

**TEST DO ZAWODÓW III STOPNIA 53 OLIMPIADY BIOLOGICZNEJ  
W ROKU SZKOLNYM 2023/2024**

Data: **21 kwietnia 2024 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 53 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**.

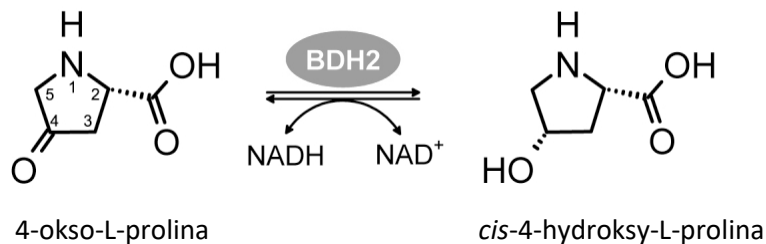
A  B  
 1  2  
 3  4



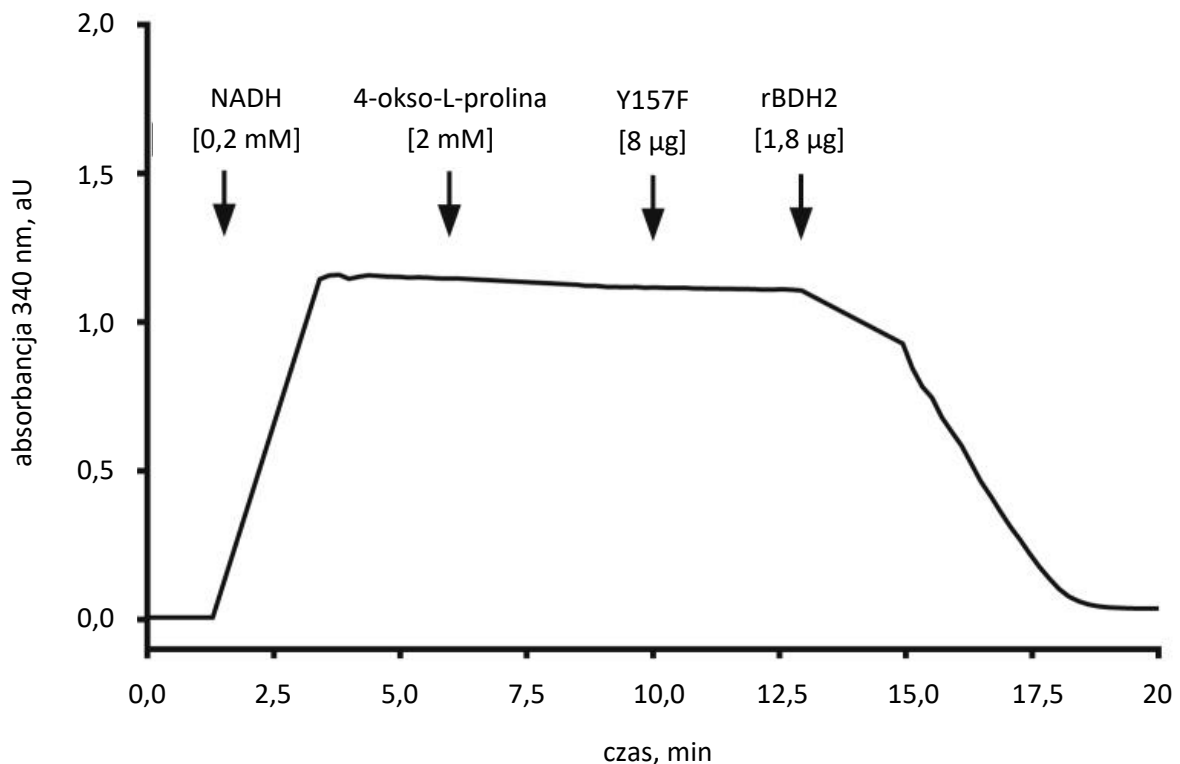
### Informacja do zadań 1–5

4-okso-L-prolina to słabo zbadany analog L-proliny. Jedynym znanym naturalnym związkiem zawierającym fragment 4-okso-L-proliny jest antybiotyk produkowany przez *Streptomyces antibioticus*. Mimo to 4-okso-L-prolina była wykrywana w różnych próbkach biologicznych, w tym w ekstraktach z nefronów ludzkiego zarodka – HEK293T oraz w próbkach krwi pacjentów z cukrzycą typu 2. leczonych metforminą, sulfonilomocznikiem lub oboma lekami łącznie. W 2022 roku wykazano, że enzym dehydrogenaza (R)- $\beta$ -hydroksymaślanowa (BDH2) wykazuje również aktywność reduktazy 4-okso-L-prolinowej.

Poniżej przedstawiono schemat reakcji katalizowanej przez BDH2 w aktywności reduktazy 4-okso-L-prolinowej.



Na poniższym wykresie przedstawiono test aktywności enzymatycznej białka rBDH2 jako reduktazy 4-okso-L-prolinowej. Dzięki zdolności NADH do absorpcji promieniowania monitorowano aktywność enzymatyczną poprzez zmiany absorbancji w czasie. Strzałkami oznaczono moment dodawania do mieszaniny odpowiednich związków, gdzie rBDH2 oznacza rekombinowane i oczyszczone białko BDH2 szczura; Y157F – forma białka rBDH2, w którym tyrozynę w pozycji 157 zastąpiono fenyloalaniną. W 15 minucie trwania pomiaru dodano reagent, który spowodował przyspieszenie spadku absorbancji.



Źródło: Kwiatkowski S. i in., Recharacterization of the mammalian cytosolic type 2 (R)- $\beta$ -hydroxybutyrate dehydrogenase as 4-oxo-L-proline reductase (EC 1.1.1.104), *J Biol Chem.* 2022; 298(3): 10170.

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

Spadek absorbancji świadczy o (1) NADH oraz (2) o (3) 4-okso-L-proliny.

Numer luki	Wyrażenie
1.	<input type="checkbox"/> A. redukcji / <input type="checkbox"/> B. utlenieniu
2.	<input type="checkbox"/> A. bezpośrednio / <input type="checkbox"/> B. pośrednio
3.	<input type="checkbox"/> A. redukcji / <input type="checkbox"/> B. utlenieniu

2. Wskaż reagent, którego dodanie spowodowało przyspieszenie spadku absorbancji około 15 minuty.

- A. NADH
- B. *cis*-4-hydrokso-L-prolina
- C. Y157F
- D. rBDH2

3. Określ, wybierając spośród A albo B, czy obecność reszty tyrozynowej w pozycji 157 jest kluczowa dla przebiegu reakcji enzymatycznej i wybierz odpowiednie uzasadnienie spośród 1.–3.

Obecność reszty tyrozynowej w pozycji 157

<input type="checkbox"/> A.	jest	kluczowa dla przebiegu reakcji, o czym świadczy	<input type="checkbox"/> 1.	przyspieszenie spadku absorbancji po dodaniu białka Y157F.
<input type="checkbox"/> B.	nie jest		<input type="checkbox"/> 2.	brak przyspieszenia spadku absorbancji po dodaniu białka Y157F.
			<input type="checkbox"/> 3.	współdziałanie białek Y157F i rBDH2 przy katalizowaniu reakcji.

4. Jak badacze musieli zmodyfikować opisane doświadczenie, aby upewnić się, że białko Y157F w ogóle nie wykazuje aktywności enzymatycznej?

- A. zastąpić NADH nadtlakiem wodoru
- B. zastąpić białko Y157F nadtlakiem wodoru
- C. nie dodawać białka Y157F do końca trwania pomiaru
- D. nie dodawać białka rBDH2 do końca trwania pomiaru

**5. Uzupełnij w poniższym tekście luki (1.–5.) wyrażeniami z tabeli, wybierając w każdym przypadku jedno z dwóch zaproponowanych.**

Tyrozynę w pozycji 157 zastąpiono fenyloalaniną, ponieważ oba aminokwasy **(1)**. Tyrozyna ze względu na obecność grupy hydroksylowej może być zaliczana do aminokwasów z **(2)** łańcuchem bocznym, a pozbawiona jej fenyloalanina do aminokwasów z **(3)** łańcuchem bocznym. Tyrozyna należy do aminokwasów **(4)** dla dorosłego człowieka, pod warunkiem dostarczenia odpowiedniej ilości **(5)** fenyloalaniny.

