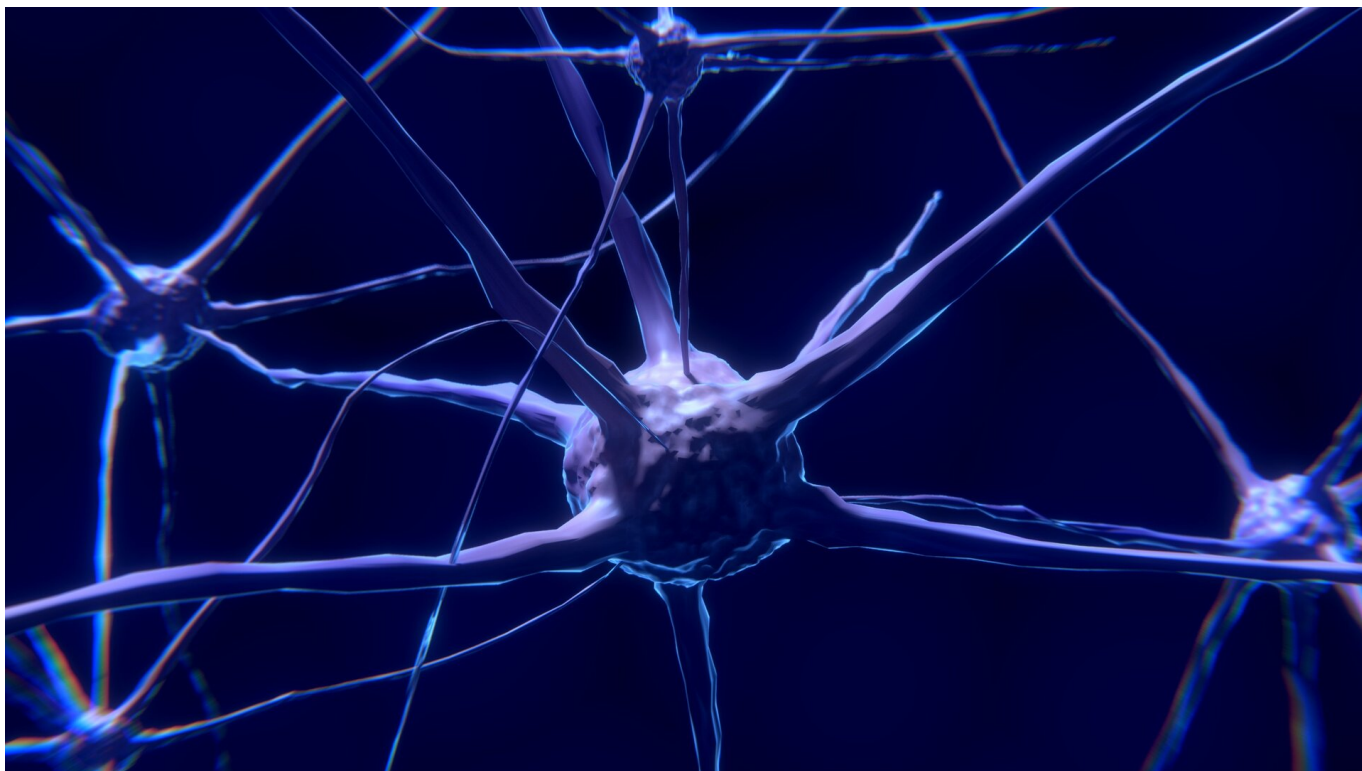
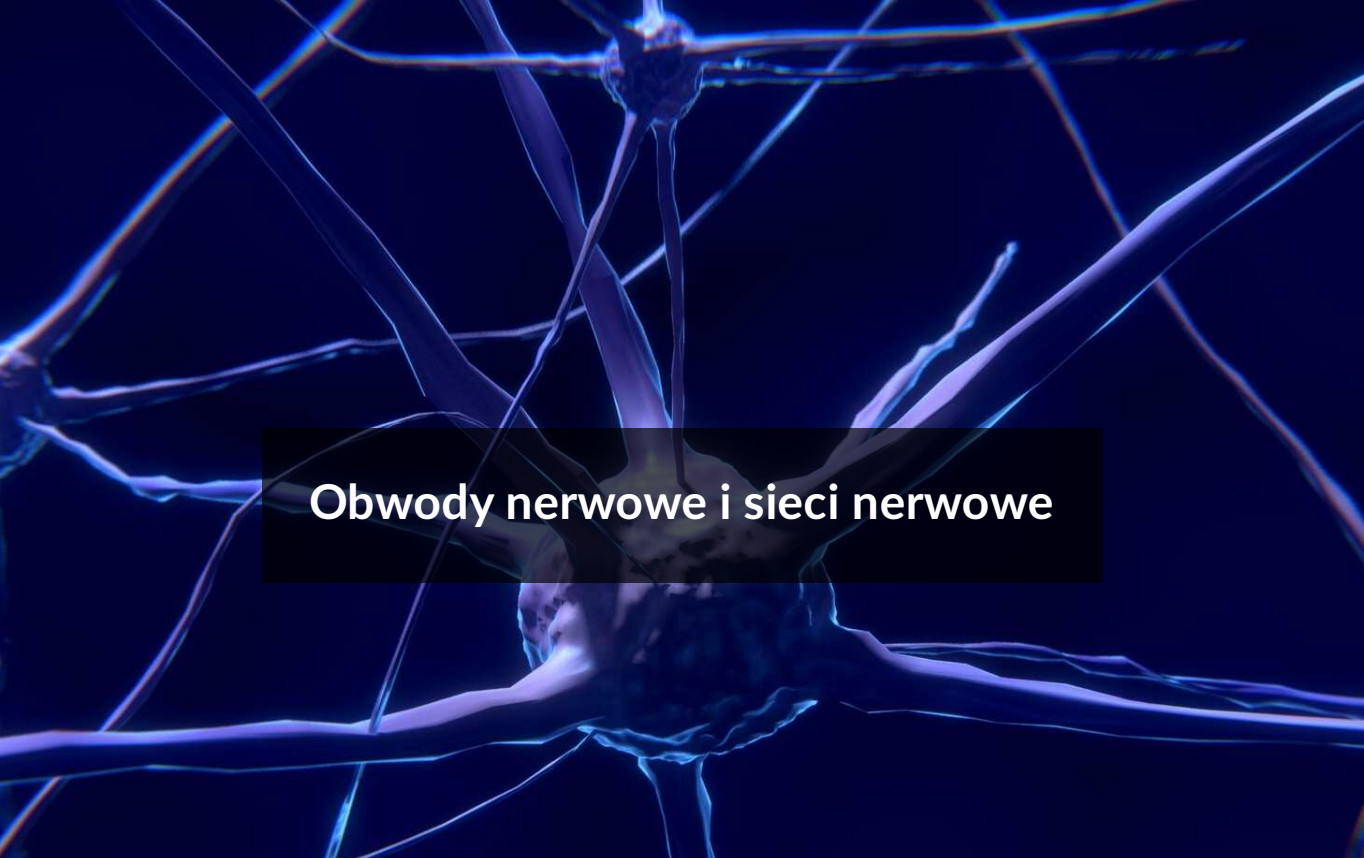




