

Feromony – percepcja i znaczenie biologiczne

- [Wprowadzenie](#)
- [Przeczytaj](#)
- [Audiobook](#)
- [Sprawdź się](#)
- [Dla nauczyciela](#)



Feromony – percepcja i znaczenie biologiczne

Aby mogło dojść do „semiochemicznej komunikacji” pomiędzy organizmami, feromony muszą dotrzeć do swoistych receptorów znajdujących się na powierzchni komórek odbiorcy. U owadów odbywa się to za pośrednictwem włosków olfaktorycznych występujących na powierzchni czułek.

Źródło: Richard Bartz, Wikimedia Commons, licencja: CC BY-SA 2.5.

Zwierzęta komunikują się w różny sposób. Jedną z form komunikacji są związki chemiczne – feromony. Zwierzęta wydzielają je w celu zainicjowania u innych osobników określonych reakcji fizjologicznych lub behawioralnych. Ten typ porozumiewania się nazywany jest **komunikacją chemiczną**.

Twoje cele

- Wyjaśnisz, czym są feromony.
- Określisz mechanizm działania feromonów i ich związków.
- Skategoryzujesz feromony.

Przeczytaj

Feromony (gr. *pherein* – przekazywać, *hormon* – pobudzać) to grupa związków chemicznych produkowanych i wydzielanych przez zwierzęta w celu zainicjowania określonych reakcji fizjologicznych lub behawioralnych u innych osobników, przeważnie tego samego gatunku. Tylko nieliczne feromony oddziałują międzygatunkowo.

Substancje zaliczane do feromonów uwalniane są wraz z wydzielinami gruczołów skórnych, śliną, moczem i kałem. Zależnie od struktury chemicznej związku feromony docierają do innych osobników wraz z powietrzem, wodą lub w wyniku bezpośredniego kontaktu. Zasięg i szybkość rozprzestrzeniania się tych związków są różne i zależą od pełnionej funkcji. Znane są feromony, których zasięg działania jest stosunkowo niewielki, oraz takie, które oddziałują nawet w promieniu kilkunastu kilometrów, np. wydzielany przez samice jedwabnika morwowego (*Bombyx mori*) **bombykol** może zwabić samce z odległości ponad 11 km. Różny jest także czas aktywności związków feromonowych. Substancje mające na celu przekazanie informacji o potencjalnym zagrożeniu (tzw. **feromony alarmowe**) wykazują silne, ale krótkotrwałe działanie.

Percepcja feromonów

Komunikacja wewnątrzgatunkowa przebiegająca za pośrednictwem feromonów jest możliwa dzięki ich oddziaływaniu na **receptory**. U owadów narządem biorącym udział w odbiorze bodźców feromonowych są obecne na czułkach **włoski olfaktoryczne**. Feromony zaadsorbowane na ich powierzchni dyfundują, czyli samorzutnie przenikają do ich wnętrza. Następnie ulegają rozpuszczeniu w znajdującym się tu płynie, a potem docierają do receptorów, wywołując określoną reakcję fizjologiczną lub behawioralną.



Na czułkach osy (*Ectemnius lapidarius*) znajdują się włoski olfaktoryczne. Zaadsorbowane na ich powierzchni feromony dyfundują do wnętrza organizmu owada, gdzie ulegają rozpuszczeniu w znajdującym się tam płynie i w takiej postaci docierają do receptorów. Komórki receptorowe przekształcają sygnał chemiczny w impulsy elektryczne, które są przekazywane neuronami do płata antenowego będącego centrum nerwowym owada.
Źródło: Richard Bartz, Wikimedia commons, licencja: CC BY-SA 2.5.

U kręgowców za odbiór feromonów odpowiada narząd Jacobsona (narząd przylemieszowy, VNO), umiejscowiony po obu stronach przegrody nosowej. Jamę tego narządu wyścięła nabłonek zmysłowy zawierający **komórki receptorowe, podporowe i podstawne**. Funkcję receptorów pełnią neurony czuciowe. Ich wystające ponad powierzchnię nabłonka dendryty zakończone pęcherzykiem z rzęskami zdolne są do detekcji związków feromonowych. Aksony neuronów czuciowych przekazują powstałe na skutek działania feromonu pobudzenie dalej – do **opuszki węchowej** oraz struktur układu limbicznego, odpowiedzialnych za świadomą lub nieświadomą reakcję na ten bodziec.