Numer luki	Wyrażenie
1.	<input type="checkbox"/> A. mają zbliżoną wielkość / <input type="checkbox"/> B. znacznie różnią się wielkością
2.	<input type="checkbox"/> A. polarnym / <input type="checkbox"/> B. niepolarnym
3.	<input type="checkbox"/> A. polarnym / <input type="checkbox"/> B. niepolarnym
4.	<input type="checkbox"/> A. egzogennych / <input type="checkbox"/> B. endogennych
5.	<input type="checkbox"/> A. egzogennej / <input type="checkbox"/> B. endogennej

*Informacja do zadań 6–7*

Apoptoza, czyli programowana śmierć komórek, odgrywa ważną rolę w rozwoju wielokomórkowych organizmów i w formowaniu struktur ciała. Ten proces jest charakterystyczny dla królestwa zwierząt. Umożliwia on eliminację komórek starych lub zbędnych, bez uszkodzenia otaczających tkanek. W nekrozie komórki umierają w wyniku uszkodzeń.

Źródło: zpe.gov.pl

**6. Określ, które stwierdzenia dotyczące roli apoptozy są prawdziwe, a które – fałszywe.**

Stwierdzenie	Prawda czy fałsz?
1. Apoptoza może być inicjowana zarówno przez czynniki wewnętrzne komórki, jak i – zewnętrzne.	<input type="checkbox"/> prawda / <input type="checkbox"/> fałsz
2. Limfocyty T i B rozpoznające komórki własnego organizmu ulegają apoptozie.	<input type="checkbox"/> prawda / <input type="checkbox"/> fałsz

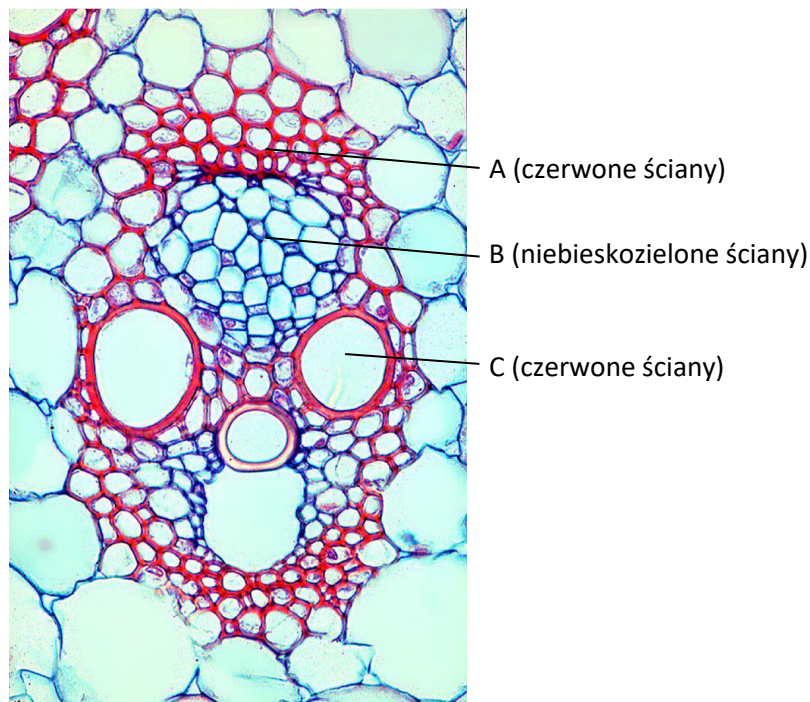
**7. Określ, które procesy są charakterystyczne dla apoptozy, a które – dla nekrozy.**

Proces	Charakterystyczny dla apoptozy czy nekrozy?
1. kurczenie się komórki	<input type="checkbox"/> A. apoptoza / <input type="checkbox"/> B. nekroza
2. przypadkowe cięcia DNA	<input type="checkbox"/> A. apoptoza / <input type="checkbox"/> B. nekroza
3. stan zapalny	<input type="checkbox"/> A. apoptoza / <input type="checkbox"/> B. nekroza

Informacja do zadań 8–9

Barwienie różnicowe preparatu mikroskopowego to rodzaj barwienia, w którym materiał badawczy traktuje się zestawami różnych barwników. Jednoczesne użycie dwóch różnych barwników histologicznych pozwala odróżnić komórki i tkanki różniące się składem chemicznym, np. te o celulozowych ścianach komórkowych od tych, które są z lignifikowane. Dzięki tej technice można odróżnić m.in. zdrewniałe ściany komórkowe, które pod wpływem safraniny barwią się na kolor czerwony, od celulozowych ścian komórkowych, które pod wpływem zieleni świetlistej barwią się na kolor niebieskozielony.

8. Przyporządkuj odpowiedni kod z ilustracji do nazw tkanek wchodzących w skład wiązki przewodzącej kukurydzy.



Źródło: Thomas Geier, Wikimedia Commons

Tkanka	Kod z ilustracji
1. floem	<input type="checkbox"/> A. / <input type="checkbox"/> B. / <input type="checkbox"/> C.
2. ksylem	<input type="checkbox"/> A. / <input type="checkbox"/> B. / <input type="checkbox"/> C.
3. sklerenchyma	<input type="checkbox"/> A. / <input type="checkbox"/> B. / <input type="checkbox"/> C.

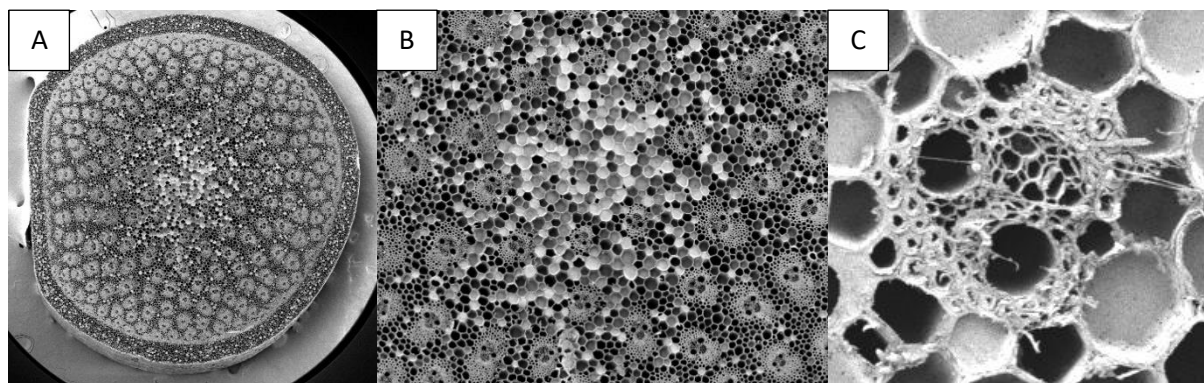
9. Określ, które stwierdzenia dotyczące tkanek roślinnych są prawdziwe, a które – fałszywe.

Stwierdzenie	Prawda czy fałsz?
1. Tkanka merystematyczna to tkanka twórcza, której komórki mają zdolność do podziałów komórkowych.	<input type="checkbox"/> prawda / <input type="checkbox"/> fałsz
2. Sklerenchyma to tkanka przewodząca wodę i sole mineralne.	<input type="checkbox"/> prawda / <input type="checkbox"/> fałsz
3. Merystemy wtórne są odpowiedzialne m.in. za wzrost łodygi na długość.	<input type="checkbox"/> prawda / <input type="checkbox"/> fałsz

Informacja do zadań 10–11

Istnieją dwa główne typy mikroskopów elektronowych: transmisyjny mikroskop elektronowy (ang. *transmission electron microscope*, TEM) oraz skaningowy mikroskop elektronowy (ang. *scanning electron microscope*, SEM). W TEM wiązka elektronów przechodzi przez próbkę i może obrazować próbki o grubości do 1 mikrometra. W SEM wiązka elektronów jest skanowana po powierzchni ciała stałego, powoduje emisję innych elektronów z próbki, a następnie te elektrony są analizowane, aby pokazać szczegóły struktury powierzchni ciała stałego.