Obwody nerwowe i sieci nerwowe

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



Obwody nerwowe i sieci nerwowe

Komórki nerwowe (neurony) są częścią większych struktur. W wyniku wzajemnych powiązań tworzą obwody i sieci nerwowe.

Źródło: Pixabay, domena publiczna.

Nasz układ nerwowy tworzy ok. 150 miliardów komórek nerwowych. Funkcjonujemy dzięki ciągłym interakcjom między nimi. Interakcje te polegają na tworzeniu połączeń synaptycznych. Najprostszy, teoretyczny obwód nerwowy tworzą dwa neurony połączone synaptycznie: czuciowy i ruchowy. W odpowiedzi na bodziec zewnętrzny neuron czuciowy generuje potencjał czynnościowy, przekazując sygnał komórce ruchowej. Ta generuje własny sygnał do komórki mięśniowej. Zbiór obwodów tworzy sieć nerwową. Sieć taka umożliwia powstanie automatycznej reakcji ruchowej organizmu pod wpływem stymulacji dotykowej.

Twoje cele

- Poznasz działanie łuku odruchowego odpowiedzialnego za odruch cofania ręki.
- Dowiesz się, jak działa mechanizm pobudzenia i hamowania presynaptycznego.
- Scharakteryzujesz zjawiska konwergencji i dywergencji w układzie nerwowym.
- Określisz, jakie jest znaczenie obwodów rewerberacyjnych w procesach pamięciowych.

Przeczytaj

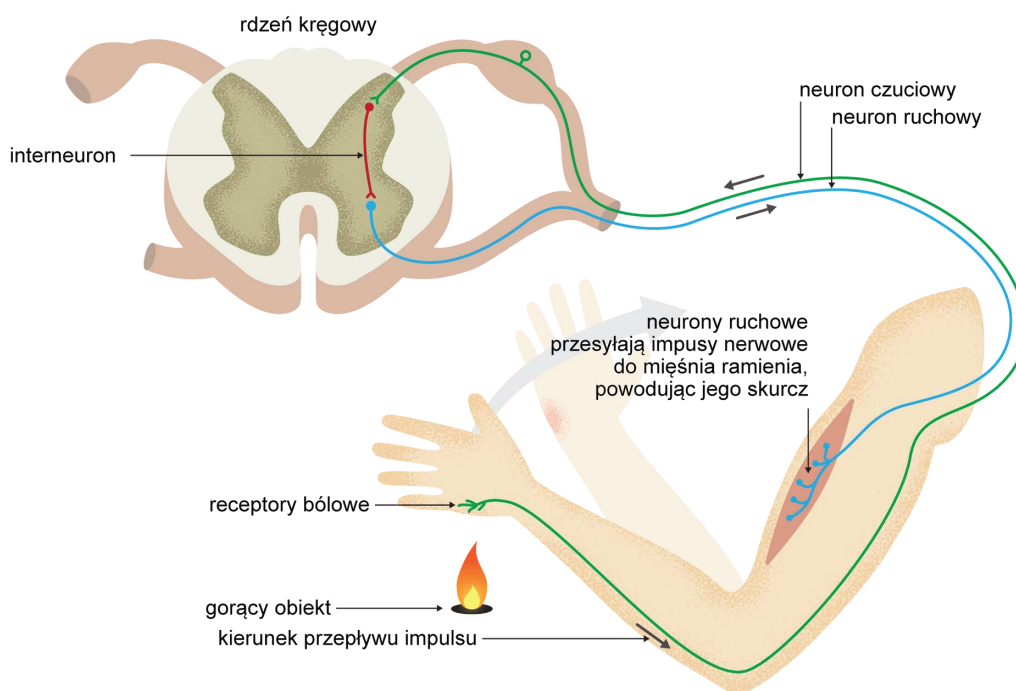
Do podstawowych zadań ośrodkowego układu nerwowego należą: odbiór informacji (bodźców) ze środowiska zewnętrznego i wewnętrznego organizmu, analiza tych informacji oraz generowanie adekwatnej odpowiedzi (reakcji) organizmu. Analiza informacji docierających do układu nerwowego zachodzi w szerokich grupach połączonych ze sobą synaptycznie neuronów zwanych obwodami lub sieciami nerwowymi. Charakteryzują się one odmienną budową, poziomem złożoności oraz funkcjami.

Dla zainteresowanych

Więcej informacji na temat organizacji układu nerwowego u różnych gromad zwierząt znajdziesz w e-materiałach pt. [Typy układów nerwowych zwierząt bezkręgowych](#) oraz [Ogólny plan budowy układu nerwowego kręgowców](#).

Proste łuki odruchowe jako przykład sieci neuronalnych

Odruch to mimowolna reakcja organizmu na bodziec. Umożliwia ją tzw. łuk odruchowy, czyli droga, jaką przebywa impuls nerwowy od receptora do efektor. Przykładem najprostszej reakcji jest łuk odruchowy, który kontroluje reakcję cofania ręki.



Schemat działania łuku odruchowego w reakcji na kontakt dłoni z ogniem.