Narząd Jacobsona jest dobrze rozwinięty u większości ssaków (szczególnie u zwierząt drapieżnych i przeżuwaczy). Narząd ten występuje również u ludzi w stadium embrionalnym; jego funkcja zanika wraz z dorastaniem.

Poza ssakami narząd Jacobsona mają płazy i większość gadów (oprócz żółwi), u których jest on głównym narządem powonienia. Ptaki i ryby nie posiadają narządu przylemieszowo-nosowego. Za zmysł węchu u ryb odpowiadają nozdrza ulokowane na pysku. Z kolei u ptaków komunikacja chemiczna nie odgrywa istotnej roli, stąd też brak u nich narządu Jacobsona.



U kota domowego (*Felis catus*) wejście do kanału prowadzącego do narządu Jacobsona znajduje się na podniebieniu, tuż za górnymi siekaczami.

Źródło: P. Fernandes, Wikimedia commons, licencja: CC BY 3.0.



Charakterystyczny gest (tzw. flehmen) unoszenia i wywijania górnej wargi przez konia (*Equus caballus*) ma na celu wyłapanie substancji zapachowych przez narząd Jacobsona.

Źródło: Waugsberg, Wikimedia commons, licencja: CC BY-SA 3.0.

Klasyfikacja feromonów

Feromony dzielimy według różnych kryteriów.

Na podstawie funkcji biologicznych tych związków wyodrębniono feromony płciowe, dyskryminujące, ścieżkowe, znakujące, odstraszające, alarmowe i agregacyjne.

Płciowe
Pomagają w wabieniu i wyborze partnera seksualnego, synchronizacji rui, a także w opiece nad potomstwem. Mogą także przyspieszać lub opóźniać dojrzewanie płciowe.
Dyskryminujące
Ścieżkowe
Znakujące
Odstraszające
Alarmowe
Agregacyjne

W innej klasyfikacji feromonów, opartej na typie reakcji osobnika i na czasie potrzebnym do jej zainicjowania, wyodrębniono tylko dwie grupy feromonów: sygnalizujące i modyfikujące.

- **sygnalizujące** (wywoławcze) – powodują natychmiastową reakcję behawioralną. Do tej grupy należą np. feromony ścieżkowe;
- **modyfikujące** (inicjujące) – wywołują reakcję fizjologiczną z pewnym opóźnieniem. Przykładowo, dzięki feromonom tego typu młody osobnik uczy się rozpoznawać rodziców.

Po uwzględnieniu właściwości fizycznych i sposobu rozprzestrzeniania się feromonów podzielono je również na: lotne, kontaktowe i płynne.

- **lotne** – służą do szybkiego przekazywania informacji, ponieważ szybko ulegają rozproszeniu;
- **kontaktowe** – służą do przekazywania informacji w wyniku bezpośredniego kontaktu;
- **płynne** – feromony organizmów wodnych.

Ciekawostka

Aż do lat 90. XX wieku uważano, że feromony są głównie substancjami jednoskładnikowymi. Założenie to wynikało z niedoskonałości metod w początkowym okresie badań nad feromonami – wykrycie składników występujących w znacznie niższych stężeniach niż główny składnik nie było wówczas możliwe.

Obecnie wiadomo, że większość feromonów jest mieszaniną wielu składników, z których jeden ma szczególne znaczenie, decydujące o rodzaju oddziaływania mieszaniny.

Przykładowo, psy są w stanie wyczuć stan rui u suk, ale – dzięki osobniczym domieszkom feromonów, odmiennych dla każdego zwierzęcia – mogą też rozpoznać konkretną sukę. Świadczy to o tym, że substancje wydzielane przez poszczególne zwierzęta są niepowtarzalne, choć wykazują cechy wspólne charakterystyczne dla danego gatunku.

U ludzi wykrywanie feromonów jest bardzo trudne z uwagi na ich niskie stężenie oraz brak specyficznych testów potwierdzających ich istnienie i działanie. Co więcej, przedmiotem badań nad feromonami powinny być osoby pozbawione węchu, ponieważ działanie feromonu powinno być ukierunkowane na odbiór przez narząd Jacobsona, a nie główny narząd węchowy.

Badania nad feromonami u ludzi wykazały m.in. istnienie męskiego androstadienonu i żeńskiego estratetraenolu, ale ich działanie nie zostało w pełni wyjaśnione. Ponadto narząd Jacobsona u ludzi jest najlepiej rozwinięty u noworodków, a wraz z wiekiem zanika. U części osób dorosłych nie stwierdza się go w ogóle, a u pozostałych występuje jedynie w szczątkowej formie. Niemowlęta reagują na zapach i związki feromonowe matki, co służy rozpoznawaniu jej (noworodki słabo widzą) i utrzymywaniu z nią silnej więzi. Same też wytwarzają feromony, co zapewne stanowi ewolucyjne przystosowanie mające na celu skłonienie dorosłych do opieki nad całkowicie bezradnym potomstwem.