Poniżej przedstawiono mikrofotografie przekroju poprzecznego przez łodygę bambusa w coraz większym powiększeniu.



10. Określ, które stwierdzenia dotyczące przedstawionych przekrojów przez łodygę bambusa są prawdziwe, a które – fałszywe.

Stwierdzenie	Prawda czy fałsz?
1. Wiązki przewodzące są mniejsze i liczniejsze na zewnątrz łodygi, natomiast większe i mniej liczne bliżej jej środka.	<input type="checkbox"/> prawda / <input type="checkbox"/> fałsz
2. Wiązki przewodzące składają się z naczyń metaksylemowych, tyka oraz osłonek włóknistych.	<input type="checkbox"/> prawda / <input type="checkbox"/> fałsz
3. Wiązki przewodzące to pasma tkanki przewodzącej, które u traw tworzą układ wiązek zamkniętych.	<input type="checkbox"/> prawda / <input type="checkbox"/> fałsz
4. Taki układ wiązek przewodzących świadczy o tym, że jest to roślina dwuliścienna.	<input type="checkbox"/> prawda / <input type="checkbox"/> fałsz

11. Określ, wybierając spośród A albo B, jaki mikroskop został wykorzystany do wykonania przedstawionych mikrofotografii i wybierz odpowiednie uzasadnienie spośród 1.–3.

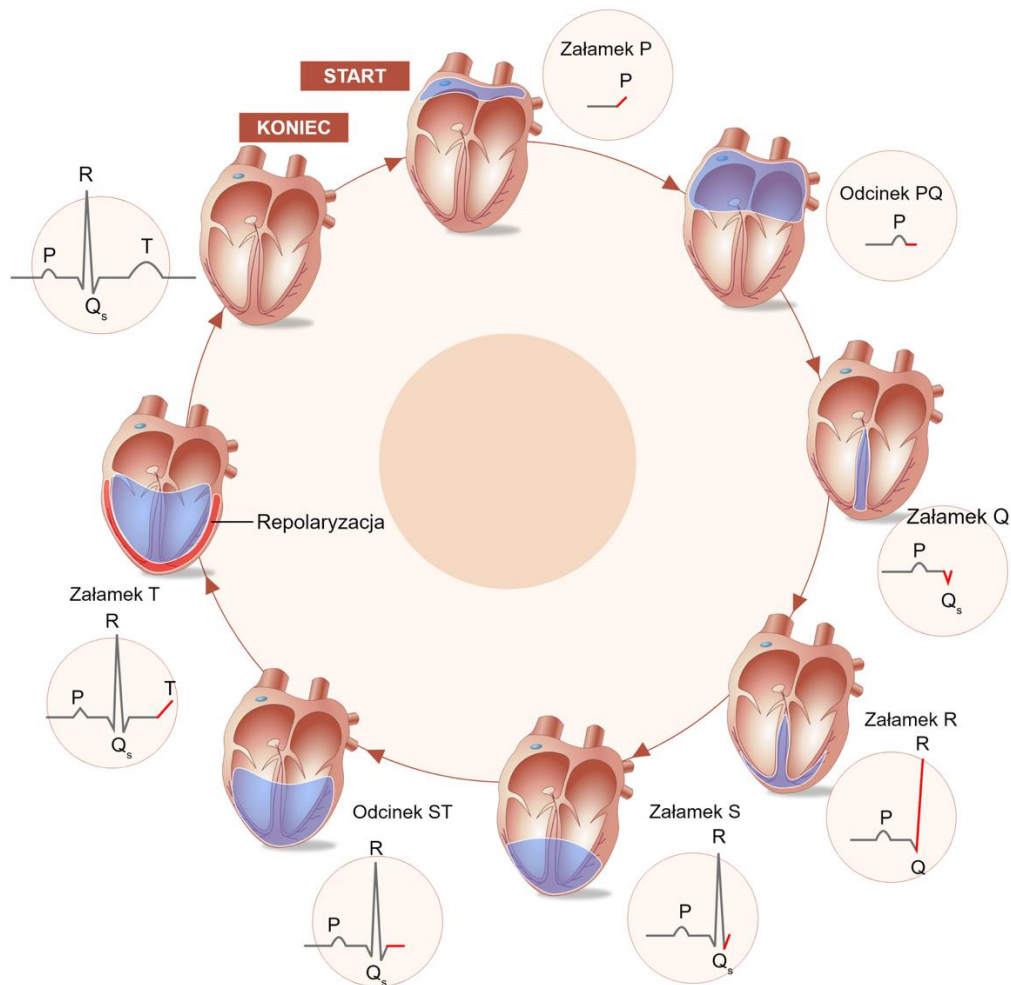
Mikrofotografie zostały wykonane przy pomocy mikroskopu

<input type="checkbox"/> A.	SEM,	ponieważ	<input type="checkbox"/> 1.	widoczna jest struktura powierzchni próbki.
<input type="checkbox"/> B.	TEM,		<input type="checkbox"/> 2.	do wykonania zdjęcia wykorzystano próbkę o bardzo małej grubości.
			<input type="checkbox"/> 3.	uzyskany obraz jest czarno-biały.



Informacja do zadań 12–14

Na poniższej grafice przedstawiono zestawienie przebiegu pracy serca z zapisem elektrokardiogramu (EKG) zdrowego dorosłego.



Źródło: zpe.gov.pl

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

Wytwarzanie i rozprzestrzenianie impulsów elektrycznych wywołujących skurcz serca jest (1) od impulsów z komórek autonomicznego układu nerwowego. Neuroprzekaźniki uwalniane przez te komórki mogą regulować tempo skurczów serca. Np. (2) uwalniana z neuronów układu przywspółczulnego powoduje, że serce kurczy się (3).

Numer luki	Wyrażenie
1.	<input type="checkbox"/> A. niezależne / <input type="checkbox"/> B. zależne
2.	<input type="checkbox"/> A. acetylocholina / <input type="checkbox"/> B. noradrenalina
3.	<input type="checkbox"/> A. szybciej / <input type="checkbox"/> B. wolniej

13. Określ, które stwierdzenia dotyczące rytmu pracy serca i zapisu EKG są prawdziwe, a które – fałszywe.

Stwierdzenie	Prawda czy fałsz?
1. Serce zdrowego dorosłego człowieka kurczy się w spoczynku 60–80 razy na minutę.	<input type="checkbox"/> prawda / <input type="checkbox"/> fałsz
2. Załamek R w EKG odpowiada repolaryzacji komór.	<input type="checkbox"/> prawda / <input type="checkbox"/> fałsz
3. Badanie EKG pozwala na rozpoznanie występowania migotania przedsionków.	<input type="checkbox"/> prawda / <input type="checkbox"/> fałsz

14. U szereguj wymienione struktury w kolejności rozprzestrzeniania się impulsu elektrycznego wywołującego skurcz serca.

Struktura	Liczba porządkowa
1. pęczek Hisa	<input type="checkbox"/> 1. / <input type="checkbox"/> 2. / <input type="checkbox"/> 3. / <input type="checkbox"/> 4.
2. węzeł przedsionkowo-komorowy	<input type="checkbox"/> 1. / <input type="checkbox"/> 2. / <input type="checkbox"/> 3. / <input type="checkbox"/> 4.
3. węzeł zatokowo-predsionkowy	<input type="checkbox"/> 1. / <input type="checkbox"/> 2. / <input type="checkbox"/> 3. / <input type="checkbox"/> 4.
4. włókna Purkiniego	<input type="checkbox"/> 1. / <input type="checkbox"/> 2. / <input type="checkbox"/> 3. / <input type="checkbox"/> 4.