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

W tym przypadku neuron czuciowy przekazuje informację o bodźcu bólowym (np. dotknięciu dłonią otwartego ognia albo gorącej powierzchni) do ośrodka zlokalizowanego w rdzeniu kręgowym. Tutaj następuje analiza informacji płynących z receptorów bólowych, co prowadzi do pobudzenia dwóch grup **interneuronów**.

Interneurony pobudzające aktywują neurony ruchowe, których aksony unerwiają mięśnie zginaczy kończyny. Natomiast **interneurony hamujące** blokują działanie neuronów ruchowych, których aksony biegną do mięśni prostowników. W efekcie dochodzi do skurczu mięśni zginaczy i równoczesnego rozluźnienia mięśni prostowników, co wywołuje gwałtowne cofnięcie kończyny.

Synapsy akso-aksonalne

Aby zrozumieć poruszane w tym materiale zagadnienia, przypomnij sobie:

informacje o budowie i funkcjonowaniu synaps, czyli miejsc funkcjonalnego kontaktu między komórkami. Przeczytaj e-materiał pt. *Rodzaje i budowa synaps*.

Jednym z podstawowych i często występujących w układzie nerwowym sposobów przetwarzania informacji są sieci neuronalne, w których akson jednej komórki nerwowej tworzy **synapsę** w obrębie innej synapsy, w jej części presynaptycznej.

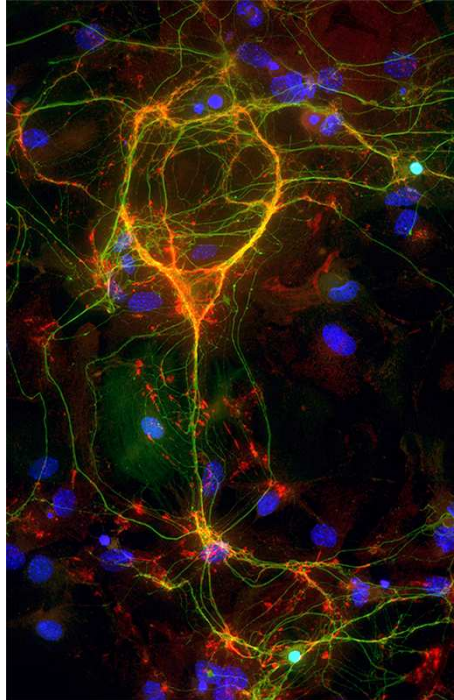
W zależności od tego, czy **synapsa akso-aksonalna** ma charakter pobudzający czy hamujący, występuje zjawisko pobudzenia (torowania) lub hamowania presynaptycznego.

Z **pobudzeniem presynaptycznym** mamy do czynienia, gdy pobudzająca synapsa akso-aksonalna zlokalizowana jest na **elemencie presynaptycznym** innej synapsy pobudzającej. Wtedy równoczesne pobudzenie obu synaps zwiększa odpowiedź głównej synapsy tej sieci neuronalnej, prowadząc do większego pobudzenia komórki **postsynaptycznej**.

Z kolei **hamowanie presynaptyczne** zachodzi, gdy aktywna jest hamująca synapsa akso-aksonalna, zlokalizowana na elemencie presynaptycznym innej synapsy pobudzającej. Wtedy równoczesne pobudzenie obu synaps zmniejsza lub całkowicie hamuje odpowiedź głównej synapsy tej sieci neuronalnej.

Konwergencja i dywergencja w układzie nerwowym

Wiele zjawisk w układzie nerwowym zachodzi dzięki specyficznym układom połączeń między komórkami nerwowymi tworzącymi sieci neuronalne. Układy te mają charakter konwergencyjny lub dywergencyjny. **Układ dywergencyjny** polega na tym, że akson jednego neuronu rozgałęzia się i tworzy wiele synaps na licznych komórkach postsynaptycznych.

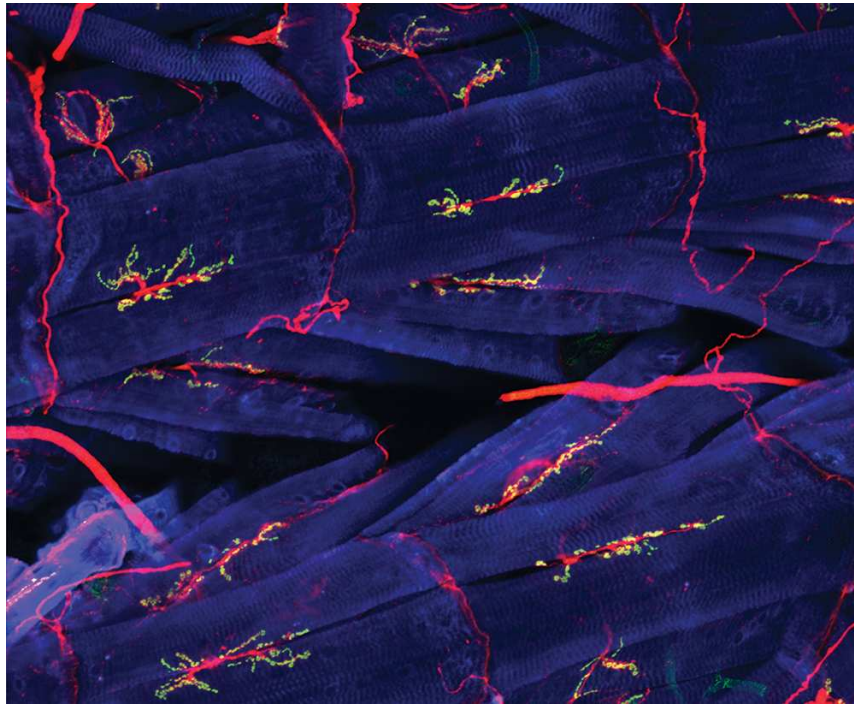


Interneurony (oznaczone kolorem żółtym) komunikują się ze sobą za pomocą impulsów elektrycznych. Obraz uzyskany metodą mikroskopii fluorescencyjnej.

Źródło: NICHD/McBain Laboratory, Flickr, licencja: CC BY-NC-ND 2.0.