Znaczenie biologiczne

Związki chemiczne zaliczane do feromonów regulują aktywność rozrodczą, umożliwiają identyfikację płci (warunkując dobór płciowy), ułatwiają opiekę nad potomstwem, określają hierarchię społeczną w populacji, informują inne osobniki o potencjalnym zagrożeniu oraz umożliwiają orientację w terenie. W przypadku zwierząt bytujących w środowisku wodnym (np. ryb) uwalniane przez nie związki feromonowe umożliwiają synchronizację tarła oraz odpowiadają za regulację zachowań migracyjnych.

Słownik

narząd Jacobsona

inaczej narząd przylemieszowy (ang. *vomer nasal organ* – VMO); dodatkowy narząd zmysłu powonienia, występujący u niektórych zwierząt kręgowych

receptor

wyspecjalizowana komórka (lub fragment dendrytu neuronu czuciowego) zdolna do odbioru ściśle określonych bodźców docierających zarówno ze środowiska zewnętrznego, jak i wewnętrznego

włoski olfaktoryczne

specjalne struktury występujące na czułkach owadów; na ich powierzchni adsorbowane są feromony

Audiobook można wysłuchać pod adresem: <https://zpe.gov.pl/b/PESYQkhul>

Feromony: percepcja i znaczenie biologiczne

Organizmy komunikują się ze sobą na wiele sposobów. Jednym z nich jest wydzielanie do środowiska różnych cząstek sygnałowych. Takimi substancjami są między innymi feromony: małe, bezzapachowe cząsteczki chemiczne odbierane przez inne osobniki tego samego gatunku. Produkowane są głównie przez zwierzęta, choć tę formę porozumiewania się zaobserwowano również u grzybów i roślin.

Nazwa "feromon" powstała z połączenia dwóch greckich słów: "pherein", czyli "przekazywać", oraz "hormon", czyli "pobudzać". W odróżnieniu od typowych hormonów feromony wydzielane są na zewnątrz organizmu. Służą do komunikacji z innymi osobnikami i nie pełnią żadnych funkcji wewnątrz ciała.

Czym są feromony pod względem biochemicznym?

Feromony to nie jeden rodzaj substancji chemicznej, ale mieszanina wielu związków organicznych, zarówno lotnych, płynnych, jak i stałych. Składają się między innymi z estrów, kwasów karboksylowych, aldehydów, alkoholi, ketokwasów, fenoli, węglowodorów aromatycznych czy alifatycznych. Charakterystyczny dla feromonów jest ich zmienny skład. Zależy od rodzaju przekazywanej informacji, przynależności do określonej populacji czy kolonii, a nawet pory dnia czy roku. Za odbiór sygnału feromonowego odpowiedzialne są receptory, w które wyposażone są komórki osobników tego samego gatunku.

Feromony podzielono – ze względu na ich funkcje – na około 30 grup. Do najbardziej znanych zalicza się feromony płciowe, agregacyjne, ścieżkowe, alarmowe, odstraszające, znakujące i dyskryminujące. Niektóre mogą pełnić kilka funkcji jednocześnie.

Feromony płciowe to jedna z najlepiej opisanych grup tych związków. Odgrywają dużą rolę w zachowaniach rozrodczych zwierząt: wabią odpowiedniego partnera, wspomagają nawiązanie relacji między osobnikami, kierują przebiegiem kopulacji. Feromony płciowe zaliczane są do substancji zwanych womeroferynami.

Zasięg recepcji feromonów płciowych może być bardzo duży. Niektóre gatunki ćmy, na przykład jedwabniki, są zdolne do zwabienia partnera nawet z odległości 11 km! Wiele

samic ssaków podczas owulacji intensywnie wydziela te związki, sygnalizując samcom gotowość do zapłodnienia. Samiec myszy produkuje substancje, które powodują synchronizację cykli rozrodczych samic. Zjawisko to obserwuje się także u kobiet, które długo ze sobą przebywają.

