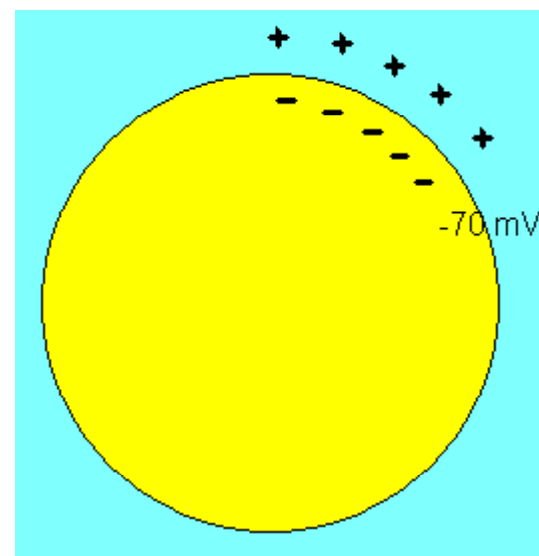


# Komórka nerwowa

przygotowała: Bożena Kostek

# Właściwości komórki:

- ▶ Błona komórkowa – grubość od 50 do 100 Å
- ▶ Istnieje pewna różnica potencjałów, po obu stronach błony, czyli na błonie panuje pewne napięcie elektryczne, zwane napięciem na błonie.
- ▶ Różnica potencjałów to ok. 60–90 mV



# Właściwości komórki:

- ▶ Pod wpływem określonych bodźców (elektrochemicznych) powstają pewne złożone, ale krótkotrwałe procesy elektrochemiczne rozchodzące się wzdłuż powierzchni błony. Te przebiegi nazywa się **potencjałami czynnościowymi**.

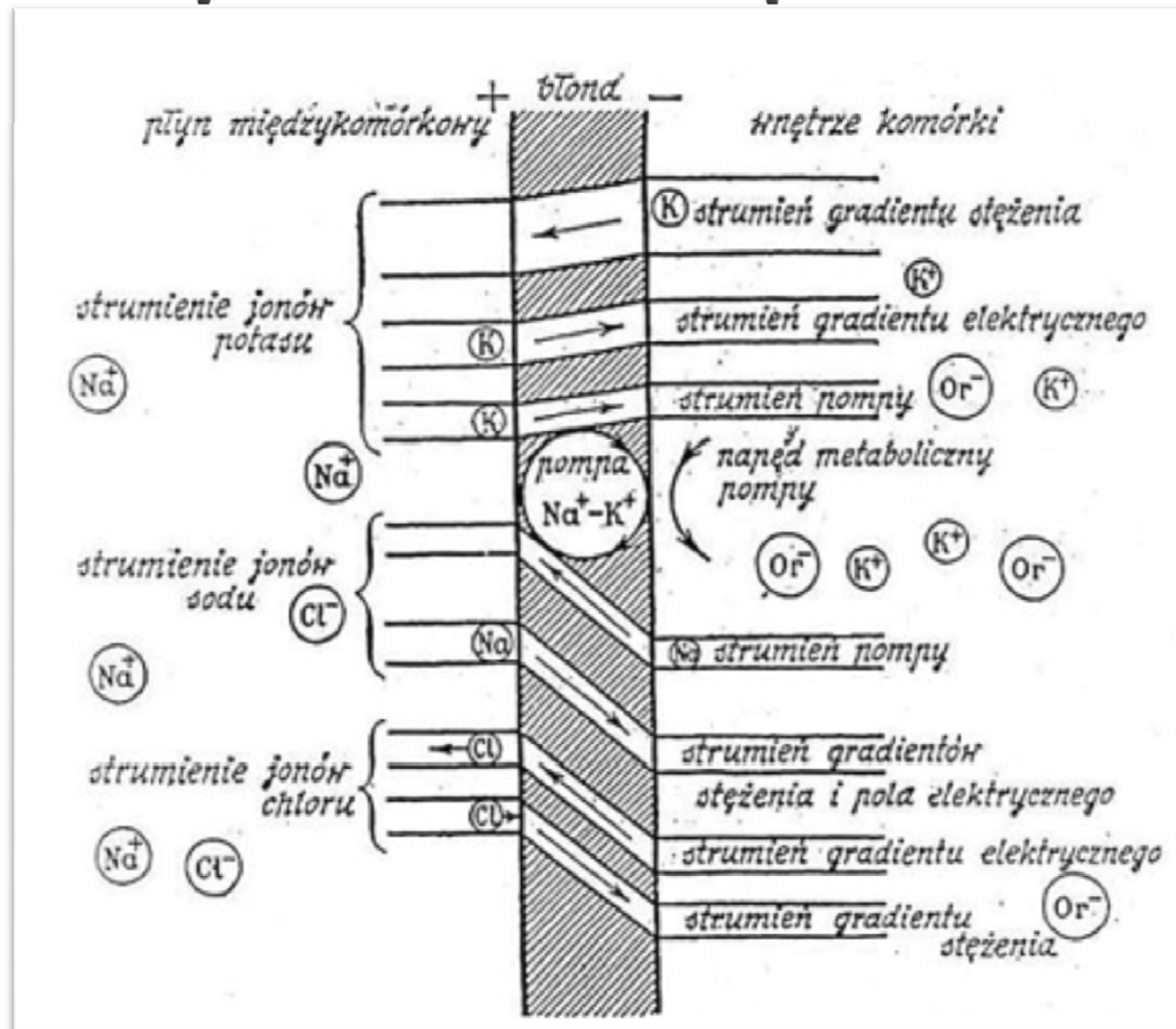
# Właściwości komórki:

- ▶ Błona komórkową rządzą cztery zjawiska:
  - I. Różnica stężenia różnych jonów powoduje ich ruch wzdłuż gradientu stężeń tych jonów.
  - II. Istnieje selektywność błony polegająca na różnej zdolności przepuszczania różnych jonów.
  - III. Możliwy jest ruch jonów pod wpływem pola elektrycznego – gradient ładunku.
  - IV. Istnieje aktywny transport jonów sodu i potasu przez błonę w kierunku przeciwnym do gradientu stężeń: pompa sodowo-potasowa.

# Właściwości komórki:

- ▶ W stanie ustalonym (spoczynku) przepuszczalność błony jest większa dla jonów potasu i chloru niż dla jonów sodu. Temu zjawisku przeciwdziała strumień pompy.
- ▶ Błona komórkowa chroni przed dyfuzją jonów oraz elektrycznymi zależnościami – gradientem stężeń.