Przykładem tego typu połączenia może być komórka czuciowa przekazująca informację z receptora dotyku zlokalizowanego w skórze. Jej akson rozgałęzia się w rdzeniu kręgowym i tworzy synapsy na wielu neuronach, przekazujących następnie impulsy do **mózdżku**, **pnia mózgu** i kory mózgowej. Dzięki zjawisku dywergencji informacja o bodźcu dotykowym przekazywana jest do różnych ośrodków mózgowych.

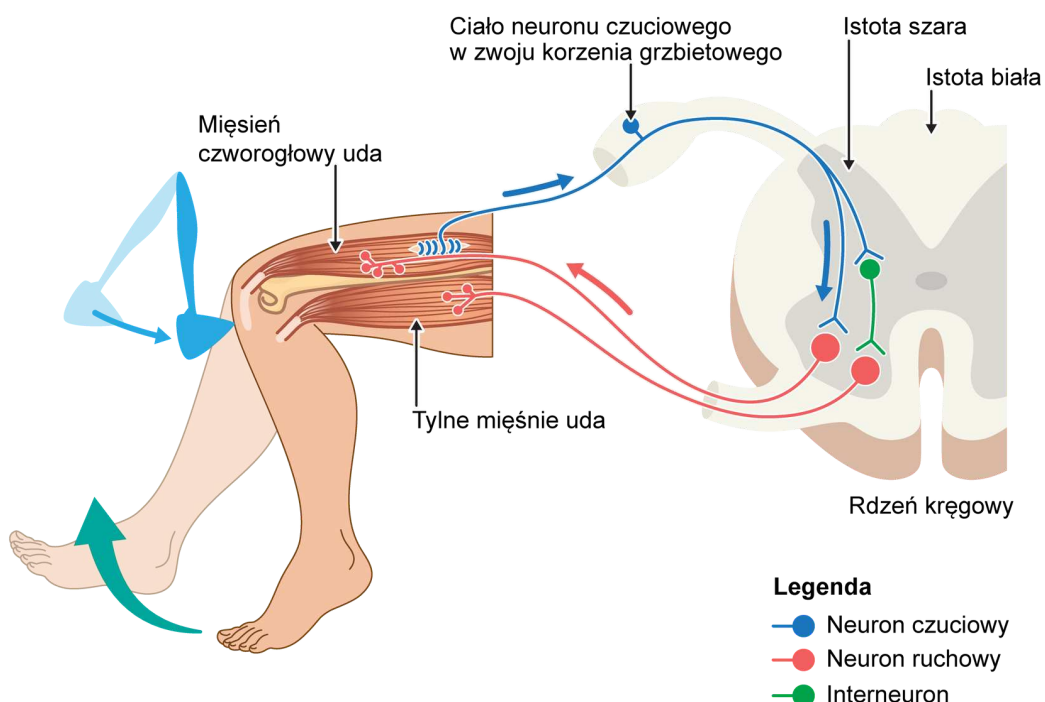
Z kolei **zjawisko konwergencji** zachodzi, gdy na jednym neuronie wytworzonych jest wiele synaps przekazujących informacje z różnych neuronów presynaptycznych. W ośrodkowym układzie nerwowym większość komórek ma tego typu unerwienie.



Niebieskim kolorem oznaczono mięśnie ściany ciała larwy muszki owocówki, natomiast neurony zabarwione są na czerwono. Obraz uzyskano metodą immunofluorescencyjną.

Źródło: NICHD/Y.J. Kim and M. Serpe, Flickr, licencja: CC BY 2.0.

Neurony ruchowe rdzenia kręgowego, których aktywność warunkuje skurcz mięśni szkieletowych, są unerwione m.in. przez szlaki biegnące z kory mózgowej, mózdzku, pnia mózgu oraz z receptorów zlokalizowanych w samych mięśniach. Innym przykładem konwergencji może być budowa siatkówki oka. W ludzkim oku występuje ok. 120 mln receptorów wzrokowych (**czopków** i **pręcików**), które przekazują informacje do ok. 1,2 mln komórek zwojowych wysyłających aksony z informacją wzrokową do mózgu.



Ilustracja przebiegu odruchu bezwarunkowego. Odruch bezwarunkowy to reakcja automatyczna, zachodząca poprzez pobudzenie odpowiednich receptorów oraz efektorów z udziałem neuronów czuciowych, ruchowych

i interneuronów. Odruch bezwarunkowy przebiega bez uświadomienia, to znaczy, że nerwy pobudzają mięśnie przed powiadomieniem mózgu.

Przykładem odruchu bezwarunkowego jest m.in. odruch kolanowy, w powstawaniu którego biorą udział wyłącznie neurony czuciowe i ruchowe.

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

Obwody rewerberacyjne

Obwody i sieci neuronalne o wyższym stopniu skomplikowania związane są np. z procesami uczenia się i tworzenia [śladów pamięciowych](#). Zgodnie z tzw. teorią rewerberacji, sformułowaną w 1949 r. przez Donalda Hebba, informacje przechowywane są w pamięci dzięki impulsom nerwowym krążącym w obwodach rewerberacyjnych. Obwody takie tworzone są przez neurony, które łączą się w pętle pobudzające się wzajemnie.



Źródło: Wikimedia Commons licencja: domena publiczna.