Informacja do zadań 15–16

Alergia stanowi powszechny problem zdrowotny, a jej przypadki są coraz częściej rejestrowane na obszarach wielkich aglomeracji lub w bliskim otoczeniu przemysłu. To właśnie dorastanie w warunkach nasilonego zanieczyszczenia powietrza jest uznawane za jeden z głównych powodów zwiększonej liczby przypadków alergii. Głównymi źródłami zanieczyszczeń powietrza są: niska emisja, spaliny samochodowe i fabryczne, a w ich skład wchodzi: gazy: O<sub>3</sub>, SO<sub>2</sub>, CO, NO<sub>2</sub>, półlotne związki organiczne (wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne, dioksyny, benzen, aldehydy), pył zawieszony (PM – particulate matter): PM<sub>10</sub>, PM<sub>2,5</sub>, PM<0,1µm. Obecnie uważa się, że najistotniejszą rolę w odpowiedzi immunologicznej i reakcji ogólnoustrojowej odgrywa pył PM<sub>2,5</sub>, który dociera do pęcherzyków płucnych. Ultradrobne cząstki przedostają się także do układu krążenia, co powoduje negatywne skutki ze strony innych narządów (takich jak: serce, mózg, szpik kostny itp.). Ponadto, rozpuszczalne składniki cząstek stałych (np. metali) mogą przechodzić przez barierę nabłonkową i być rozprzestrzeniane po całym organizmie. Zanieczyszczenia mogą być usuwane z dróg oddechowych przez warstwę śluzu, ale kiedy jest ich za dużo, są fagocytowane przez makrofagi pęcherzykowe. Te komórki po aktywacji powodują uwalnianie mediatorów stanu zapalnego i czynników chemotaktycznych dla neutrofilów, co z kolei stymuluje powstawanie reaktywnych form tlenu i azotu.

Alergeny mają większy potencjał uczulający w połączeniu z czynnikami zanieczyszczającymi powietrze. Zaproponowano dwa główne mechanizmy ich działania: zwiększenie przepuszczalności nabłonka związane z uszkodzeniem oksydacyjnym i łatwiejszą penetracją alergenów oraz bezpośredni efekt adiuwantowy.

*Źródło: Czarnobilska E. i in., Wpływ zanieczyszczenia powietrza na wzrost występowania chorób alergicznych, Przegląd Lekarski 2017, 74, 11.*

**15. Określ, wybierając spośród A albo B, jak zanieczyszczenia powietrza wpływają na odpowiedź immunologiczną na alergen i wybierz odpowiednie uzasadnienie spośród 1.–3.**

Zanieczyszczenia powietrza są czynnikiem

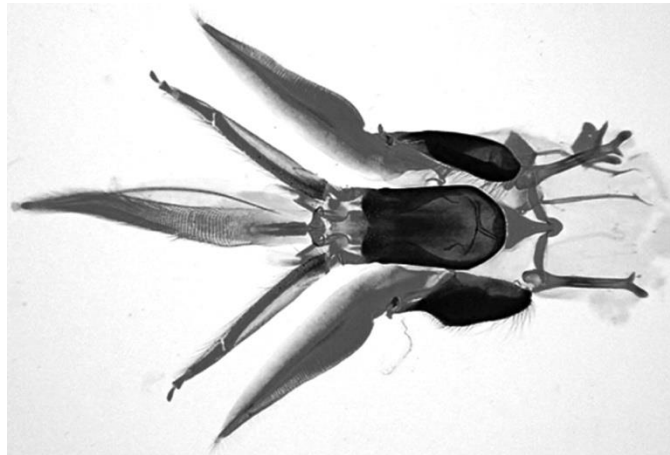
<input type="checkbox"/> A.	wzmacniającym	odpowieź immunologiczną na alergen, ponieważ	<input type="checkbox"/> 1.	mają działanie antyoksydacyjne.
			<input type="checkbox"/> 2.	komórki odpornościowe ulegają zniszczeniu przez reaktywne formy tlenu.
<input type="checkbox"/> B.	hamującym		<input type="checkbox"/> 3.	zwiększają przepuszczalność nabłonka i stymulują układ odpornościowy.

**16. Określ, które stwierdzenia dotyczące odpowiedzi immunologicznej na alergeny i zanieczyszczenia powietrza w są prawdziwe, a które – fałszywe.**

Stwierdzenie	Prawda czy fałsz?
1. Histamina jest produkowana przez komórki nabłonka.	<input type="checkbox"/> prawda / <input type="checkbox"/> fałsz
2. Zwiększenie przepuszczalności naczyń krwionośnych powoduje napływ leukocytów do światła pęcherzyków płucnych.	<input type="checkbox"/> prawda / <input type="checkbox"/> fałsz
3. Nadmierne wytwarzanie reaktywnych form tlenu może powodować stres oksydacyjny i uszkodzenie komórek nabłonka płuc.	<input type="checkbox"/> prawda / <input type="checkbox"/> fałsz

Informacja do zadań 17–18

Poniżej przedstawiono wypreparowany aparat gębowy pewnego owada.



17. Określ, wybierając spośród A, B albo C, do którego rzędu owadów należy przedstawiony okaz i wybierz odpowiednią funkcję aparatu gębowego spośród 1.–3.

Aparat gębowy przedstawiony na rysunku powyżej należy do owada z rzędu

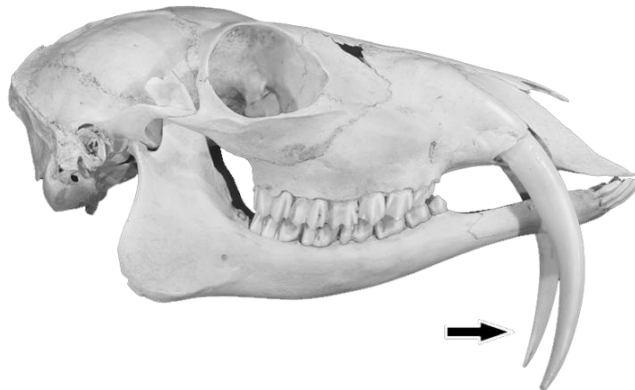
<input type="checkbox"/> A.	muchówek (Diptera)	oraz umożliwia pobieranie i obróbkę	<input type="checkbox"/> 1.	krwi.
<input type="checkbox"/> B.	chrząszczy (Coleoptera)		<input type="checkbox"/> 2.	nektaru.
<input type="checkbox"/> C.	błonkówek (Hymenoptera)		<input type="checkbox"/> 3.	tkanek liści.

18. Dokończ zdanie. Wybierz odpowiedź spośród podanych.

Aparat gębowy przedstawiony na rysunku powyżej powstał na drodze ewolucji z

- A. żuwaczek, szczęk I pary i szczęk II pary.
- B. czułków I pary, czułków II pary i żuwaczek.
- C. szczękoczułków, nogogłaszczek i wargi.
- D. szczękoczułków, żuwaczek i szczękonoży.

19. Poniżej przedstawiono czaszkę pewnego ssaka.



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

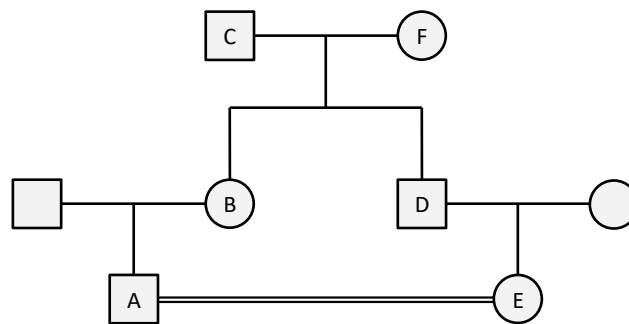
Ssak, którego czaszka widnieje powyżej należy do rzędu (1) i odżywia się (2). U tego gatunku zęby wskazane strzałką służą do (3).

