



Mechanizmy hamowania i pobudzenia synaptycznego

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



Mechanizmy hamowania i pobudzenia synaptycznego

Sposób przewodzenia impulsu przez akson jest dostosowany do aktualnych potrzeb przesyłu informacji w układzie nerwowym.

Źródło: scientificanimations.com, licencja: CC BY-SA 4.0.

Połączenie cząsteczki neuroprzekaźnika z receptorem w błonie postsynaptycznej komórki docelowej powoduje otwarcie błonowych kanałów jonowych i zmianę przepuszczalności błony dla określonych kationów lub anionów. W wyniku przemieszczania się jonów przez otwarte kanały, dochodzi do lokalnej zmiany potencjału błonowego komórki postsynaptycznej. Zmiana ta prowadzi do pobudzenia komórki lub zahamowania jej aktywności.

Twoje cele

- Wyjaśnisz różnicę między depolaryzacją, a hiperpolaryzacją.
- Scharakteryzujesz postsynaptyczny potencjał pobudzający i postsynaptyczny potencjał hamujący.
- Omówisz mechanizm jonowy prowadzący do pobudzenia i do obniżenia aktywności neuronu postsynaptycznego.

Depolaryzacja i hiperpolaryzacja komórki postsynaptycznej

Uwolnione z elementu presynaptycznego cząsteczki neuroprzekaźnika łączą się ze swoistymi dla nich receptorami w błonie postsynaptycznej. Prowadzi to do otwarcia znajdujących się tam [kanałów jonowych](#). Przepływ jonów w poprzek błony komórkowej wywołuje lokalną zmianę potencjału błonowego komórki postsynaptycznej określaną mianem [depolaryzacji](#) lub [hiperpolaryzacji](#).

Podczas depolaryzacji wartość potencjału komórki postsynaptycznej rośnie, co jest równoznaczne z pobudzeniem komórki. Natomiast w czasie hiperpolaryzacji wartość potencjału komórki postsynaptycznej maleje, co skutkuje obniżeniem lub zahamowaniem aktywności komórki. Wszystkie zmiany potencjału błonowego zachodzące w okolicy błony postsynaptycznej nazywane są [potencjałami postsynaptycznymi](#).

Potencjały postsynaptyczne (w przeciwieństwie do potencjału czynnościowego) nie powstają zgodnie z prawem „*wszystko albo nic*” lecz mają charakter stopniowalny, co oznacza, że ich amplituda i czas trwania zależą od ilości uwalnianego neuroprzekaźnika.



Niepobudzony neuron utrzymuje potencjał spoczynkowy dzięki działaniu leżących w błonie pomp jonowych.

Źródło: Pixabay, domena publiczna.

W zależności od przyłączonego do receptorów postsynaptycznych neuroprzekaźnika w komórce docelowej obserwowane są:

postsynaptyczne potencjały pobudzające (ang. *excitatory postsynaptic potential*, EPSP)

to odpowiedź komórki docelowej na przyłączenie się do receptora postsynaptycznego neuroprzekaźnika pobudzającego. W tym przypadku, połączenie neuroprzekaźnika z receptorem prowadzi do otwarcia w błonie postsynaptycznej kanałów sodowych lub wapniowych. Przez otwarte kanały do wnętrza komórki napływają jony sodowe (Na^+) lub wapniowe (Ca^{2+}). Proces ten powoduje zwiększenie wartości potencjału błonowego komórki docelowej. Pojawiający się lokalnie EPSP skutkuje wygenerowaniem potencjału czynnościowego w komórce postsynaptycznej lub podwyższa prawdopodobieństwo jego wygenerowania.

postsynaptyczne potencjały hamujące (ang. *inhibitory postsynaptic potential*, IPSP)

wiążą się z hiperpolaryzacją błony komórki docelowej, obserwowaną po przyłączeniu się do receptora postsynaptycznego neuroprzekaźnika hamującego. W czasie IPSP dochodzi do napływu do wnętrza komórki jonów chlorkowych (Cl^-) lub potasowych (K^+) przez otwarte kanały chlorkowe bądź potasowe w błonie postsynaptycznej. Wnikające do środowiska wewnątrzkomórkowego jony ujemne obniżają potencjał błonowy komórki postsynaptycznej. W czasie hiperpolaryzacji osiągnięcie progu pobudliwości wymaga podniesienia potencjału błonowego o wartość większą, niż w czasie spoczynku komórki. Dlatego IPSP zmniejsza prawdopodobieństwo wygenerowania potencjału czynnościowego w komórce postsynaptycznej.