# Pompa sodowo-potasowa



# Pompa sodowo-potasowa

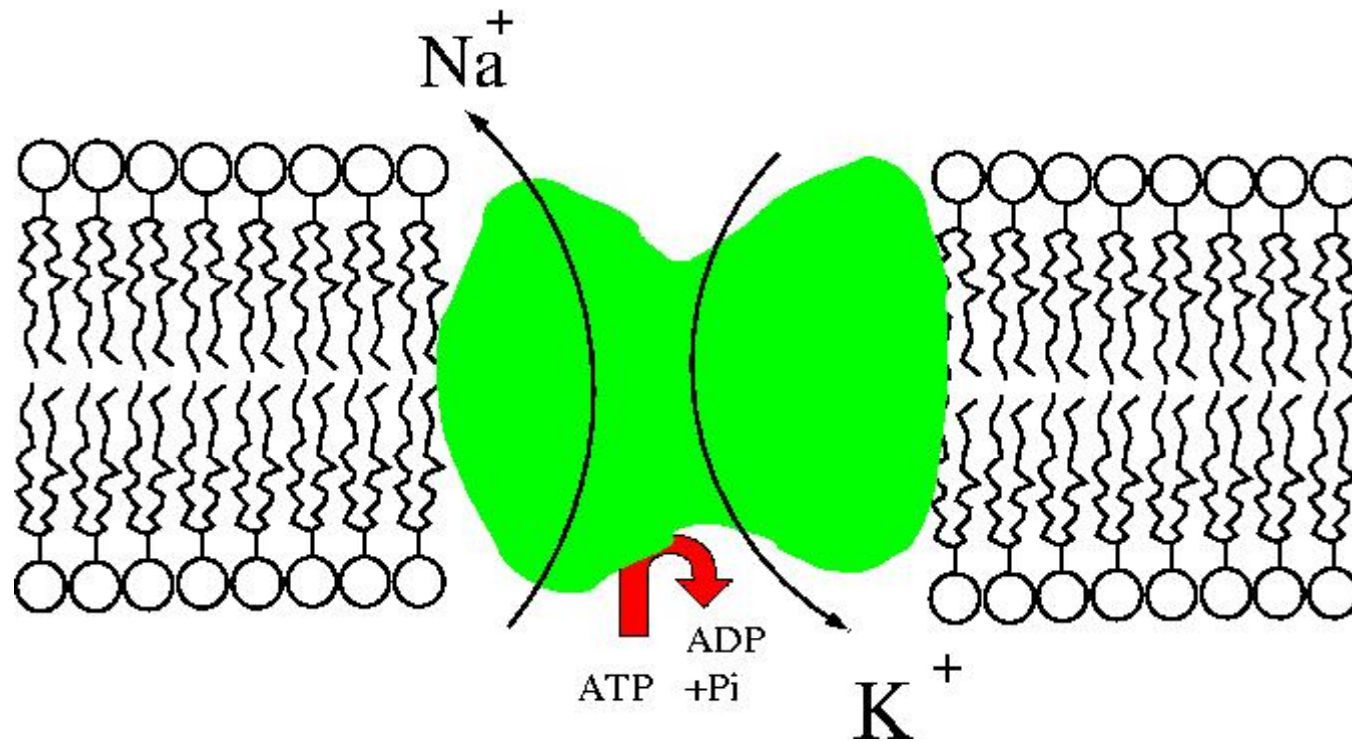
- ▶ Pompa jonowa jest to aktywny mechanizm utrzymujący duże stężenie jonów potasu i małe jonów sodu wewnątrz komórki.
- ▶ Transmisja jonów przeciwnie do gradientowi stężeń: jony  $\text{Na}^+$  na zewnątrz, a jony  $\text{K}^+$  do wewnątrz komórki. Do tego celu wykorzystywana jest energia z cząsteczki ATP.
- ▶ ATP – Adenozyno-5'-trójfosforan (ATP) – [organiczny związek chemiczny](#), [nukleotyd adeninowy](#) zbudowany z grupy trifosforanowej przyłączonej w pozycji 5' cząsteczki [adenozyny](#), tworząc bezwodnik kwasu fosforowego<sup>[2]</sup>. Odgrywa ważną rolę w biologii komórki, jako wielofunkcyjny [koenzym](#) i molekularna jednostka w wewnątrzkomórkowym transporcie energii<sup>[3]</sup>.

# Pompa sodowo-potasowa

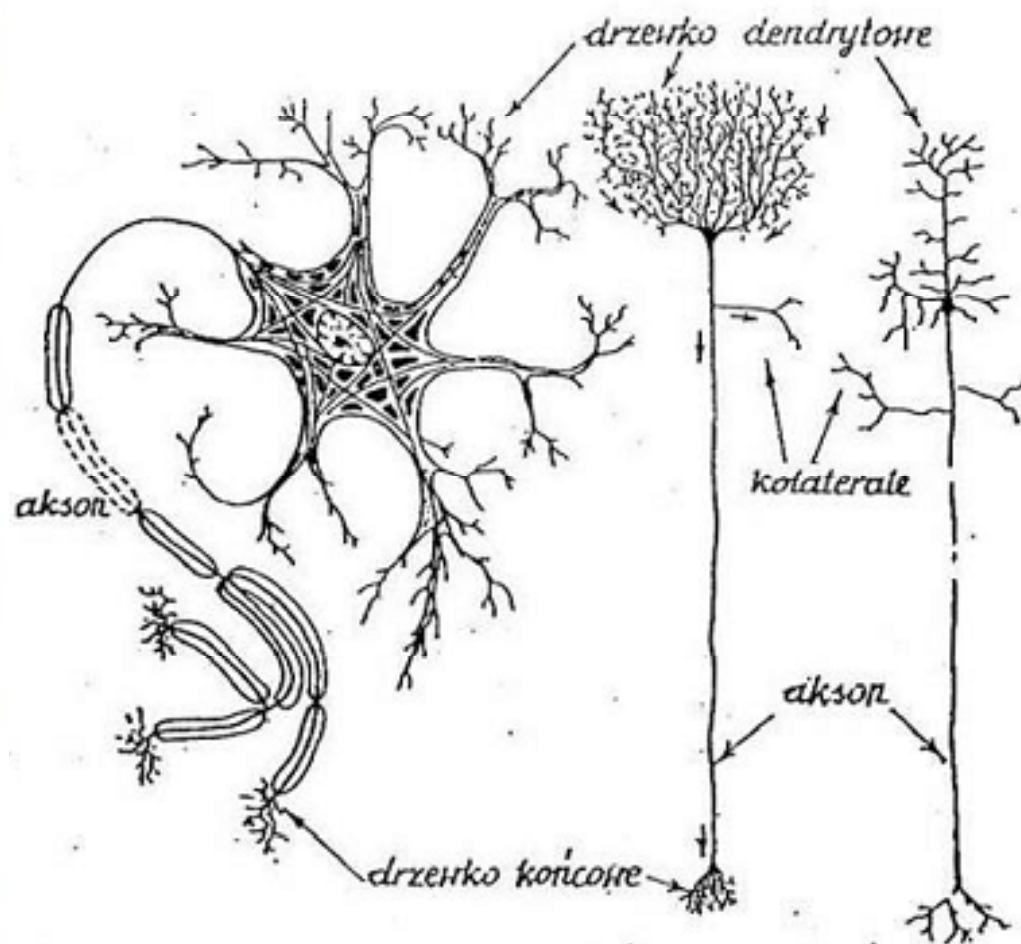
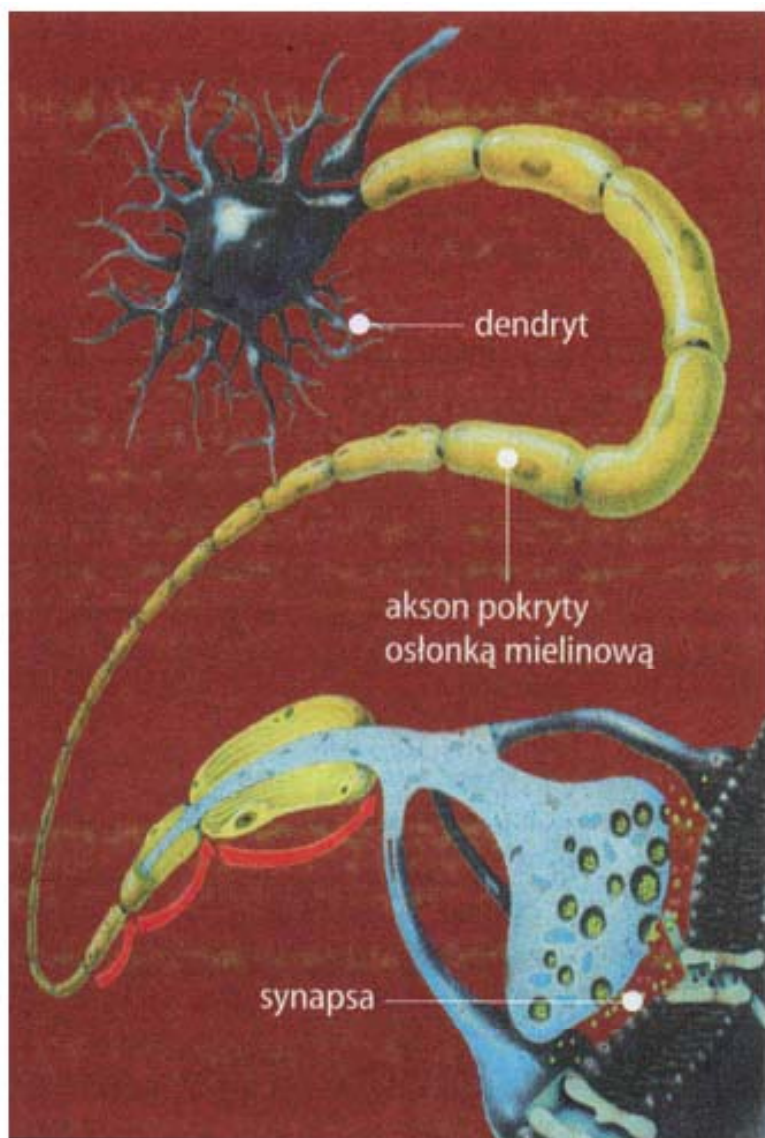
- ▶ Pompa sodowo-potasowa stanowi przykład mechanizmu aktywnego transportu. Transport ten polega na "przepompowywaniu" cząstek z obszaru o niższym stężeniu do obszaru o stężeniu wyższym (wbrew malejącemu gradientowi stężenia), energii zakumulowanej w tym gradiencie nie można wykorzystać, konieczne jest zatem dostarczenie jej z innego źródła (często jest nim ATP).