Numer luki	Wyrażenie
1.	<input type="checkbox"/> A. drapieżnych (Carnivora) / <input type="checkbox"/> B. owadożernych (Insectivora) / <input type="checkbox"/> C. parzystokopytnych (Artiodactyla)
2.	<input type="checkbox"/> A. mięsem ssaków / <input type="checkbox"/> B. trawą i innymi roślinami / <input type="checkbox"/> C. skorupiakami i mięczakami
3.	<input type="checkbox"/> A. zabijania ofiary / <input type="checkbox"/> B. budowania hierarchii / <input type="checkbox"/> C. rozdrabniania pokarmu

Informacja do zadań 20–22

Każda osoba dziedziczy od każdego z dwojga rodziców połowę genów autosomalnych. Współczynnik spokrewnienia między rodzicem a dzieckiem wynosi zatem  $1/2$ . Współczynnik spokrewnienia między dwojgiem rodzeństwa także wynosi  $1/2$ . Każde z rodzeństwa dziedziczy połowę genów matki i połowę genów ojca. Prawdopodobieństwo, że obydwójce z dwójki rodzeństwa odziedziczą ten sam allel z danego locus od matki, wynosi  $1/4$ . Tak samo prawdopodobieństwo, że obydwójce z dwójki rodzeństwa odziedziczą ten sam allel z danego locus od ojca, wynosi  $1/4$ . Łącznie daje to  $1/2$  wspólnych genów. W podobny sposób można obliczyć współczynnik pokrewieństwa między dalszymi krewnymi.

Mimo że spokrewnienie partnerów jest względnie rzadkie, w niektórych kulturach związki małżeńskie między kuzynami I stopnia są stosunkowo częste i występują z częstością od 20 do 50%. Na poniższym rodowodzie przedstawiono spokrewnienie kuzynów I stopnia (osoby A i E). Mają oni wspólnych dziadka i babkę. Wiadomo, że mężczyzna oznaczony literą A jest heterozygotycznym nosicielem allelu warunkującego mukowiscydozę. Kobieta E mogła odziedziczyć allel mukowiscydozy również od przodków nieuwzględnionych na rodowodzie, jednak dla chorób względnie rzadkich w populacji prawdopodobieństwo to jest małe i można je pominąć. Przyjmuje się, że 1 na 25 osób rasy kaukaskiej jest heterozygotycznym nosicielem allelu warunkującego tę chorobę.



Źródło: Jorde L., Carey J., Bamshad M., Genetyka medyczna, Wrocław 2021.

**20. Określ współczynnik spokrewnienia kuzynów A i E.**

- A.  $1/4$
- B.  $1/8$
- C.  $1/12$
- D.  $1/16$
- E.  $1/32$

21. Ile wynosi w przybliżeniu prawdopodobieństwo urodzenia się chorego na mukowiscydozę dziecka parze kuzynów A i E? W obliczeniach pominięto możliwość odziedziczenia allelu mukowiscydozy od przodków nieuwzględnionych w rodowodzie.

- A. 0,125
- B. 0,03
- C. 0,01
- D. 0,004
- E. 0,0004

22. Przeczytaj poniższy tekst i uzupełnij luki (1.–3.) wyrażeniami z tabeli, wybierając w każdym przypadku jedno z dwóch zaproponowanych.

Wiedząc, że mężczyzna oznaczony na rodowodzie literą A jest nosicielem mukowiscydozy, to prawdopodobieństwo, że jego kuzynka również jest nosicielką tej choroby, wzrasta około **(1)** w stosunku do populacji ogólnej. Gdyby ten mężczyzna był nosicielem galaktozemii – choroby, której nosiciele występują z częstością 1/170, to prawdopodobieństwo, że jego kuzynka E również jest nosicielką galaktozemii, byłoby około **(2)** razy większe, niż gdyby pochodziła ona z populacji ogólnej. Ilustruje to zasadę, że im rzadsza choroba autosomalna recesywna, tym **(3)** jest prawdopodobieństwo, że rodzice dotkniętego nią dziecka są spokrewnieni.

Numer luki	Wyrażenie
1.	<input type="checkbox"/> A. trzykrotnie / <input type="checkbox"/> B. ośmiokrotnie
2.	<input type="checkbox"/> A. 6 / <input type="checkbox"/> B. 21
3.	<input type="checkbox"/> A. mniejsze / <input type="checkbox"/> B. większe

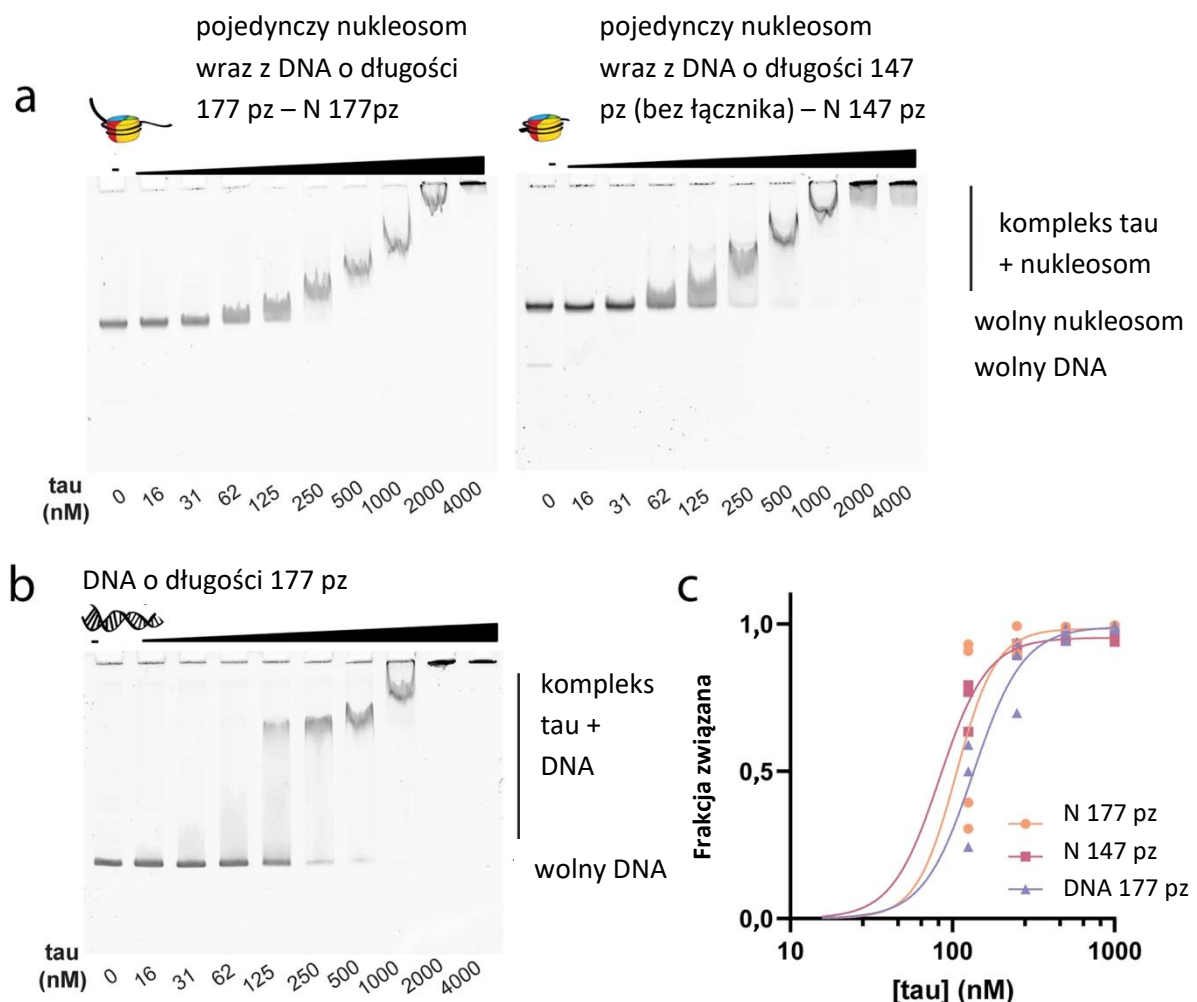
Informacja do zadań 23–26

Tau to białko wiążące się z mikrotubulami, często obecne w splątkach neurofibrilarnych (NFTs, ang. *neurofibrillary tangles*) w mózгах pacjentów z chorobą Alzheimera. Jego rola w komórce i w procesie powstawania choroby jest niejasna. Coraz więcej dowodów sugeruje, że tau lokalizuje się w jądrze, gdzie może odgrywać rolę w ochronie DNA i regulacji heterochromatyny.