Słownik

kanal jonowy

białko błonowe posiadające zdolność selektywnego transportu jonów przez błonę komórkową

próg pobudliwości

wartość potencjału błonowego, przy której dochodzi do wygenerowania potencjału czynnościowego

depolaryzacja

podwyższenie wartości potencjału błonowego komórki

hiperpolaryzacja

obniżenie wartości potencjału błonowego komórki

potencjał postsynaptyczny

zmiana potencjału błonowego komórki w okolicy błony postsynaptycznej

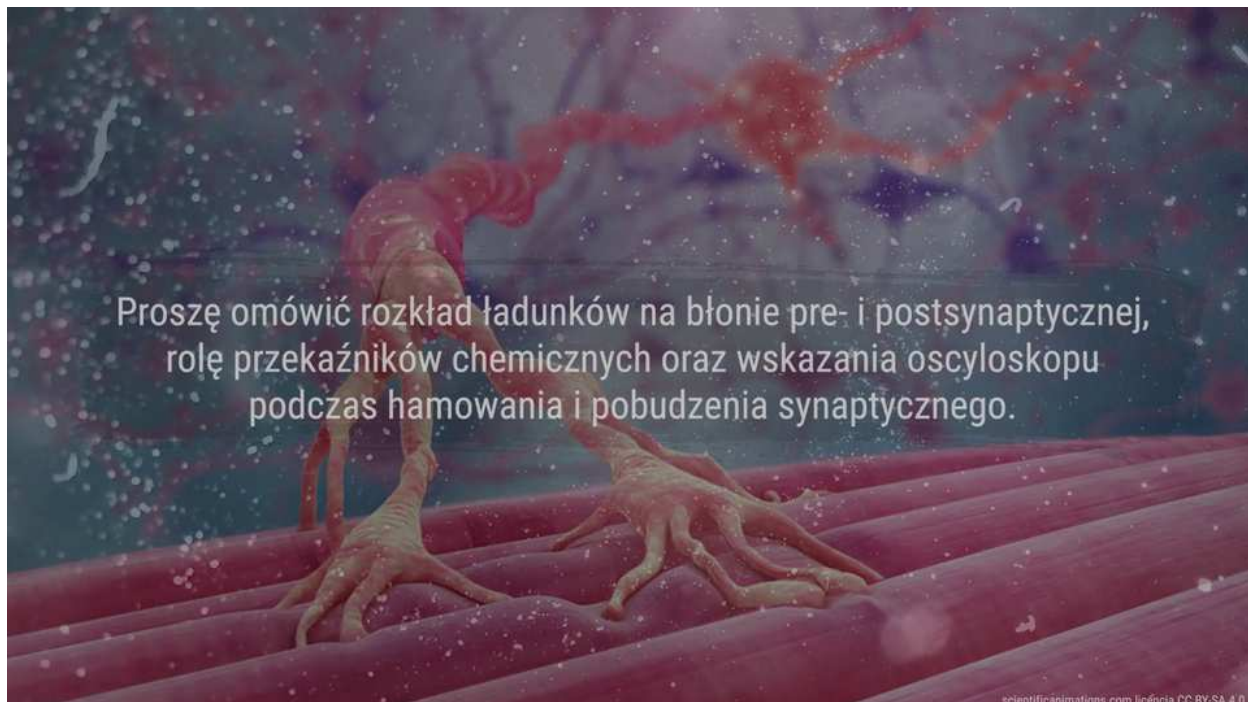
postsynaptyczny potencjał pobudzający

(ang. *excitatory postsynaptic potential*, EPSP); depolaryzacja błony komórki postsynaptycznej będąca wynikiem napływu do jej wnętrza kationów sodowych lub wapniowych

postsynaptyczny potencjał hamujący

(ang. *inhibitory postsynaptic potential*, IPSP); hiperpolaryzacja błony komórki postsynaptycznej będąca wynikiem napływu do jej wnętrza anionów chlorkowych

Animacja



Film dostępny pod adresem </preview/resource/R1VW1Ln5cNXD3>

Mechanizmy hamowania i pobudzenia synaptycznego.