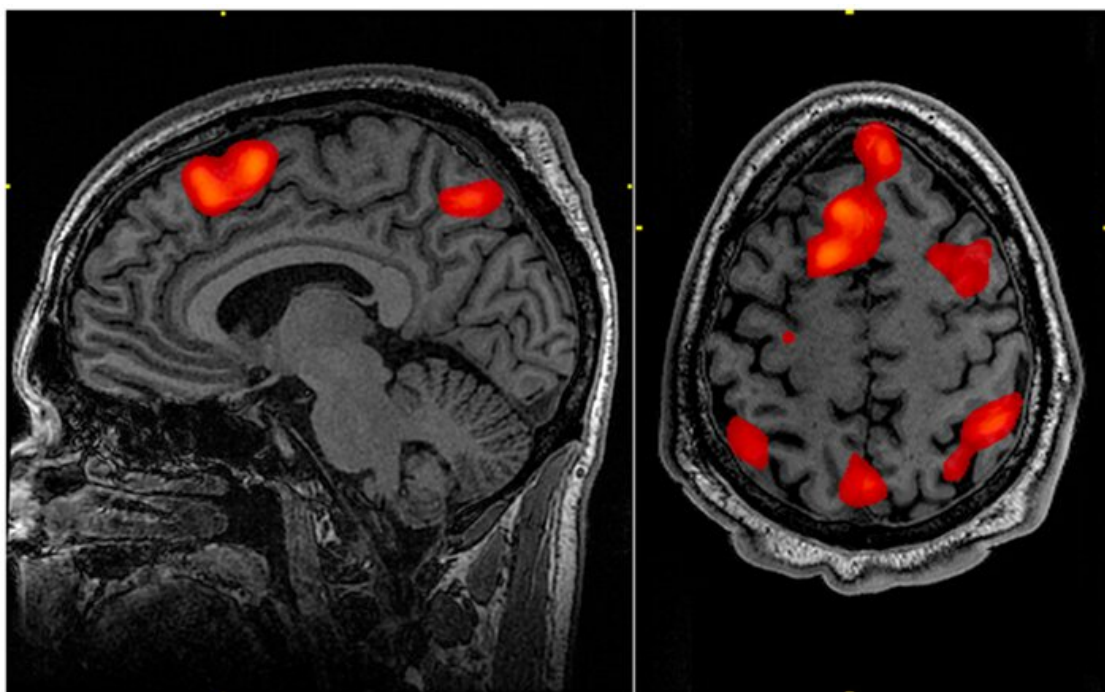
Sen ma duże znaczenie dla sprawności pamięci. Zbyt krótki sen zaburza funkcjonowanie mózgu – może przyczyniać się do problemów z zapamiętywaniem i koncentracją.

W latach czterdziestych XX w. kanadyjski psycholog Donald Hebb opracował teorię, zgodnie z którą w trakcie snu dochodzi do wzmacniania połączeń synaptycznych między neuronami tworzącymi systemy rewerberacyjne. Systemy te stanowią materialny nośnik śladu pamięciowego. Powstają w ciągu dnia w procesie uczenia się, ale do ich rozbudowywania i wzmacniania

dochodzi podczas snu. W ten sposób utrwalają się wzorce pamięciowe, które mózg może wykorzystać w przyszłości.

Krążenie informacji (impulsów nerwowych) w takich zamkniętych sieciach neuronalnych jest, prawdopodobnie, podstawą istnienia **pamięci krótkotrwałej**. Pośrednim dowodem na potwierdzenie takiej tezy jest fakt, że gwałtowne zakłócenie czynności bioelektrycznej mózgu, np. podczas zabiegu **elektrowstrząsów**, usuwa bezpowrotnie informacje przechowywane w pamięci krótkotrwałej.

Ciekawostka

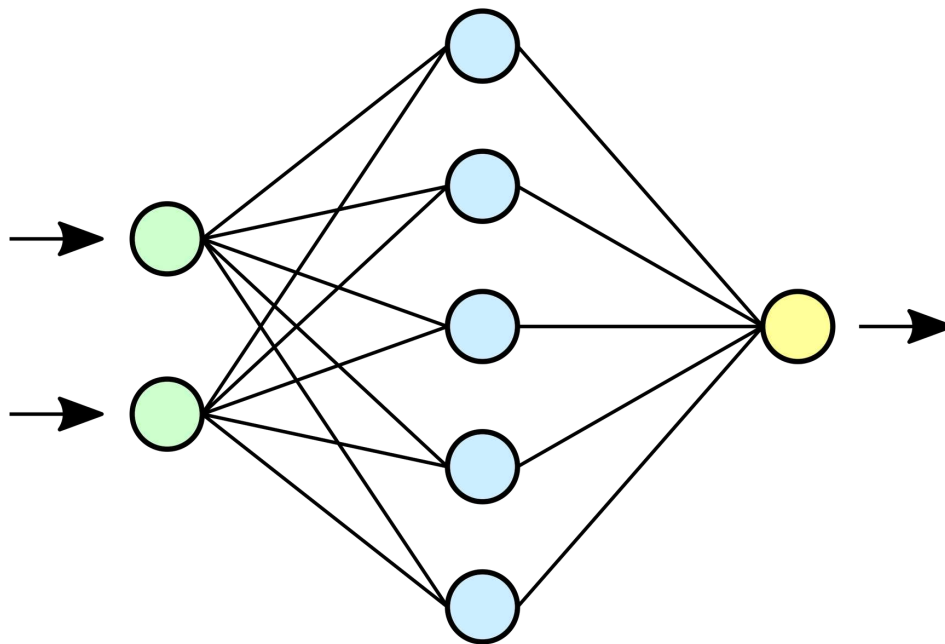


Mapa aktywności mózgu podczas rozwiązywania zadań angażujących pamięć operacyjną, otrzymana w wyniku badania fMRI.

Źródło: Wikimedia Commons, domena publiczna.

Wraz z rozwojem technologii możliwe jest głębsze poznanie funkcjonowania ludzkiego organizmu. Funkcjonalny rezonans magnetyczny obrazuje wzrost przepływu krwi i utlenowania aktywnej okolicy mózgu. Dzięki badaniom fMRI mózgowia odkryto sieci funkcjonalne odpowiedzialne za uczenie się oraz czytanie.

Dla zainteresowanych



Uproszczony schemat jednokierunkowej sieci neuronowej. Poszczególne koła oznaczają sztuczne neurony.
Źródło: Dake, Mysid, Wikimedia Commons, licencja: CC BY 1.0.

Naturalne sieci neuronalne wykorzystywane są w technologii – na ich podstawie tworzy się sztuczne sieci neuronalne, czyli „układ nerwowy” tzw. sztucznej inteligencji (AI). To przykład tego, jak mózg człowieka i jego anatomia zainspirowały naukowców oraz inżynierów do tworzenia innowacyjnych i „myślących” algorytmów, które mogą wykonywać setki skomplikowanych operacji.