# Pompa sodowo-potasowa



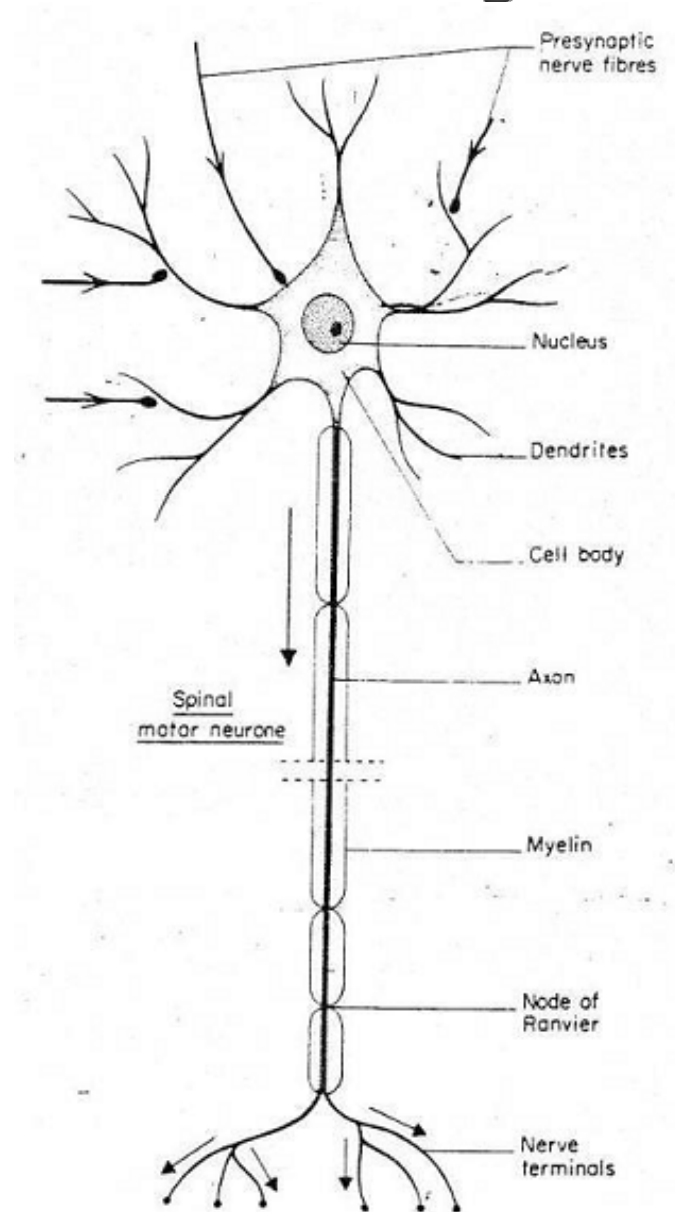
# Budowa komórki nerwowej



Różnice w kształcie komórki nerwowej wynikają z funkcji, jaką pełni oraz od miejsca występowania np. komórki układu obwodowego mają dłuższy akson.

# Budowa komórki nerwowej

- ▶ Część odbiorcza:
  - drzewo dendrytowe,
- ▶ Część przewodząca:
  - akson (neuryt),
- ▶ Część nadawcza:
  - zakończenia nerwowe z synapsami.



# Akson

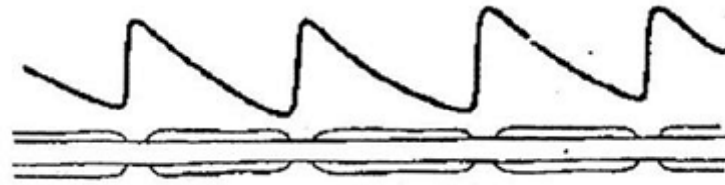
- ▶ Akson (neuryt) jest swoistym odpowiednikiem przewodnika w komórce nerwowej, którego zadaniem jest przesyłanie informacji z ciała komórki do zakończeń nerwowych.
- ▶ Neuryt otoczony jest osłonką mielinową. Mielina pełni funkcję ochrony mechanicznej oraz izolatora elektrycznego aksonu.