Na regulację procesów rozrodczych mają również wpływ feromony agregacyjne, których wydzielanie służy skupieniu się osobników danego gatunku w określonym miejscu. Ich zadaniem jest nie tylko wabienie partnerów do rozrodu. Sprzyjają one także ekspansji kolonii w nowym – bardziej atrakcyjnym – miejscu lub informują inne osobniki na przykład o pobliskim obfitym źródle pokarmu. Cechą charakterystyczną tych związków jest stosunkowo długa, nawet kilkunastogodzinna, trwałość w środowisku.

Do kolejnej grupy związków sygnalizacyjnych zalicza się feromony ścieżkowe. Odgrywają one istotną rolę u osobników żyjących w koloniach czy wspólnotach, na przykład u mrówek, termitów, gąsienic i niektórych gatunków pszczoł. Ścieżki wyznaczone przez te feromony prowadzą do źródła pokarmu lub miejsca założenia kolonii.

Feromony alarmowe są wydzielane w przypadku zagrożenia kolonii czy gniazda. Wywołują one całą gamę zachowań u odbiorców. Reakcją na feromon alarmowy może być ucieczka, bezruch, szukanie schronienia, a także agresja. Produkowane są na przykład w skórze niektórych ryb, takich jak sum czy strzebla potokowa, na skutek zranienia. Wydzielenie tej substancji do wody powoduje reakcję obronną u innych osobników gatunku – wzrost czujności, skupienie się w ławice oraz szukanie kryjówki.

Feromony odstraszające zniechęcają inne osobniki do przebywania na danym terenie i przekazują im "komunikat", by trzymały się z daleka.

Z kolei feromony znakujące są istotne dla ograniczenia konkurencji wewnątrzgatunkowej. Ich główną funkcją jest zatrzymanie innych osobników danego gatunku bądź innych populacji w określonej odległości. To sygnał: "ten teren jest już zajęty, szukaj innego siedliska".

Feromony dyskryminujące są produkowane przez owady społeczne, takie jak pszczoły i mrówki. Regulują kastowy podział osobników już we wczesnej fazie ich rozwoju, co jest istotne dla formowania się prawidłowej struktury populacji. U pszczoł funkcję feromonów tego typu pełnią mieszaniny ośmio- i dziesięciowęglowych kwasów karboksylowych. Feromony te, będące dodatkiem do pożywienia larw, powstrzymują ich rozwój w kierunku królowej. Sama królowa produkuje tak zwany szczękowy

feromon królowej, który wymusza posłuszeństwo innych pszczół i hamuje ich zdolność do reprodukcji.

Omawiając feromony, warto zaznaczyć, że coraz częściej spotyka się ten termin również w odniesieniu do komunikacji innych organizmów: bakterii, protistów, grzybów, a nawet niektórych gatunków roślin. Skład chemiczny i percepcja tych feromonów są oczywiście inne – można jednak założyć, że ten sposób komunikacji jest powszechny w świecie istot żywych. Ze względu na trudności badawcze, na przykład brak odpowiednich testów wykrywających feromony czy ich niskie stężenie w środowisku, wiedza na ten temat jest jeszcze stosunkowo niewielka.

Źródło: Englishsquare.pl Sp. z o. o., licencja: CC BY-SA 3.0.

Polecenie 1

Posłuchaj audiobooka i wyjaśnij, z czego wynika tak duża różnorodność feromonów.

Polecenie 2

Porównaj trzy rodzaje feromonów i opisz ich działanie.

Sprawdź się

Pokaż ćwiczenia:   

Ćwiczenie 1



Dokończ poniższy tekst.

Feromony można podzielić na podstawie czasu, w jakim wywołują daną reakcję – mogą to robić natychmiastowo lub nieco wolniej. Związki, które powodują u zwierząt natychmiastową reakcję behawioralną, to...

☐ feromony inicjujące.

☐ feromony wywoławcze.

Ćwiczenie 2



Feromony można podzielić pod względem sposobu rozprzestrzeniania się i właściwości fizycznych. Na tej podstawie wydzielono trzy grupy feromonów. Wskaż ich nazwy, wybierając trzy odpowiedzi spośród podanych poniżej.

☐ Feromony kontaktowe

☐ Feromony długo aktywne

☐ Feromony lotne

☐ Feromony stałe

☐ Feromony płynne

Ćwiczenie 3



Feromony to produkowane i wydzielane przez organizmy związki indukujące pewne zachowania lub reakcje fizjologiczne u innych osobników. Każdy rodzaj feromonów cechuje wywoływanie określonych reakcji i pełnienie określonych funkcji. Przyporządkuj definicje poszczególnych rodzajów feromonów ich nazwom.

