych

		Wypełnia egzaminator
1	rózowate / Rosaceae	<input type="radio"/> 0 <input type="radio"/> 1
2	selerowate / Apiaceae	<input type="radio"/> 0 <input type="radio"/> 1
3	astrowate / Asteraceae	<input type="radio"/> 0 <input type="radio"/> 1
4	bobowate / Fabaceae	<input type="radio"/> 0 <input type="radio"/> 1
40	<p>Rozstrzygnięcie: wykres pudełkowy</p> <p>Uzasadnienie: Wyniki testu t odnoszą się do różnic między średnimi, a wykres pudełkowy przedstawia zakres zmienności badanej cechy. To na wykresie pudełkowym widać, że zakresy zmienności na siebie nie zachodzą, a więc nawet największy okaz jednego gatunku jest mniejszy od najmniejszego okazu drugiego gatunku.</p>	<input type="radio"/> 0 <input type="radio"/> 1