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

Film opisuje mechanizmy hamowania i pobudzenia synaptycznego.

Polecenie 1

Zapoznaj się z animacją, a następnie określ, jak na błonie rozłożone są ładunki elektryczne w stanie repolaryzacji.

Polecenie 2

Określ, w jaki sposób ułoży się strzałka oscylatora, gdy ładunki ujemne będą zgromadzone głównie we wnętrzu komórki. W odpowiedzi uwzględnij mechanizm działania oscylatora.

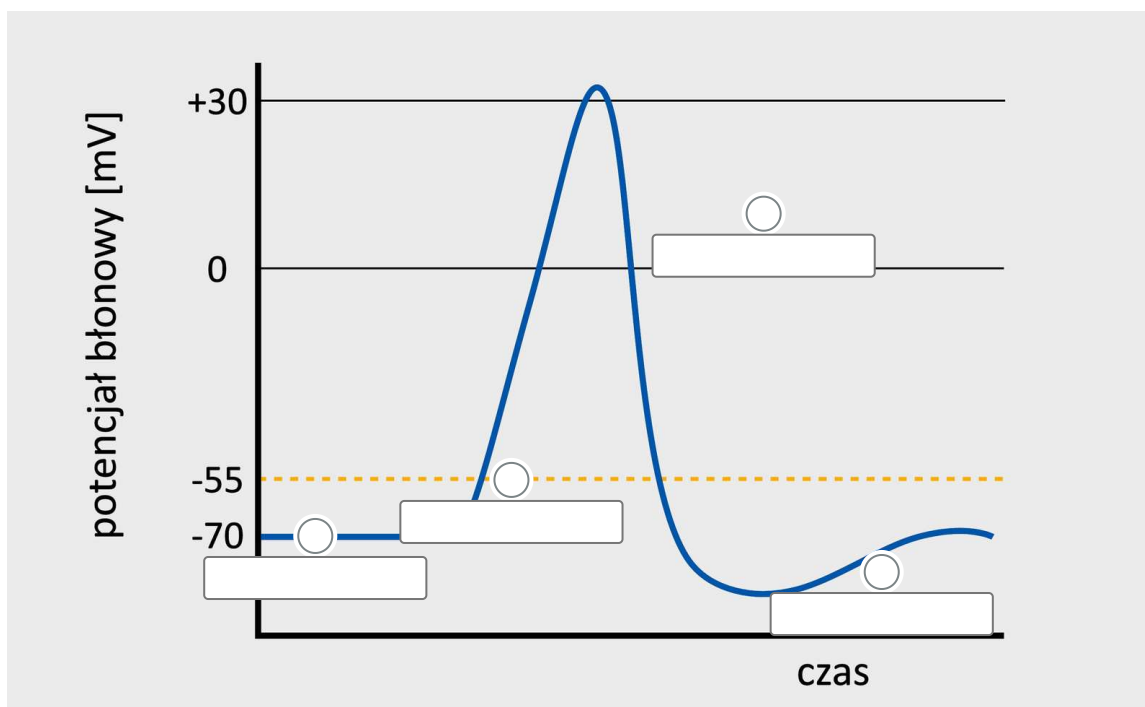
Sprawdź się

Pokaż ćwiczenia:   

Ćwiczenie 1



Przeciągnij odpowiednie sformułowania i umieść je na schemacie tak, aby przedstawiał prawidłowe informacje.



repolaryzacja

próg pobudliwości

potencjał spoczynkowy

hiperpolaryzacja

Ćwiczenie 2



Przyporządkuj poniższe stwierdzenia tak, by prawidłowo opisywały depolaryzację lub hiperpolaryzację.