Aby sprawdzić, czy tau ma zdolność oddziaływania z DNA związanym z histonami w nukleosomie, czy – z wolnym DNA, wykorzystano procedurę EMSA (ang. *electrophoretic mobility shift assay*).

EMSA polega na tym, że do kwasu nukleinowego dodaje się białko w różnych stężeniach, a następnie mieszaninę poddaje się elektroforezie. Jeśli białko oddziałuje z kwasem nukleinowym, to szybkość migracji kompleksu jest niższa niż wolnego kwasu nukleinowego. Na poniższej ilustracji przedstawiono wyniki doświadczenia: a – badanie oddziaływania tau z nukleosomem z fragmentem DNA o długości 177 pz oraz z nukleosomem z fragmentem DNA o długości 147 pz, a więc bez łącznika po obu stronach; b – badanie oddziaływania tau z fragmentem DNA o długości 177 pz;

c – zestawienie wyników doświadczeń w formie wykresu.



Źródło: Abasi L. S. i in., *Phosphorylation regulates tau's phase separation behavior and interactions with chromatin*, *Commun Biol* 7, 251 (2024).



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

Stopień kondensacji chromatyny zmienia się w zależności od aktywności transkrypcyjnej DNA i fazy cyklu komórkowego. Chromatyna w stanie skondensowanym nazywana jest **(1)**. Chromatyna aktywna transkrypcyjnie ulega **(2)**. Najbardziej skondensowana jest chromatyna w **(3)**.

Numer luki	Wyrażenie
1.	<input type="checkbox"/> A. euchromatyną / <input type="checkbox"/> B. heterochromatyną
2.	<input type="checkbox"/> A. rozluźnieniu / <input type="checkbox"/> B. upakowaniu
3.	<input type="checkbox"/> A. fazie S / <input type="checkbox"/> B. metafazie

24. Określ, które stwierdzenia dotyczące przebiegu EMSA są prawdziwe, a które fałszywe.

Stwierdzenie	Prawda czy fałsz?
1. Elektroforeza musi być prowadzona w warunkach denaturujących.	<input type="checkbox"/> prawda / <input type="checkbox"/> fałsz
2. Prążki widoczne na zdjęciu obrazują położenie kwasów nukleinowych.	<input type="checkbox"/> prawda / <input type="checkbox"/> fałsz
3. Do doświadczenia konieczne jest wykorzystanie białek znakowanych izotopowo węglem C <sup>13</sup> i azotem N <sup>15</sup> .	<input type="checkbox"/> prawda / <input type="checkbox"/> fałsz

25. Określ, które stwierdzenia są uprawnionymi wnioskami z przeprowadzonych doświadczeń.

Stwierdzenie	Czy to uprawniony wniosek?
1. Białko tau oddziałuje zarówno z wolnym DNA, jak i z DNA w nukleosomie.	<input type="checkbox"/> tak / <input type="checkbox"/> nie
2. Obecność łącznika DNA jest konieczna do oddziaływania nukleosomu z białkiem tau.	<input type="checkbox"/> tak / <input type="checkbox"/> nie
3. Zwiększenie stężenia soli zmniejsza siłę oddziaływania tau z DNA.	<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.

Białko tau jest pozbawione stabilnej struktury trzeciorzędowej, a jego oddziaływanie z DNA jest prawdopodobnie oparte głównie na oddziaływaniach elektrostatycznych. **(1)** naładowane reszty aminokwasowe są przyciągane przez **(2)** naładowane cząsteczki DNA. Fosforylacja reszt aminokwasowych powinna więc powodować **(3)** powinowactwa tau do DNA.

Numer luki	Wyrażenie
1.	<input type="checkbox"/> A. Dodatnio / <input type="checkbox"/> B. Ujemnie
2.	<input type="checkbox"/> A. dodatnio / <input type="checkbox"/> B. ujemnie
3.	<input type="checkbox"/> A. zmniejszenie / <input type="checkbox"/> B. zwiększenie

Informacja do zadań 27–28

Archeopteryks to zwierzę wielkości kruka – żył około 150 milionów lat temu. Znany jest z kilkunastu skamieniałości, zwłaszcza z okolic miejscowości Solnhofen w Bawarii. Miał pokryte piórami skrzydła, których palce były zakończone pazurami. Szczęki były wyposażone w zęby. Przymuszczałnie potrafił latać. Pierwszy szkielet archeopteryksa odkryto już w roku 1861 – zaledwie dwa lata po ogłoszeniu teorii Darwina „O pochodzeniu gatunków”.



Źródło: [www.nhm.ac.uk](http://www.nhm.ac.uk)  
[naukawpolsce.pl](http://naukawpolsce.pl)

27. Określ, wybierając spośród A albo B, czy archeopteryks jest reliktem, czy – formą pośrednią, oraz wybierz odpowiednie uzasadnienie spośród 1.–3.

Archeopteryks jest

<input type="checkbox"/> A.	reliktem,	ponieważ	<input type="checkbox"/> 1.	łączy cechy dwóch grup systematycznych.
<input type="checkbox"/> B.	formą pośrednią,		<input type="checkbox"/> 2.	miał bardzo ograniczony zasięg występowania.
			<input type="checkbox"/> 3.	jego ewolucja przebiegała bardzo powoli.

28. Określ, które cechy archeopteryksa są charakterystyczne dla współczesnych gadów, a które – dla ptaków.

Cecha	Gromada kręgowców
1. długi, oszczepowaty ogon	<input type="checkbox"/> A. gady / <input type="checkbox"/> B. ptaki
2. długa kość skokowa	<input type="checkbox"/> A. gady / <input type="checkbox"/> B. ptaki
3. niewielki mostek	<input type="checkbox"/> A. gady / <input type="checkbox"/> B. ptaki
4. obojczyki tworzące widełki	<input type="checkbox"/> A. gady / <input type="checkbox"/> B. ptaki
5. stożkowate zęby	<input type="checkbox"/> A. gady / <input type="checkbox"/> B. ptaki

29. Pośrednim dowodem ewolucji jest występowanie narządów homologicznych i analogicznych. Stopień pokrewieństwa organizmów można oszacować, porównując budowę tych narządów.

**Określ, które z przedstawionych przykładów to narządy analogiczne, a które – homologiczne.**

Para narządów	Analogiczne czy homologiczne?
1. skrzydło nietoperza i skrzydło osy	<input type="checkbox"/> A. analogiczne / <input type="checkbox"/> B. homologiczne
2. łodyga nasturcji i kłocze perzu	<input type="checkbox"/> A. analogiczne / <input type="checkbox"/> B. homologiczne
3. kończyna górna człowieka i kończyna górna goryla	<input type="checkbox"/> A. analogiczne / <input type="checkbox"/> B. homologiczne

30. Gatunki należące do bezpośrednich przodków *Homo sapiens* często występowały w tym samym czasie, konkurowały i krzyżowały się ze sobą. Ustalenie dokładnego przebiegu ewolucji człowieka jest skomplikowane, ale badania skamieniałości i analiza artefaktów pozwalają na przybliżone określenie czasów występowania poszczególnych form człowiekowatych.

**Uzereguj wymienione formy człowiekowatych od najmłodszych do najstarszych ewolucyjnie.**

Hominid	Liczba porządkowa
1. <i>Australopithecus afarensis</i>	<input type="checkbox"/> 1. / <input type="checkbox"/> 2. / <input type="checkbox"/> 3. / <input type="checkbox"/> 4. / <input type="checkbox"/> 5.
2. <i>Homo erectus</i>	<input type="checkbox"/> 1. / <input type="checkbox"/> 2. / <input type="checkbox"/> 3. / <input type="checkbox"/> 4. / <input type="checkbox"/> 5.
3. <i>Homo habilis</i>	<input type="checkbox"/> 1. / <input type="checkbox"/> 2. / <input type="checkbox"/> 3. / <input type="checkbox"/> 4. / <input type="checkbox"/> 5.
4. <i>Homo heidelbergensis</i>	<input type="checkbox"/> 1. / <input type="checkbox"/> 2. / <input type="checkbox"/> 3. / <input type="checkbox"/> 4. / <input type="checkbox"/> 5.
5. <i>Homo neanderthalensis</i>	<input type="checkbox"/> 1. / <input type="checkbox"/> 2. / <input type="checkbox"/> 3. / <input type="checkbox"/> 4. / <input type="checkbox"/> 5.