Feromony dyskryminujące

Pomagają zwierzętom w wabieniu i wyborze partnera seksualnego, synchronizacji rui, a także w opiece nad potomstwem

Feromony płciowe

Odpowiadają za hierarchię w społecznościach owadów

Feromony odstraszające

Służą do przekazywania informacji o zagrożeniu

Feromony ścieżkowe

„Zniechęcają” inne osobniki do przebywania na danym terenie

Feromony alarmowe

Wyznaczają trasy przemieszczania się dla zwierząt tworzących wspólnoty (np. mrówek, pszczoł)

Feromony znakujące

Powodują gromadzenie się przedstawicieli jednego gatunku w miejscu, w którym są wydzielane

Feromony agregacyjne

Odpowiadają za znakowanie terytorium, obiektu czy drogi

Ćwiczenie 4



U szereguj w odpowiedniej kolejności etapy percepcji feromonów przez owady.

Dotarcie feromonów do receptorów



Adsorpcja feromonów na włoskach olfaktorycznych



Wywołanie określonej reakcji fizjologicznej lub behawioralnej



Rozpuszczenie feromonów w znajdującym się tam płynie



Dyfuzja feromonów do wnętrza ciała owada



Ćwiczenie 5



Określ, czy poniższy tekst jest prawdziwy.

Jama narządu Jacobsona wyściełana jest nabłonkiem zmysłowym zawierającym komórki receptorowe, przekaźnikowe i podstawne. Funkcję receptorów pełnią neurony czuciowe. Ich wystające nad powierzchnię nabłonka dendryty zdolne są do detekcji związków feromonowych. Następnie aksony neuronów efektorowych przekazują sygnał pobudzenia do opuszki węchowej oraz struktur układu limbicznego, odpowiedzialnych za nieświadomą reakcję na ten bodziec.

☐ Nie

☐ Tak

Ćwiczenie 6



Spośród podanych grup kręgowców wskaż te, których wszyscy przedstawiciele mają narząd Jacobsona, te, w których mają go tylko niektórzy przedstawiciele, oraz te, w których jest on nieobecny.

Wszyscy przedstawiciele:

Niektórzy przedstawiciele:

Nieobecny:

Ćwiczenie 7



„Od kilkudziesięciu lat trwają próby wykorzystania feromonów w walce z owadami. Zastąpienie insektycydów feromonami pozwala uniknąć szeregu zagrożeń, które niesie ze sobą stosowanie chemicznych środków owadobójczych. Przede wszystkim działanie feromonu ogranicza się zazwyczaj do jednego konkretnego gatunku, nie wywołuje reakcji u pozostałych owadów, a zwierzęta nie uodparniają się na feromony. Poza tym, stosowanie feromonów jest tańsze niż wykorzystanie insektycydów i nie powoduje zanieczyszczania środowiska. Do odłowu owadów służą tzw. pułapki feromonowe. Jako wabiki stosuje się w nich przeważnie syntetyczne feromony płciowe bądź agregacyjne, w stężeniach większych niż te spotykane w naturze.”

Źródło: Monika M. Antkiewicz, Anna Dziurdzia, Alicja Sochaj, Maria Mika, *Feromony - unikalny język świata przyrody*, „Kosmos” 2008, nr 57, s. 127-134.

Na podstawie powyższego tekstu wyjaśnij mechanizm działania pułapek feromonowych na owady.

Ćwiczenie 8



Wyjaśnij, dlaczego feromony alarmowe mają bardzo intensywne i krótkie działanie.

Dla nauczyciela

Autor: Anna Juwan

Przedmiot: Biologia

Temat: Feromony – percepcja i znaczenie biologiczne

Grupa docelowa: uczniowie III etapu edukacyjnego – kształcenie w zakresie podstawowym i rozszerzonym

Podstawa programowa:

Zakres rozszerzony

Treści nauczania – wymagania szczegółowe

XI. Funkcjonowanie zwierząt.

2. Porównanie poszczególnych czynności życiowych zwierząt, z uwzględnieniem struktur odpowiedzialnych za ich przeprowadzanie.

6) Regulacja nerwowa. Uczeń:

l) przedstawia budowę i rolę zmysłu smaku i węchu,

Kształtowane kompetencje kluczowe:

- kompetencje cyfrowe;
- kompetencje osobiste, społeczne i w zakresie umiejętności uczenia się;
- kompetencje matematyczne oraz kompetencje w zakresie nauk przyrodniczych, technologii i inżynierii.