# Akson

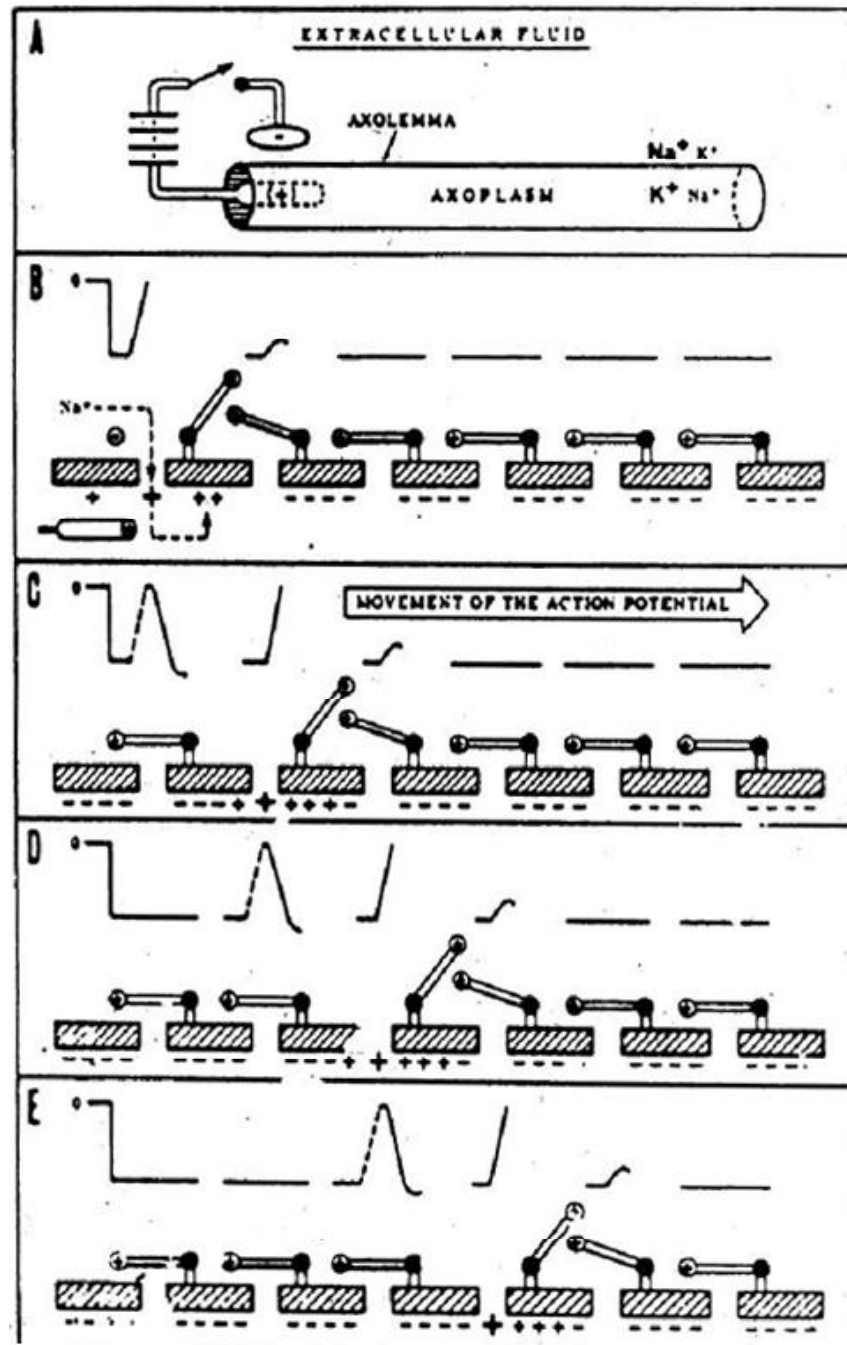
- ▶ Impuls nerwowy przechodzący przez osłonięty neuryt jest tłumiony. Tłumienność zależy od grubości włókna. Jednakże jego prędkość jest ogromna, gdyż jest izolowany.
- ▶ Aby sygnał mógł się odnowić, co pewną odległość występują przewężenia – miejsca nieosłonięte mieliną – zwane **przewężeniami Ranviera**. Nie ma w nich mieliny, lecz duża liczba kanałów jonowych.

# Akson

- ▶ W przewężeniu prędkość sygnału jest bardzo wolna, jednakże służą one temu, aby impuls uległ regeneracji, czyli powtórnemu uzyskaniu potencjału czynnościowego



Rys. Rozkład amplitud przebiegów wzdłuż włókna zmielinizowanego



Propagacja  
potencjałów  
czynnościowych

Rys.12 Propagacja potencjałów.

# Akson

Włókno:	Prędkość:
grube	20 - 150 [m/s]
średnie	3 - 15 [m/s]
cienkie	0,5 - 2 [m/s]

	Tłumienie	Prędkość
Przewężenie Ranviera	małe	wolna
Akson otoczony mieliną	duże	duża



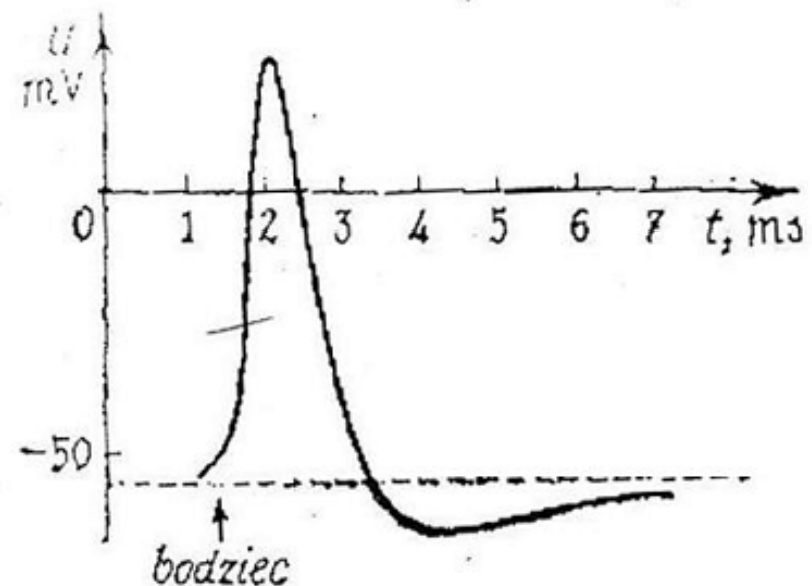
# Dendryty

- ▶ Dendryty pełnią funkcję odbiorczą w neuronie. Przesyłają odebraną za pomocą **synaps** informację z innych neuronów do ciała komórki.
- ▶ Posiadają rozgałęzioną strukturę.

# Potencjały

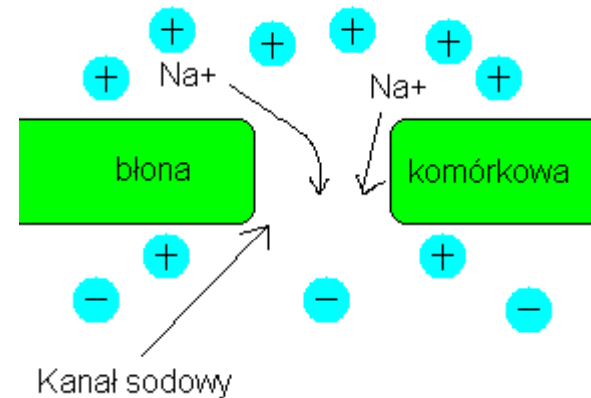
- ▶ **Potencjał spoczynkowy** – jest to różnica potencjałów na błonie komórkowej w stanie spoczynku komórki. Wynosi od  $-60$  do  $-90$  [mV].
- ▶ **Potencjał czynnościowy** – jest to chwilowa zmiana potencjału na błonie komórkowej.