### Informacje do zadań 31–36

U drożdży *Saccharomyces cerevisiae* występują tzw. geny peroksysomalne, które kodują różne białka związane z działaniem peroksysomu. Gen *CTA1* koduje katalazę A, gen *FOX3* koduje tiolazę 3-ketoacylo-CoA, natomiast gen *PEX5* koduje białko receptorowe niezbędne do translokacji białek do wnętrza peroksysomów.

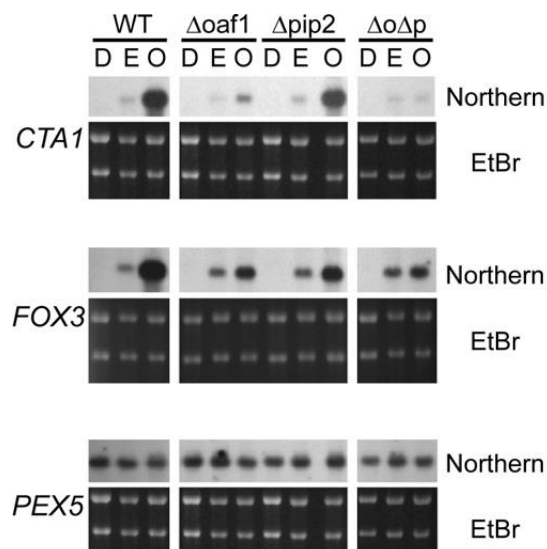
Wiele genów peroksysomalnych znajduje się pod kontrolą promotora, którego aktywność transkrypcyjna jest regulowana przez czynniki transkrypcyjne Oaf1 i Pip2, które aktywują transkrypcję części genów peroksysomalnych, występując w formie heterodimeru Oaf1-Pip2. Wykonano doświadczenie polegające na sprawdzeniu aktywności transkrypcyjnej genów *CTA1*, *FOX3* i *PEX5* w zależności od związku chemicznego stanowiącego jedyne źródło węgla i energii, a także sprawdzono wpływ czynników transkrypcyjnych Oaf1 i Pip2 na transkrypcję genów *CTA1*, *FOX3* i *PEX5*.

Drożdże hodowano na podłożu zawierającym jako jedyne źródło węgla i energii: glukozę (D), etanol (E) albo kwas oleinowy (O). Etanol i kwas oleinowy są tzw. niefermentowanymi źródłami węgla, które wzmagają aktywność metaboliczną peroksysomów.

Przygotowano także następujące szczepy:

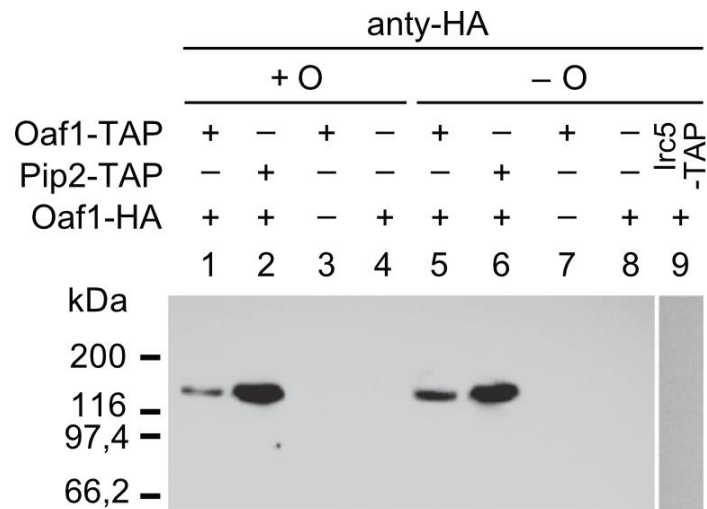
- WT – dziki, w którym występują oba czynniki transkrypcyjne: Oaf1 i Pip2
- $\Delta oaf1$  – mutant pozbawiony genu *OAF1*
- $\Delta pip2$  – mutant pozbawiony genu *PIP2*
- $\Delta o\Delta p$  – podwójny mutant pozbawiony genów *OAF1* i *PIP2*

Po całonocnej hodowli wyizolowano z drożdży całkowity RNA i przeprowadzono elektroforezę w żelu agarozowym. Barwienie bromkiem etydyny (EtBr) pozwoliło uwidocznic RNA występujący w dużych ilościach w komórce – rRNA. Następnie rozdzielony RNA przeniesiono na membranę i wykonano hybrydyzację typu northern w celu sprawdzenia aktywności transkrypcyjnej genów peroksysomalnych. Na poniższym schemacie przedstawiono wynik barwienia RNA oraz wyniki hybrydyzacji typu northern.



Wykonano także inne doświadczenie, którego celem było sprawdzenie, czy jest możliwe utworzenie homodimeru Oaf1-Oaf1. W tym celu stworzono haploidalne szczepy drożdży, które wyrażały czynnik transkrypcyjny Oaf1 w fuzji ze znacznikiem HA (Oaf1-HA) albo ze znacznikiem TAP (Oaf1-TAP), a także – szczep wyrażający czynnik transkrypcyjny Pip2 w fuzji ze znacznikiem TAP (Pip2-TAP). Znacznik TAP oddziałuje z immunoglobulinami klasy IgG.

Drożdże hodowano w obecności kwasu oleinowego (+O) lub przy jego braku (-O), a następnie sporządzono ekstrakty białkowe z komórek drożdży. W próbkach 1, 2, 5 i 6 zmieszano ekstrakty oznaczone na poniższym schemacie znakiem „+”. Ekstrakty lub mieszaniny ekstraktów wprowadzono do probówki z kuleczkami agarozowymi pokrytymi IgG. Te kuleczki wielokrotnie płukano, a następnie przeprowadzono elektroforezę białek związanych z kuleczkami i przeprowadzono hybrydyzację typu western, wykorzystując przeciwciała anty-HA jako pierwszorzędowe.



Próbka 9 zawierała mieszaninę ekstraktów z drożdży wyrażających białko Oaf1-HA oraz białko Irc5 niezwiązane z procesami zachodzącymi w peroksysomach, w fuzji ze znacznikiem TAP.

Na podstawie: J. Trzcńska-Danielewicz i wsp. (2008) Yeast transcription factor Oaf1 [...]. Biochem Biophys Res Comm 374: 763–766.

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

Peroksysom jest otoczony (1) błoną biologiczną. Cechą charakterystyczną tego organellum jest występowanie (2). U ludzi peroksysomy występują przede wszystkim w komórkach (3).

Numer luki	Wyrażenie
1.	<input type="checkbox"/> A. pojedynczą / <input type="checkbox"/> B. podwójną
2.	<input type="checkbox"/> A. katalazy / <input type="checkbox"/> B. peroksysomalnego DNA
3.	<input type="checkbox"/> A. wątroby / <input type="checkbox"/> B. nabłonka żołądka

**32. Określ, które stwierdzenia są prawdziwe, a które – fałszywe.**

Stwierdzenie	Prawda czy fałsz?
1. Czynn timeranskrypcyjny Oaf1 pełni kluczową rolę w aktywacji transkrypcji genu <i>CTA1</i> w obecności kwasu oleinowego.	<input type="checkbox"/> prawda / <input type="checkbox"/> fałsz
2. Gen <i>FOX3</i> jest wyciszony, gdy drożdże przeprowadzają fermentację.	<input type="checkbox"/> prawda / <input type="checkbox"/> fałsz
3. Pozornie stały poziom ekspresji niezależnie od warunków hodowli i dostępności czynników transkrypcyjnych w genie <i>PEX5</i> wynika z różnej ilości materiału RNA w analizowanych próbkach.	<input type="checkbox"/> prawda / <input type="checkbox"/> fałsz