depolaryzacja

potencjał błonowy neuronu ulega obniżeniu

komórka jest niepobudliwa

hiperpolaryzacja

komórka jest pobudzona

po niej dochodzi do repolaryzacji

poprzedza ją repolaryzacja

potencjał błonowy ulega podwyższeniu

Ćwiczenie 3



U szereguj zdarzenia w odpowiedniej kolejności.

hiperpolaryzacja błony



bodziec progowy



depolaryzacja błony



repolaryzacja błony



potencjał spoczynkowy błony



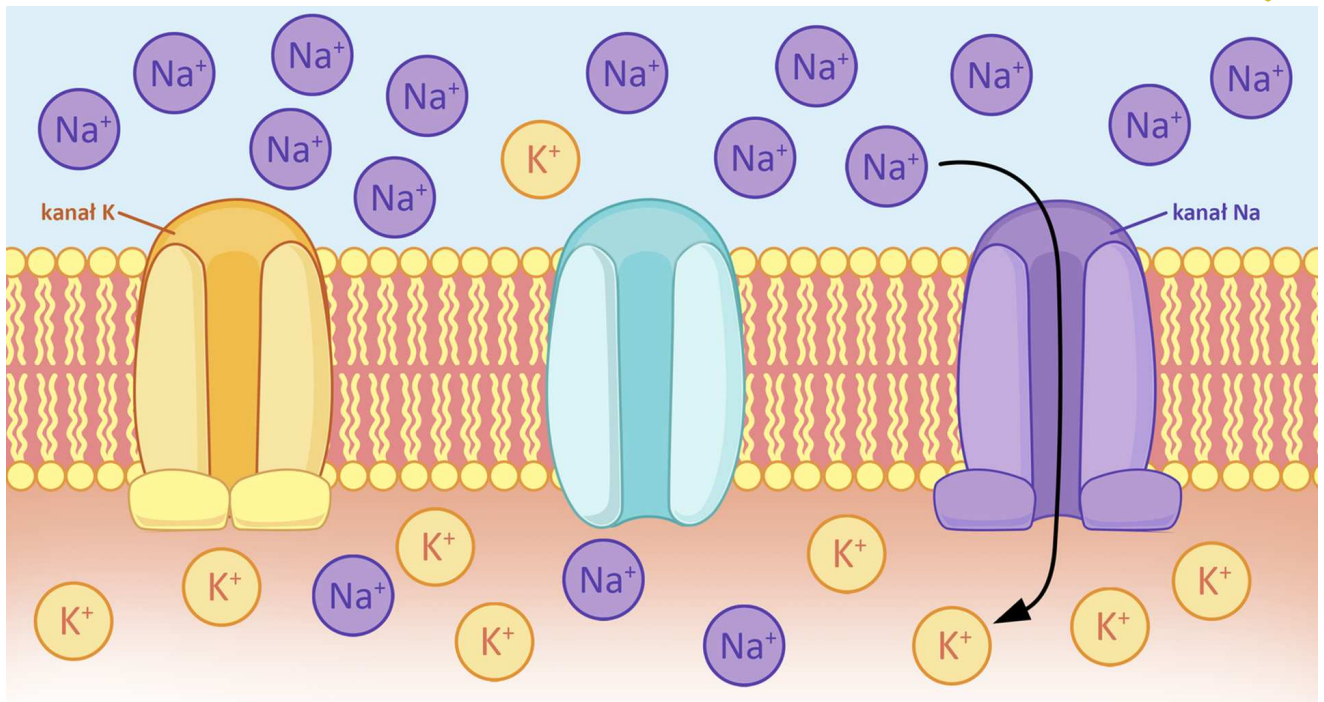
Ćwiczenie 4



Oceń prawdziwość poniższych stwierdzeń.

	Prawda	Fałsz
Potencjały synaptyczne, podobnie jak potencjał czynnościowy, działają zgodnie z zasadą „wszystko albo nic”.	☐	☐
Czas trwania potencjału synaptycznego nie zależy od ilości uwolnionego neuroprzekaźnika.	☐	☐
Potencjały synaptyczne pobudzające mogą sumować się, powodując powstanie potencjału czynnościowego.	☐	☐
Pojawiający się EPSP nie musi powodować wygenerowania potencjału czynnościowego.	☐	☐

Ćwiczenie 5



Schemat przedstawia błonę postsynaptyczną po związaniu przez jej receptor neuroprzekaźnika pobudzającego.