Słownik

błona presynaptyczna

element synapsy; błona komórkowa zakończenia aksonu neuronu przekazującego impuls nerwowy, przez którą neuroprzekaźniki uwalniane są do szczeliny synaptycznej

błona postsynaptyczna

element synapsy; błona komórkowa neuronu odbierającego impuls nerwowy lub błona komórki efektorowej, do której docierają cząsteczki neuroprzekaźników łączące się ze specyficznymi receptorami błony

czopki

receptory wzrokowe wrażliwe na różne długości fal świetlnych; odpowiadają za ostre widzenie barwne

elektrowstrząsy

rodzaj terapii polegający na wywołaniu w mózgu pacjenta synchronicznych wyładowań za pomocą zewnętrznego źródła prądu; stosuje się je w leczeniu niektórych zaburzeń psychicznych

interneuron

komórka nerwowa o krótkim aksonie, który nie opuszcza danej struktury mózgu
móźdzek

część mózgu wchodząca w skład tyłomózgowia; czynność móźdzku związana jest z utrzymaniem odpowiedniego poziomu napięcia mięśniowego oraz koordynacją ruchów

neuron ruchowy

komórka nerwowa, której akson przekazuje pobudzenie w kierunku odśrodkowym, przewodząc informacje z centralnego układu nerwowego do narządów wykonawczych: mięśni i gruczołów

układ dywergencyjny

układ komórek nerwowych, w którym akson jednego neuronu rozgałęzia się i tworzy wiele synaps na licznych komórkach postsynaptycznych

układ konwergencyjny

układ komórek nerwowych, w którym na jednym neuronie wytworzonych jest wiele synaps przekazujących informacje z różnych neuronów presynaptycznych

pamięć krótkotrwała

sposób przetwarzania informacji przez umysł; dotyczy aktualnych zdarzeń i trwa od kilku sekund do kilku minut; przykładem działania pamięci krótkotrwałej jest zapamiętywanie numeru telefonu, utrzymujące się od przeczytania go do wybrania tego numeru na klawiaturze aparatu telefonicznego

pień mózgu

część mózgu, w której skład wchodzi rdzeń przedłużony, most oraz śródmózgowie
pręciki

receptory wzrokowe odpowiadające za czarno-białe widzenie w warunkach słabego oświetlenia

synapsa

(gr. *synapsis* – połączenie); miejsce styku zakończenia aksonu jednego neuronu z dendrytem lub ciałem innego neuronu bądź z komórką narządu wykonawczego (efektor); pośredniczy w przekazywaniu impulsu nerwowego

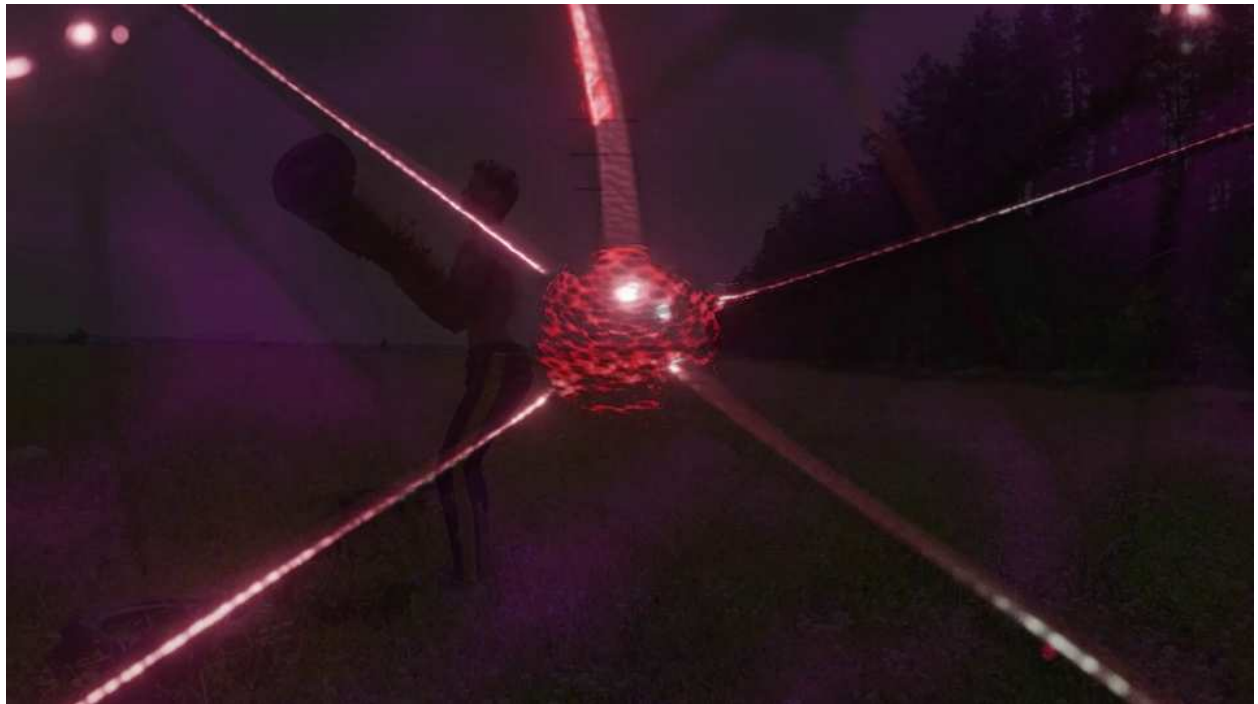
synapsa akso-aksonalna

synapsa wytworzona przez akson jednego neuronu na aksonie innej komórki nerwowej; inaczej: połączenie aksonu z aksonem

ślad pamięciowy

inaczej: engram; zmiana powstająca w wyniku odebrania bodźca i utrzymująca się przez pewien czas w ośrodkowym układzie nerwowym

Film



Film dostępny pod adresem </preview/resource/Rz4z1lXo7xu7H>

Obwody nerwowe i sieci nerwowe.

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

Film pod tytułem "Obwody nerwowe i sieci nerwowe".

Polecenie 1

Obejrzyj film i wyjaśnij, na czym polega różnica między sieciami konwergencyjnymi i dywergencyjnymi.