Potencjał czynnościowy trwa ok. 1 [ms] w przypadku komórki nerwowej

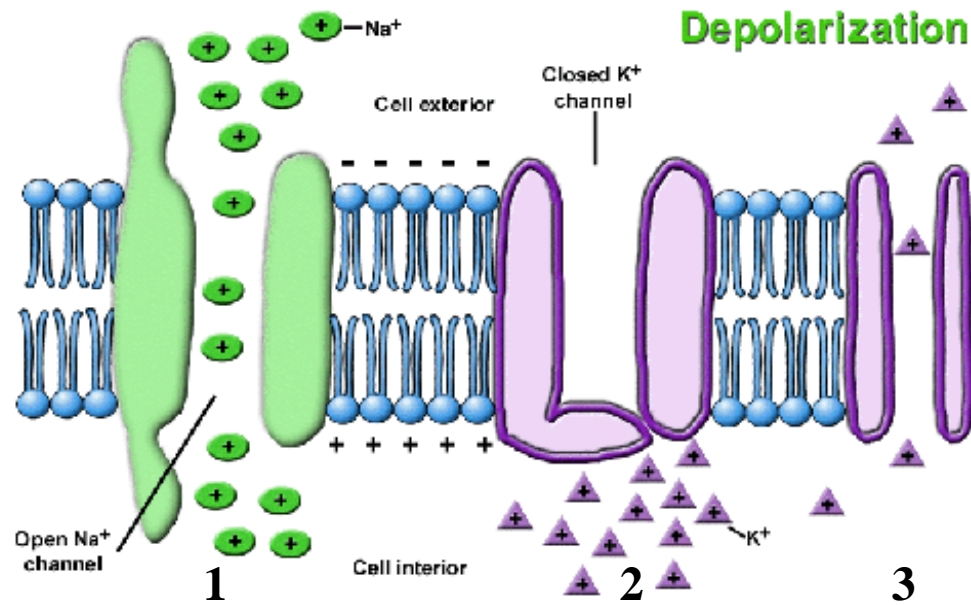


# Powstanie potencjału czynnościowego

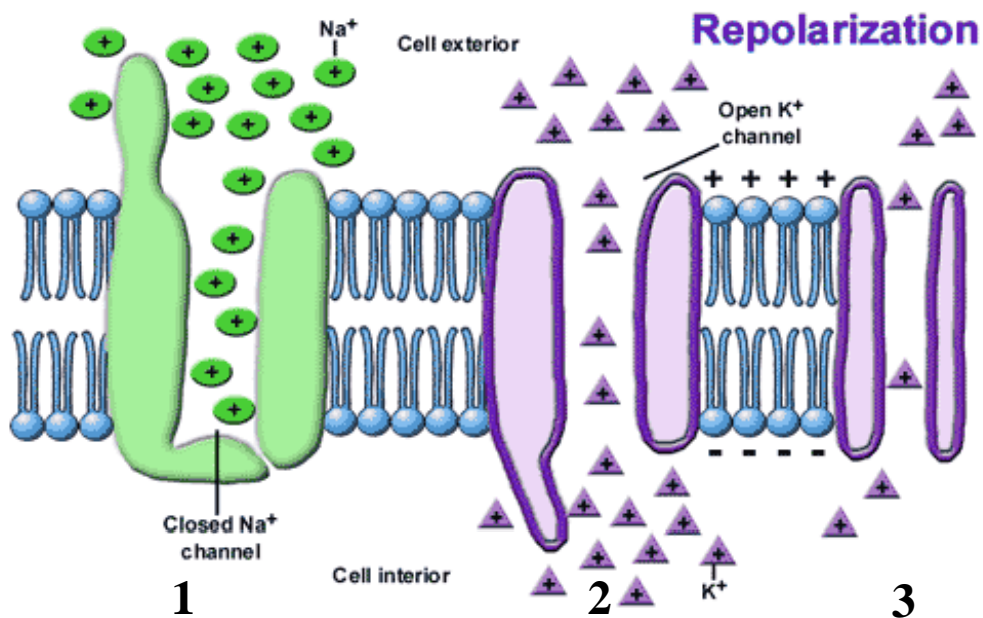
- ▶ Gdy pojawia się potencjał czynnościowy znikają bariery dla  $\text{Na}^+$ . Wnika on do wnętrza komórki zgodnie z gradientem stężeń.



- ▶ Dla potencjału czynnościowego wewnątrz staje się bardziej dodatnie w wyniku wnikania jonów sodu. Faza, w której jony wnikają do środka to faza depolaryzacji.
- ▶ Kolejnym etapem jest otwarcie kanałów potasowych. Te zmiany zachodzą wzdłuż aksonu – czyli pobudzenie – potencjał się przesuwa.



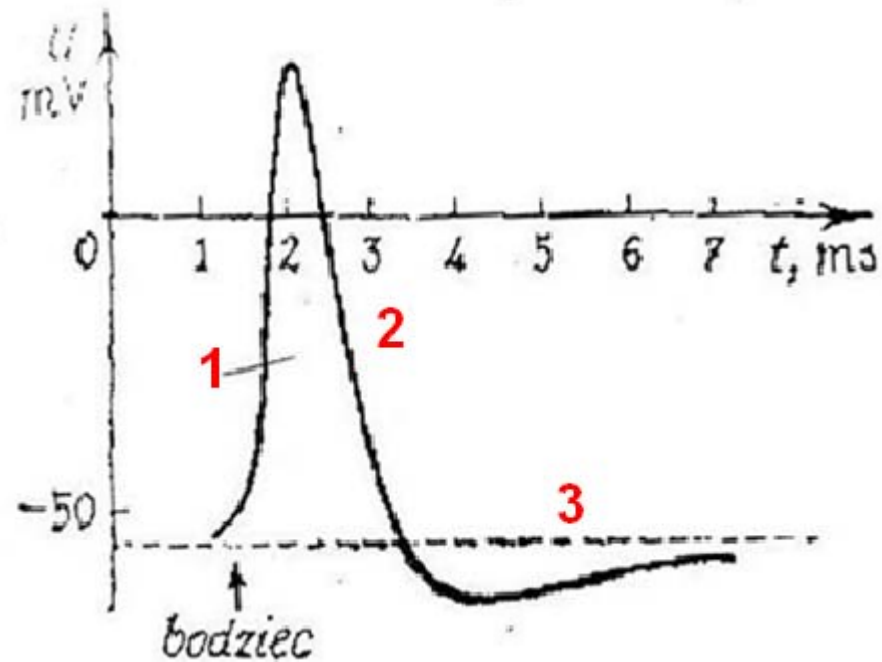
Powstanie  
potencjału  
czynnościowego



# Potencjał czynnościowy

FAZY:

1. Depolaryzacja (narastanie potencjału)
2. Repolaryzacja
3. Polaryzacja

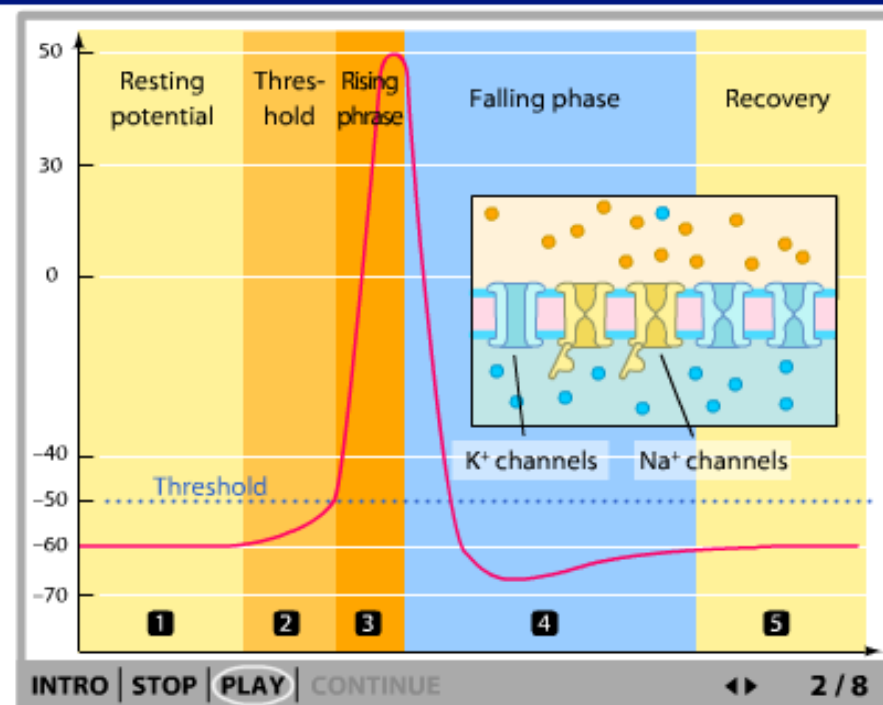


Rys. Potencjał czynnościowy w czasie

# Potencjał czynnościowy

FAZY budowania pot. czynnościowego:

1. Potencjał spoczynkowy
2. Przekroczenie progu
3. Narastanie potencjału czynnościowego
4. Faza opadania potencjału
5. Powrót do stanu początkowego



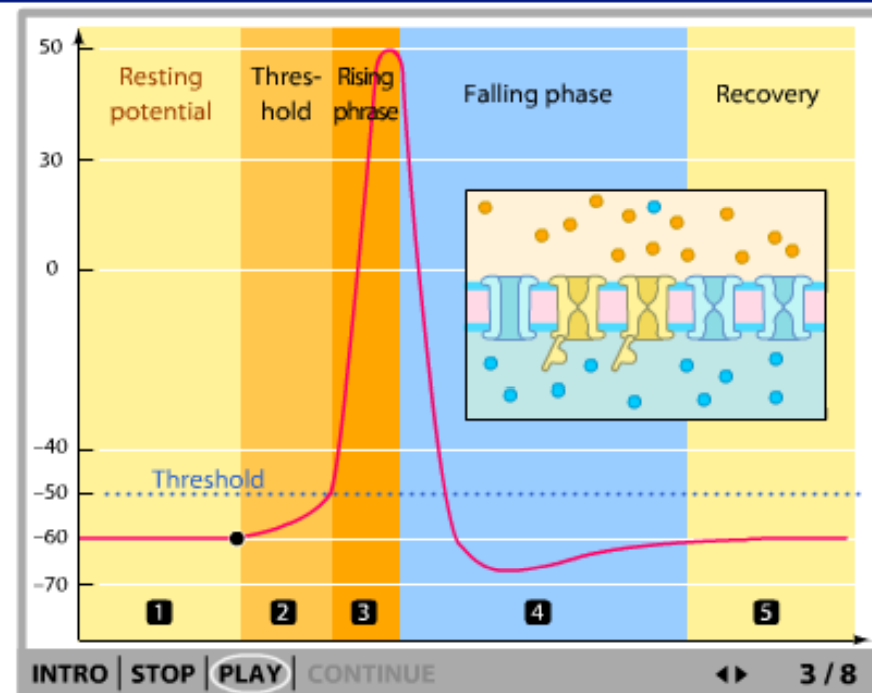
When the neuron is at rest, only a small subset of potassium channels are open, permitting K<sup>+</sup> ions to enter and exit the cell based on electrochemical forces. Note that there is no NET movement of K<sup>+</sup> ions; for each K<sup>+</sup> ion that leaves the cell, another returns, maintaining the membrane potential at a constant value.

<http://bcs.whfreeman.com/thelifewire/content/chp44/4402002.html>

# Potencjał czynnościowy

FAZY budowania pot. czynnościowego:

1. Potencjał spoczynkowy
2. Przekroczenie progu (*threshold*)
3. Narastanie potencjału czynnościowego
4. Faza opadania potencjału
5. Powrót do stanu początkowego

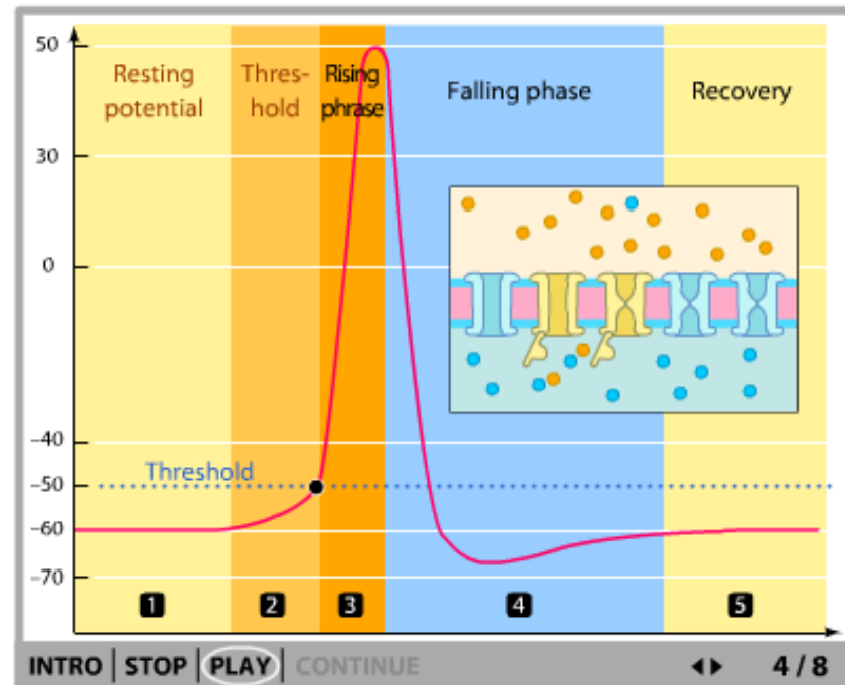


As a depolarizing stimulus arrives at our segment of the membrane, a few  $\text{Na}^+$  channels open, permitting  $\text{Na}^+$  ions to enter the neuron. The increase in positive ions inside the cell depolarizes the membrane potential (making it less negative), and brings it closer to the threshold at which an action potential is generated.