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

Na podstawie schematu ułóż zdarzenia w prawidłowej kolejności.

zwiększenie potencjału błonowego



związanie neuroprzekaźnika pobudzającego



otworenie kanałów sodowych



przepływ jonów sodu do wnętrza komórki



Ćwiczenie 6



Na podstawie schematu do zadania nr 5 zaznacz właściwe odpowiedzi.

Otwarcie kanałów jonowych powoduje napływ jonów sodu do komórki. Jest to transport:

aktywny ☐

dyfuzja bierna ☐

dyfuzja ułatwiona ☐

ponieważ:

zachodzi przez białko kanałowe zgodnie z gradientem stężeń ☐

wymaga nakładu energii ☐

zachodzi wbrew gradientowi stężeń ☐

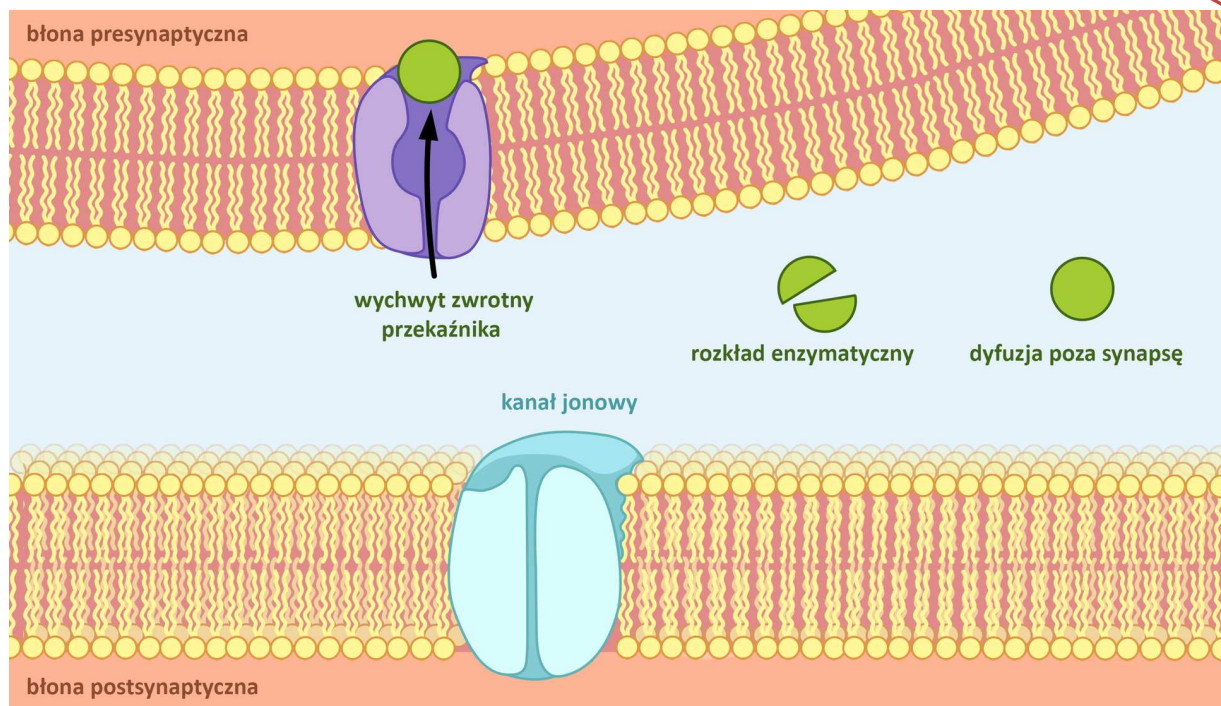
Ćwiczenie 7



Postsynaptyczny potencjał hamujący powoduje hiperpolaryzację błony komórki docelowej. Dzięki otwarciu kanałów chlorkowych błony postsynaptycznej do komórki napływają jony chlorkowe, co powoduje obniżenie potencjału błonowego.