Cele operacyjne (językiem ucznia):

- Wyjaśnisz, czym są feromony.
- Określisz mechanizm działania feromonów i ich związków.
- Skategoryzujesz feromony.

Strategie nauczania:

- konstruktywizm;
- konektywizm.

Metody i techniki nauczania:

- z użyciem komputera;

- ćwiczenia interaktywne;
- praca z audiobookiem;
- mapa myśli;
- śniegowa kula.

Formy pracy:

- praca indywidualna;
- praca w parach;
- praca w grupach;
- praca całego zespołu klasowego.

Środki dydaktyczne:

- komputery z głośnikami, słuchawkami i dostępem do internetu;
- zasoby multimedialne zawarte w e-materiale;
- tablica interaktywna/tablica, pisak/kreda.

Przed lekcją:

1. Uczniowie zapoznają się z treścią w sekcji „Przeczytaj”.

Przebieg lekcji

Faza wstępna:

1. Nauczyciel wyświetla na tablicy temat lekcji oraz cele zajęć, omawiając lub ustalając razem z uczniami kryteria sukcesu.
2. **Wprowadzenie do tematu.** Nauczyciel zadaje uczniom pytanie:
Czym są feromony?
Wybrana osoba wszystkie odpowiedzi zapisuje na tablicy.

Faza realizacyjna:

1. **Praca z multimedium („Audiobook”).** Uczniowie zapoznają się z audiobookiem udostępnionym przez nauczyciela. Następnie wykonują w parach mapę myśli przedstawiającą podział feromonów według różnych kryteriów, wraz z przykładami każdego rodzaju tych związków.
2. **Kula śniegowa.** Nauczyciel informuje uczniów, że będą pracować metodą kuli śniegowej, poszukując w udostępnionym e-materiale odpowiedzi na następujące pytania:
 - Na czym polega mechanizm działania związków feromonowych?
 - Jakie jest znaczenie biologiczne chemicznej komunikacji wewnątrzgatunkowej odbywającej się za pośrednictwem feromonów?
 - Dlaczego feromony alarmowe mają bardzo intensywne i krótkie działanie?

– Z czego wynika tak duża różnorodność feromonów?

Nauczyciel objaśnia wspomnianą wyżej metodę i wynikające z niej kolejne etapy pracy:

- 1) najpierw uczniowie będą indywidualnie opracowywać odpowiedzi na zadane pytania;
- 2) potem połączą się w pary i porównają swoje propozycje, a na osobnej kartce zapiszą wspólne odpowiedzi;
- 3) kolejnym krokiem będzie połączenie się par w czwórki, które – jak poprzednio – skonfrontują swoje odpowiedzi;
- 4) uczniowie utworzą 8-osobowe zespoły i znów porównają swoje propozycje;
- 5) przedstawiciele poszczególnych zespołów 8-osobowych zaprezentują na forum klasy uzgodnione w grupie odpowiedzi.

- 3. Utrwalenie wiedzy i umiejętności.** Uczniowie rozwiązują samodzielnie ćwiczenie nr 6 („Spośród podanych grup kręgowców wskaż te, których wszyscy przedstawiciele mają narząd Jacobsona, te, w których mają go tylko niektórzy przedstawiciele, oraz te, w których jest on nieobecny”) z sekcji „Sprawdź się”. Po ustalonym czasie wybrani uczniowie przedstawiają odpowiedzi, a reszta klasy ustosunkowuje się do nich. Nauczyciel w razie potrzeby koryguje odpowiedzi, dopowiada istotne informacje.

Faza podsumowująca:

1. Uczniowie wykonują ćwiczenie nr 3 (polegające na przyporządkowaniu definicji do nazw poszczególnych rodzajów feromonów) z sekcji „Sprawdź się”. Chętne osoby prezentują swoją odpowiedź.
2. Uczniowie odpowiadają na pytania sformułowane we wstępnej fazie lekcji.

Praca domowa:

1. Wykonaj ćwiczenia 1, 2, 4, 5, 7 i 8 z sekcji „Sprawdź się”.

Materiały pomocnicze:

- Jane B. Reece i in., „Biologia Campbella”, tłum. K. Stobrawa i in., Dom Wydawniczy REBIS, Poznań 2021.
- „Encyklopedia szkolna. Biologia”, red. Marta Stęplewska, Robert Mitoraj, Wydawnictwo Zielona Sowa, Kraków 2006.

Dodatkowe wskazówki metodyczne:

- Uczniowie mogą wykorzystać multimedium z sekcji „Audiobook” w celu przygotowania się do lekcji powtórkowej.