Polecenie 2

Wyjaśnij, jakie znaczenie w procesie uczenia się mają sieci rewerberacyjne.

Sprawdź się

Pokaż ćwiczenia:   

Ćwiczenie 1



Wskaż poprawną odpowiedź.

Obwody nerwowe to:

- ☐ rozgałęzienia naczyń krwionośnych i nerwów obwodowych
- ☐ grupy neuronów połączonych ze sobą synaptycznie
- ☐ grupy białek połączonych ze sobą synaptycznie

Ćwiczenie 2



Połącz podane niżej pojęcia z prawidłowymi opisami.

pień mózgu

część mózgu, w której skład wchodzi rdzeń przedłużony, most i śródmózgowie

interneuron

komórka nerwowa, której akson przekazuje pobudzenie do mięśnia szkieletowego

neuron ruchowy

receptory wzrokowe odpowiadające za czarno-białe widzenie w warunkach słabego oświetlenia

pręciki

komórka nerwowa o krótkim aksonie, który nie opuszcza danej struktury mózgu

ślad pamięciowy

zmiana powstająca w wyniku odebrania bodźca i utrzymująca się przez pewien czas w ośrodkowym układzie nerwowym

Ćwiczenie 3



Uzupełnij poniższy tekst, zaznaczając poprawne sformułowania.

Z układem ☐ konwergencyjnym ☐ dywergencyjnym mamy do czynienia, kiedy akson jednego neuronu rozgałęzia się i tworzy wiele synaps na licznych komórkach postsynaptycznych. Zjawisko ☐ dywergencji ☐ konwergencji zachodzi, gdy na jednym neuronie wytworzonych jest wiele synaps przekazujących informacje z różnych neuronów presynaptycznych.

Ćwiczenie 4



Wskaż poprawne dokończenie zdania.

Budowa siatkówki człowieka jest przykładem zjawiska...

☐ rewerberacji.

☐ konwergencji.

☐ dywergencji.

☐ asocjacji.

Ćwiczenie 5



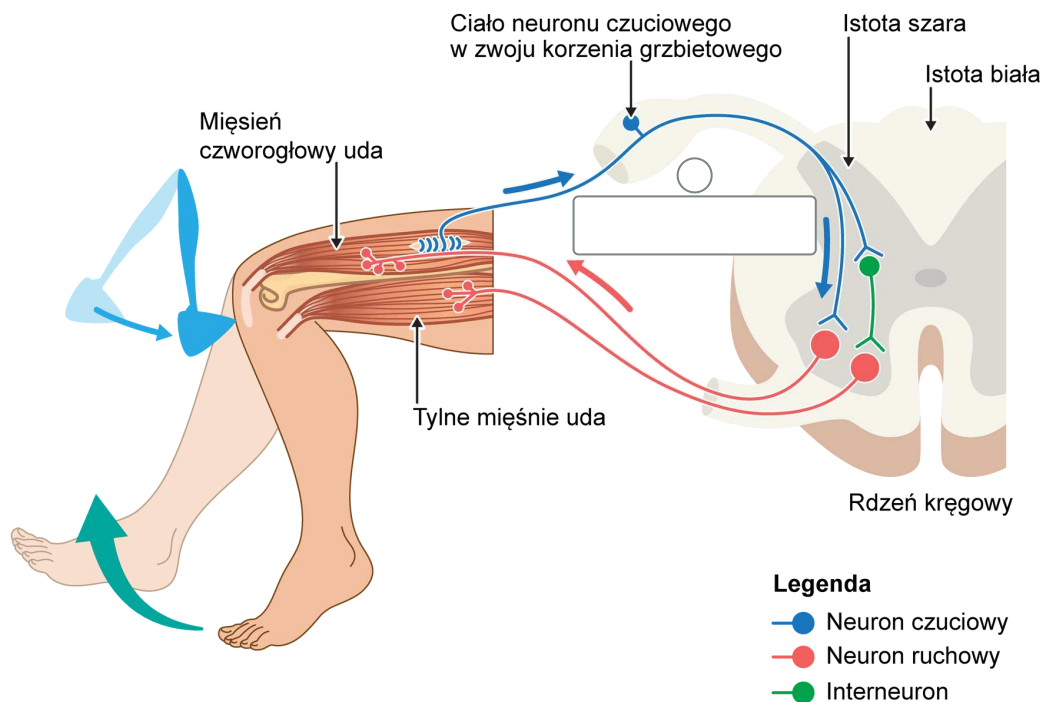
Oceń i zaznacz, które z poniższych stwierdzeń są prawdziwe, a które fałszywe.

Stwierdzenie	Prawda	Fałsz
Informacje są przechowywane w pamięci dzięki impulsom nerwowym, krążącym w obwodach rewerberacyjnych.	☐	☐
Obwody rewerberacyjne utworzone są przez neurony połączone ze sobą w pętle w taki sposób, że hamują się wzajemnie.	☐	☐
Teoria rewerberacyjna została zaproponowana przez Donalda Hebba.	☐	☐

Ćwiczenie 6



Na poniższej rycinie przedstawiono łuk odruchowy odruchu kolanowego. Wpisz na schemacie, jaki rodzaj neuronu został na nim oznaczony.