Określ, jaki bodziec – podprogowy, progowy czy nadprogowy jest w stanie spowodować wygenerowanie impulsu przez tę komórkę. Odpowiedź uzasadnij.

Ćwiczenie 8



Schemat przedstawia sposoby na usunięcie neuroprzekaźnika z przestrzeni synaptycznej. Od przebiegu tego procesu zależy czas trwania potencjałów postsynaptycznych pobudzających i hamujących.

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

Wyjaśnij, dlaczego usunięcie neuroprzekaźnika z przestrzeni synaptycznej jest kluczowe dla prawidłowego funkcjonowania synapsy.

Dla nauczyciela

Autor: Anna Juwan

Przedmiot: Biologia

Temat: Mechanizmy hamowania i pobudzenia synaptycznego

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):

- Wyjaśnisz różnicę między depolaryzacją, a hiperpolaryzacją.
- Scharakteryzujesz postsynaptyczny potencjał pobudzający i postsynaptyczny potencjał hamujący.
- Omówisz mechanizm jonowy prowadzący do pobudzenia i do obniżenia aktywności neuronu postsynaptycznego.

Strategie nauczania:

- konstruktywizm;
- konektywizm.

Metody i techniki nauczania:

- z użyciem komputera;
- ćwiczenia interaktywne;
- analiza animacji;
- mapa myśli.

Formy pracy:

- 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;
- arkusze papieru, flamastry.

Przed lekcją:

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

Przebieg lekcji

Faza wstępna:

1. Nauczyciel wyświetla cele lekcji i temat zawarte w sekcji „Wprowadzenie”.
2. **Wprowadzenie do tematu.** Nauczyciel rozpoczyna pogadankę, zadając pytanie:
 - Czym różni się depolaryzacja od hiperpolaryzacji?

Faza realizacyjna:

1. **Praca z multimedium („Animacja”).** Nauczyciel wyświetla na tablicy interaktywnej lub za pomocą rzutnika multimedium zawarte w sekcji „Animacja”. Uczniowie wykonują w parach polecenie nr 1 („Określ, jak na błonie rozłożone są ładunki elektryczne w stanie repolaryzacji”) oraz polecenie nr 2 („Określ, w jaki sposób ułoży się strzałka oscylatora, gdy ładunki ujemne będą zgromadzone głównie we wnętrzu komórki. W odpowiedzi uwzględnij mechanizm działania oscylatora”). Następnie porównują rozwiązania z inną parą. Wybrane zespoły dzielą się swoimi odpowiedziami na forum klasy.
2. **Praca w grupach z treścią e-materiału.** Nauczyciel dzieli klasę na cztery grupy. Zespoły na podstawie informacji zawartych w e-materiale – w tym także zamieszczonych w animacji – opracowują następujące zagadnienia:
 - grupa I i II – mechanizm jonowy prowadzący do pobudzenia neuronu postsynaptycznego;
 - grupa III i IV – mechanizm jonowy prowadzący do obniżenia aktywności neuronu postsynaptycznego.Grupy wybierają po dwóch ekspertów, którzy najlepiej opanowali wiedzę nt. przypisanych zagadnień. Następnie eksperci zamieniają się grupami: I z III, a II z IV. Zadaniem ekspertów jest przekazanie zdobytych informacji. Czas na wykonanie zadania nie powinien przekroczyć 10 min. Po upływie wyznaczonego czasu eksperci wracają do swoich grup.
3. **Utrwalanie wiedzy i umiejętności.** Nauczyciel przechodzi do sekcji „Sprawdź się”. Dzieli klasę na 4-osobowe grupy. Uczniowie rozwiązują następujące zadania na czas: od 1 do 5, od najłatwiejszego do najtrudniejszego. Grupa, która poprawnie rozwiąże zadania jako pierwsza, wygrywa.

Faza podsumowująca:

1. Uczniowie wykonują w parach mapę myśli przedstawiającą cechy postsynaptycznego potencjału pobudzającego i postsynaptycznego potencjału hamującego.
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 ćwiczenia nr 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:

- Treści w sekcji „Animacja” można wykorzystać jako materiał służący powtórzeniu i utrwaleniu wiedzy uczniów.