# Potencjał czynnościowy

FAZY budowania pot. czynnościowego:

1. Potencjał spoczynkowy
2. Przekroczenie progu
3. Narastanie potencjału czynnościowego
4. Faza opadania potencjału
5. Powrót do stanu początkowego



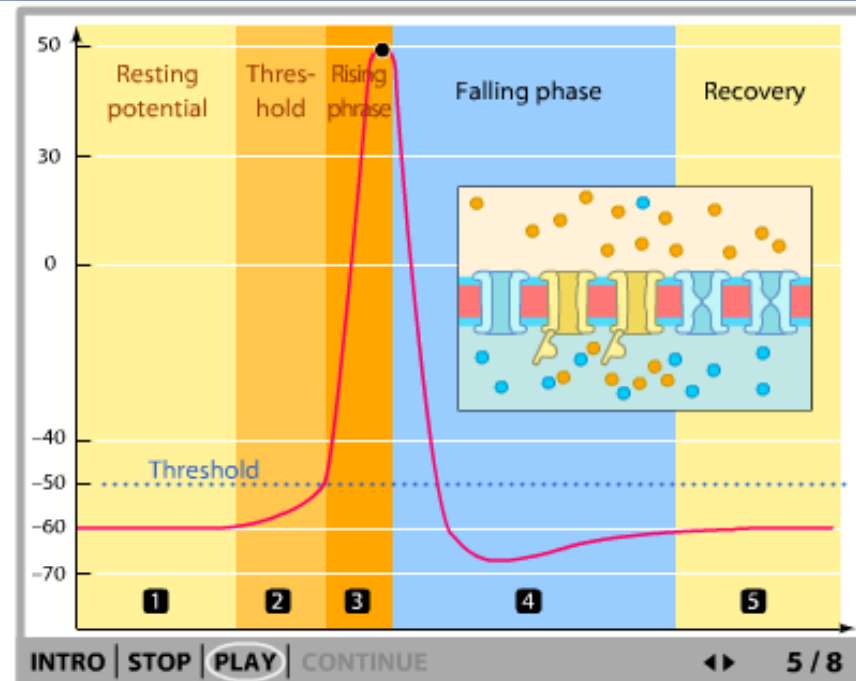
If the depolarization reaches the threshold potential, additional voltage-gated sodium channels open. As positive Na<sup>+</sup> ions rush into the cell, the voltage across the membrane rapidly reverses and reaches its most positive value.



# Potencjał czynnościowy

FAZY budowania pot. czynnościowego:

1. Potencjał spoczynkowy
2. Przekroczenie progu
3. Narastanie potencjału czynnościowego
4. Faza opadania potencjału
5. Powrót do stanu początkowego

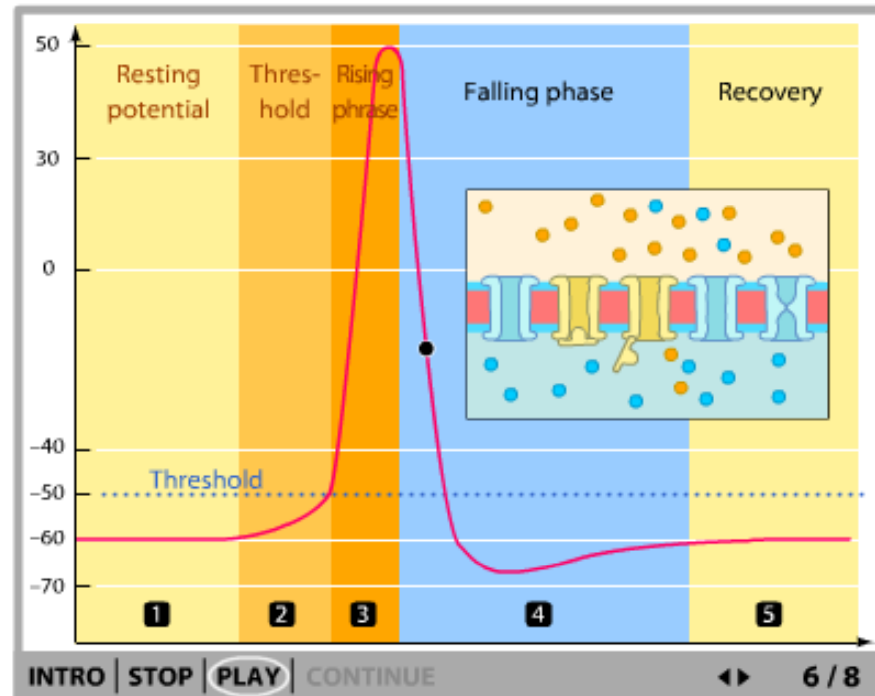


At the peak of the action potential, two processes occur simultaneously. First, many of the voltage-gated sodium channels begin to close. Second, many more potassium channels open, allowing positive charges to leave the cell. This causes the membrane potential to begin to shift back towards the resting membrane potential.

# Potencjał czynnościowy

FAZY budowania pot. czynnościowego:

1. Potencjał spoczynkowy
2. Przekroczenie progu
3. Narastanie potencjału czynnościowego
4. Faza opadania potencjału
5. Powrót do stanu początkowego