**33. Określ, które stwierdzenia są prawdziwe, a które – fałszywe.**

Stwierdzenie	Prawda czy fałsz?
1. Represja genu <i>CTA1</i> w obecności glukozy wymaga działania heterodimeru Oaf1-Pip2.	<input type="checkbox"/> prawda / <input type="checkbox"/> fałsz
2. Ekspresja genu <i>FOX3</i> w obecności kwasu oleinowego wymaga działania heterodimeru Oaf1-Pip2.	<input type="checkbox"/> prawda / <input type="checkbox"/> fałsz
3. Ekspresja genu <i>PEX5</i> w obecności kwasu oleinowego wymaga działania heterodimeru Oaf1-Pip2.	<input type="checkbox"/> prawda / <input type="checkbox"/> fałsz

**34. Określ, które z poniższych wniosków są uprawnione na podstawie przedstawionych wyników badań.**

Wniosek	Czy wniosek uprawniony?
1. Heterodimer Oaf1-Pip2 występuje <i>in vitro</i> .	<input type="checkbox"/> tak / <input type="checkbox"/> nie
2. Homodimer Oaf1-Oaf1 występuje <i>in vitro</i> .	<input type="checkbox"/> tak / <input type="checkbox"/> nie
3. Homodimer Oaf1-Oaf1 występuje <i>in vivo</i> .	<input type="checkbox"/> tak / <input type="checkbox"/> nie

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

Mieszanina ekstraktów zawierających białka Oaf1-HA i Irc5-TAP stanowiła kontrolę **(1)** w przedstawionym doświadczeniu. Dzięki niej wiadomo, że oddziaływanie Oaf1-HA z białkami ze znacznikiem TAP **(2)** za pośrednictwem znacznika TAP. Próby **(3)** wskazują na to, że Oaf1-HA zidentyfikowany w próbach 1 i 5 występował w kompleksie Oaf1-TAP.

Numer luki	Wyrażenie
1.	<input type="checkbox"/> A. pozytywną / <input type="checkbox"/> B. negatywną
2.	<input type="checkbox"/> A. odbywa się / <input type="checkbox"/> B. nie odbywa się
3.	<input type="checkbox"/> A. nr 3 i 7 / <input type="checkbox"/> B. nr 4 i 8

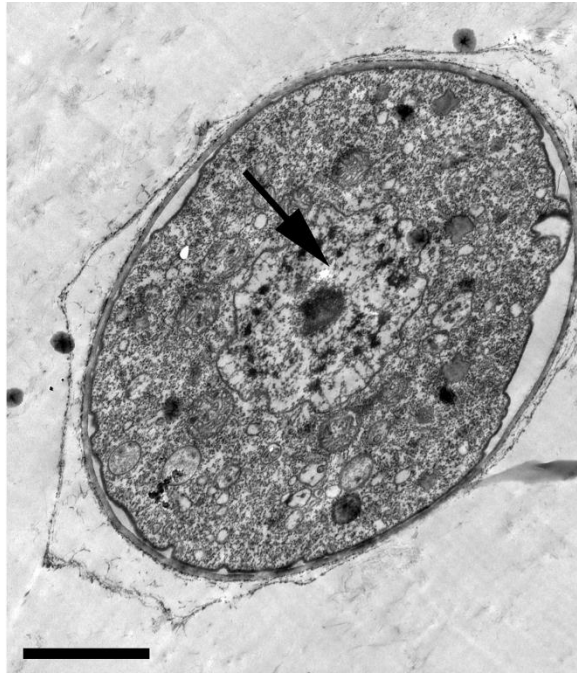
**36. Ile wynosi masa cząsteczkowa heterodimeru Oaf1-Pip2? Wybierz właściwą odpowiedź spośród podanych.**

- A. ok. 60 kDa
- B. ok. 120 kDa
- C. ok. 200 kDa
- D. ok. 240 kDa

### Informacje do zadań 37–40

W 2016 r. w wiecznej zmarzlinie na Półwyspie Gydańskim w rosyjskiej Arktyce odkryto nowy gatunek ameby – *Flamella beringiana*, który pozostawał w stanie kryptobiozy. *F. beringiana* tworzy metabolicznie nieaktywne cysty, które są formą przetrwalną tego pierwotniaka.

Cystę *F. beringiana* przedstawiono na poniższej fotografii. Strzałką oznaczono jądro komórkowe, a skala wynosi 1  $\mu\text{m}$ .



Do określenia czasu, przez który ameba *F. beringiana* pozostawała w kryptobiozie w Arktyce, użyto metody datowania radiowęglowego. Wykorzystuje ona stały stosunek radioaktywnego  $^{14}\text{CO}_2$  w stosunku do nieradioaktywnego  $^{12}\text{CO}_2$ . Organizmy aktywne metabolicznie mają stosunek  $^{14}\text{C}$  do  $^{12}\text{C}$  taki jak w ziemskiej atmosferze, natomiast w organizmach martwych albo pozostających w kryptobiozie  $^{14}\text{C}$  zmienia się w  $^{12}\text{C}$  ze względu na rozpad radioaktywny z okresem połowicznego rozpadu  $T_{1/2}$  wynoszącym 5730 lat.

Między okresem połowicznego rozpadu  $T_{1/2}$  a stałą rozpadu  $\lambda$  zachodzi zależność:  $\lambda = \frac{\ln 2}{T_{1/2}}$

Rozpad promieniotwórczy pierwiastków następuje zgodnie ze wzorem:  $N = N_0 e^{-\lambda t}$ , gdzie:  $N_0$  to ilość pierwiastka w czasie  $t = 0$ ,  $N$  to ilość pierwiastka pozostałego po czasie  $t$ , a stała  $e$  to liczba Eulera równa w przybliżeniu 2,72.

Czas od śmierci albo czas trwania kryptobiozy można więc obliczyć na podstawie wzoru:

$$t = \ln\left(\frac{N_0}{N}\right) \times 8267$$

Tabela wartości logarytmu naturalnego					
$\ln 1 = 0,0$	$\ln 4 = 1,4$	$\ln 7 = 1,9$	$\ln 10 = 2,3$	$\ln 40 = 3,7$	$\ln 200 = 5,3$
$\ln 2 = 0,7$	$\ln 5 = 1,6$	$\ln 8 = 2,1$	$\ln 20 = 3,0$	$\ln 50 = 3,9$	$\ln 220 = 5,4$
$\ln 3 = 1,1$	$\ln 6 = 1,8$	$\ln 9 = 2,2$	$\ln 30 = 3,4$	$\ln 99 = 4,6$	$\ln 250 = 5,5$

Na podstawie: L. Shmakova i wsp. (2016) Viable Species of *Flamella* (Amoebozoa: Varioseae) Isolated from Ancient Arctic Permafrost Sediments. *Protist* 167: 13–30.

S. Malavin i wsp. (2020) Frozen Zoo: a collection of permafrost samples containing viable protists and their viruses. *Biodiversity Data Journal* 8: e51586

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

Stwierdzenie	Prawda czy fałsz?
1. Cytoplazma całkowicie wypełnia cystę.	<input type="checkbox"/> prawda / <input type="checkbox"/> fałsz
2. W centralnej części jądra komórkowego jest widoczne jąderko.	<input type="checkbox"/> prawda / <input type="checkbox"/> fałsz
3. Na fotografii są widoczne mitochondria oraz chloroplasty.	<input type="checkbox"/> prawda / <input type="checkbox"/> fałsz

38. W próbce rośliny wydobytej z tej samej warstwy wiecznej zmarzliny, co ameba *F. beringiana* stwierdzono 2,5% izotopu  $^{14}\text{C}$  w stosunku do jego ilości w atmosferze Ziemi.

Podaj wartość  $\ln\left(\frac{N_0}{N}\right)$  z dokładnością do jednego miejsca po przecinku.

.....

39. Podaj czas z dokładnością do tysiąca lat, przez który ameba *F. beringiana* z arktycznej wiecznej zmarzliny pozostawała w stanie kryptobiozy.

.....

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

W czasie trwania kryptobiozy ameba *F. beringiana* (1). Było to spowodowane tym, że w stanie kryptobiozy materiał genetyczny (2) replikowany.

Numer luki	Wyrażenie
1.	<input type="checkbox"/> A. ewoluowała / <input type="checkbox"/> B. nie ewoluowała
2.	<input type="checkbox"/> A. był / <input type="checkbox"/> B. nie był

#### 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.