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

Ćwiczenie 7

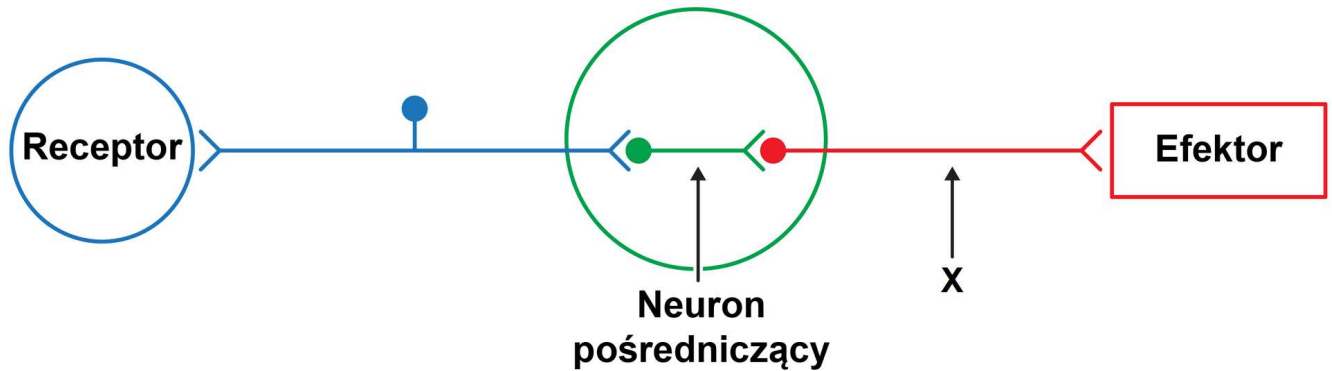


Uważa się, że zbyt krótki sen może prowadzić do problemów z pamięcią i zaburzeń procesu uczenia się. Uzasadnij to stwierdzenie, odnosząc się do teorii systemów rewerberacyjnych.

Ćwiczenie 8



Na poniższym schemacie zobrazowano elementy łuku odruchowego. Literą X oznaczono neuron ruchowy.



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

Dlaczego przedstawiony powyżej łuk odruchowy nie może obrazować odruchu kolanowego?
Uzasadnij swoją odpowiedź.

Dla nauczyciela

Autor: Anna Juwan

Przedmiot: biologia

Temat: Obwody nerwowe i sieci nerwowe

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

Podstawa programowa:

Zakres podstawowy

Treści nauczania – wymagania szczegółowe

V. Budowa i fizjologia człowieka.

7. Regulacja nerwowa. Uczeń:

2) przedstawia działanie synapsy chemicznej uwzględniając rolę przekaźników chemicznych; podaje przykłady tych neuroprzekaźników;

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:

d) przedstawia działanie synapsy chemicznej, uwzględniając rolę przekaźników chemicznych; podaje przykłady tych neuroprzekaźników,

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):

- Poznasz działanie łuku odruchowego odpowiedzialnego za odruch cofania ręki.
- Dowiesz się, jak działa mechanizm pobudzenia i hamowania presynaptycznego.
- Scharakteryzujesz zjawiska konwergencji i dywergencji w układzie nerwowym.
- Określisz, jakie jest znaczenie obwodów rewerberacyjnych w procesach pamięciowych.

Strategie nauczania:

- konstruktywizm;
- konektywizm.

Metody i techniki nauczania:

- z użyciem komputera;
- ćwiczenia interaktywne;
- praca z filmem;
- gra dydaktyczna;
- gwiazda pytań.

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;
- telefony z dostępem do internetu.

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.

Faza realizacyjna:

1. **Praca z filmem pt. „Obwody nerwowe i sieci nerwowe”.** Uczniowie czytają polecenia do filmu: nr 1 („Obejrzyj film i wyjaśnij, na czym polega różnica między sieciami konwergencyjnymi i dywergencyjnymi”) oraz nr 2 („Wyjaśnij, jakie znaczenie w procesie uczenia się mają sieci rewerberacyjne”). Następnie nauczyciel wyświetla multimedialną tablicę interaktywną lub za pomocą rzutnika. Po zapoznaniu się z filmem uczniowie wykonują w parach polecenia. Swoje rozwiązania porównują z inną, najbliższą siedzącą parą. Wybrane osoby dzielą się odpowiedziami na forum klasy.
2. **Gwiazda pytań.** Nauczyciel dzieli uczniów na trzy grupy, a następnie prezentuje na tablicy interaktywnej schemat „gwiazdy pytań” (zob. materiały pomocnicze). Objasnia uczniom, w jaki sposób powinni pracować ze schematem: na podstawie e-materiału oraz innych źródeł mają opracować zagadnienie obwodów nerwowych i sieci nerwowych, odpowiadając na pytania widniejące na schemacie. Następnie każdy zespół dopisuje piąte pytanie i daje je do rozwiązania innej grupie. Nauczyciel sprawdza wykonanie zadania, podchodząc do każdej grupy. Koryguje ewentualne błędy. Wybrani przez nauczyciela uczniowie kolejno prezentują wyniki prac swojego zespołu.
3. **Utrwalenie wiedzy i umiejętności.** Uczniowie samodzielnie wykonują ćwiczenie nr 7 (w którym mają za zadanie uzasadnić stwierdzenie: „Zbyt krótki sen może prowadzić do problemów z pamięcią i zaburzenia procesu uczenia się”, odnosząc się do teorii systemów rewerberacyjnych) z sekcji „Sprawdź się”. Następnie w 4-osobowych grupach omawiają prawidłowe rozwiązanie. Po upływie wyznaczonego czasu wskazany przez nauczyciela przedstawiciel grupy prezentuje odpowiedź wraz z jej uzasadnieniem. Klasa ustosunkowuje się do niej. Nauczyciel udziela uczniom informacji zwrotnej.

Faza podsumowująca:

1. Nauczyciel dzieli klasę na 4-osobowe grupy. Uczniowie rozwiązują ćwiczenia interaktywne od 1 do 6 z sekcji „Sprawdź się”, od najłatwiejszego do najtrudniejszego. Grupa, która poprawnie rozwiąże zadania jako pierwsza, wygrywa.
2. Nauczyciel wyświetla treści zawarte w sekcji „Wprowadzenie” i na ich podstawie dokonuje podsumowania najważniejszych informacji przedstawionych na lekcji. Wyjaśnia także wątpliwości uczniów.

Praca domowa:

1. Wykonaj ćwiczenie nr 8 z sekcji „Sprawdź się”.

Materiały pomocnicze:

- Neil A. Campbell i in., „Biologia Campbella”, tłum. K. Stobrawa i in., Rebis, Poznań 2019.
- „Encyklopedia szkolna. Biologia”, red. Marta Stęplewska, Robert Mitoraj, Wydawnictwo Zielona Sowa, Kraków 2006.

Załącznik 1. Gwiazda pytań.

Plik o rozmiarze 72.18 KB w języku polskim

Wskazówki metodyczne opisujące różne zastosowania filmu:

- Film można wykorzystać jako materiał służący powtórzeniu i utrwaleniu wiedzy uczniów.