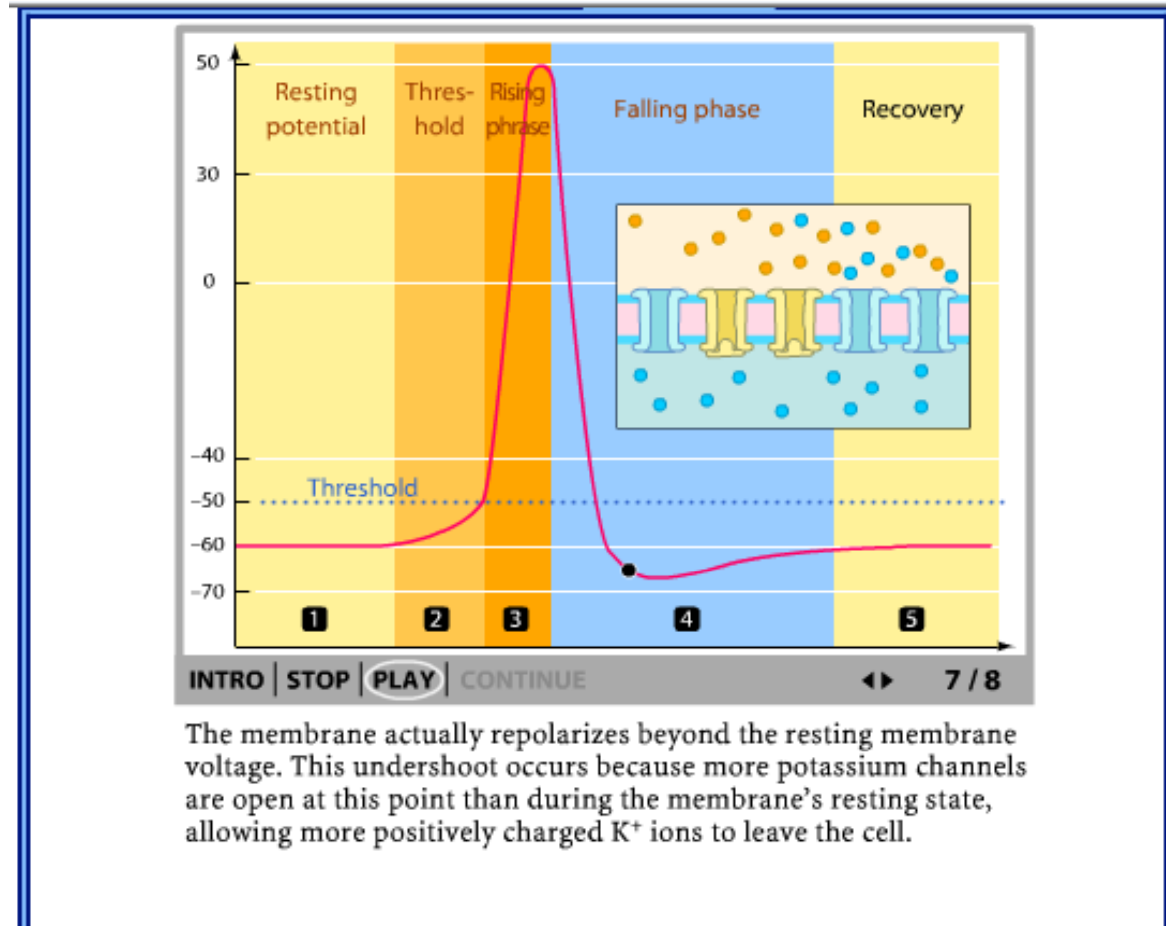


As the membrane potential approaches the resting potential, voltage-gated potassium channels are maximally activated and open.

# Potencjał czynnościowy

FAZY budowania pot. czynnościowego:

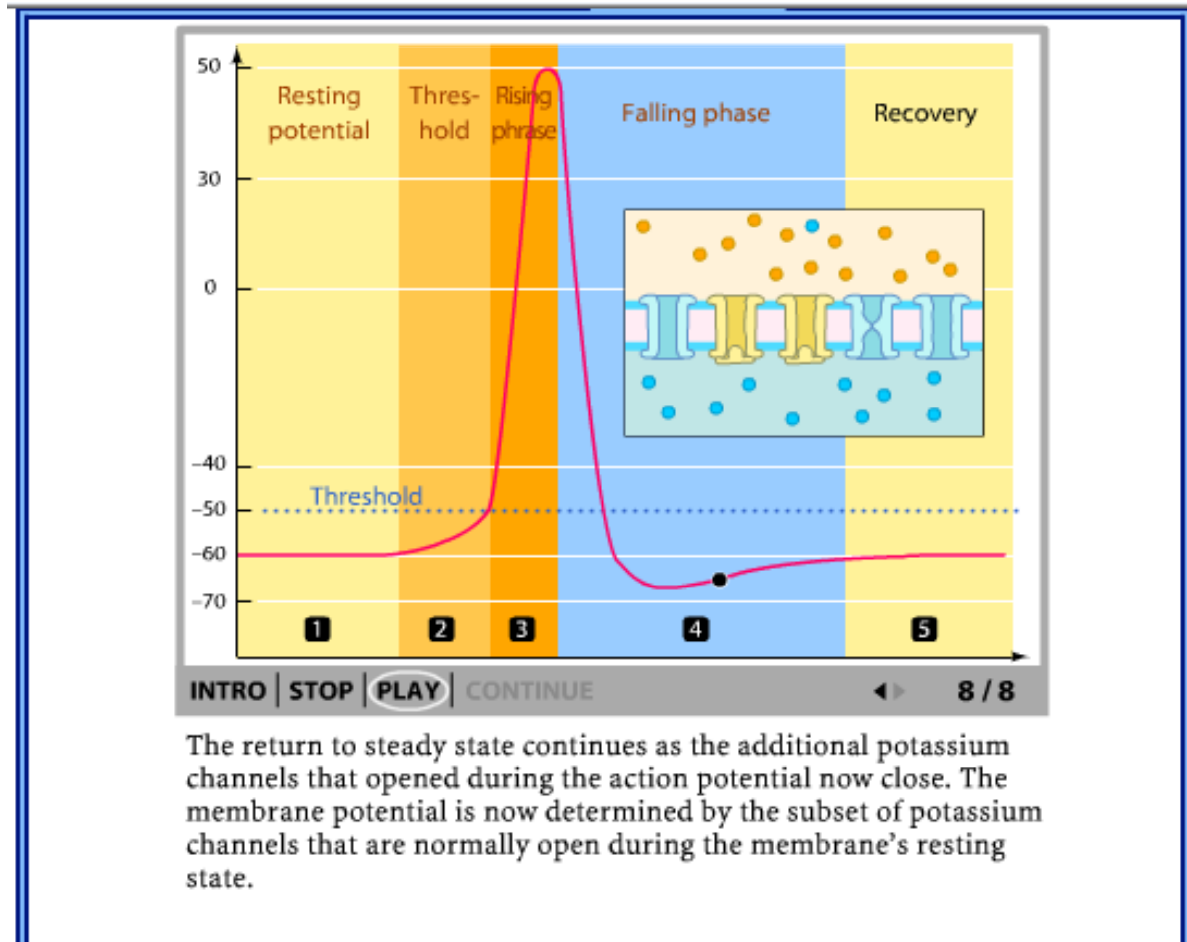
1. Potencjał spoczynkowy
2. Przekroczenie progu
3. Narastanie potencjału czynnościowego
4. Faza opadania potencjału
5. Powrót do stanu początkowego



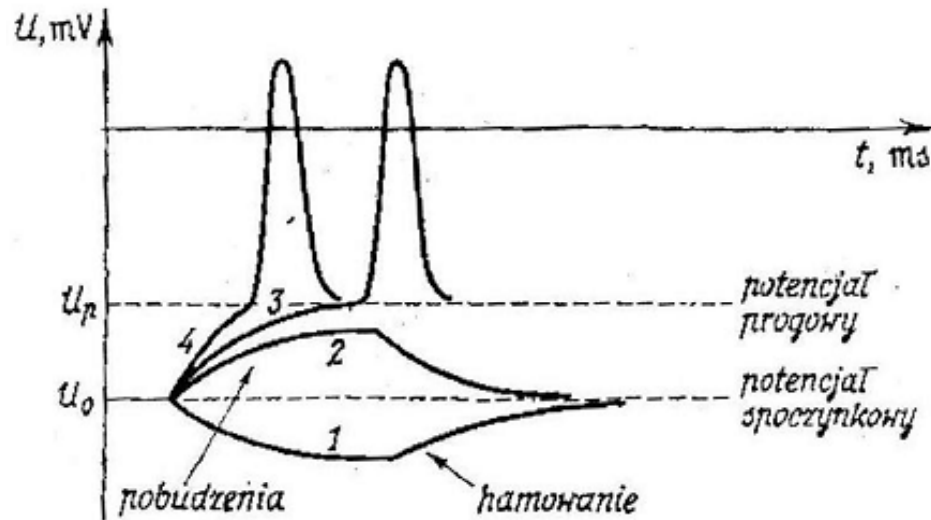
# Potencjał czynnościowy

FAZY budowania pot. czynnościowego:

1. Potencjał spoczynkowy
2. Przekroczenie progu
3. Narastanie potencjału czynnościowego
4. Faza opadania potencjału
5. Powrót do stanu początkowego



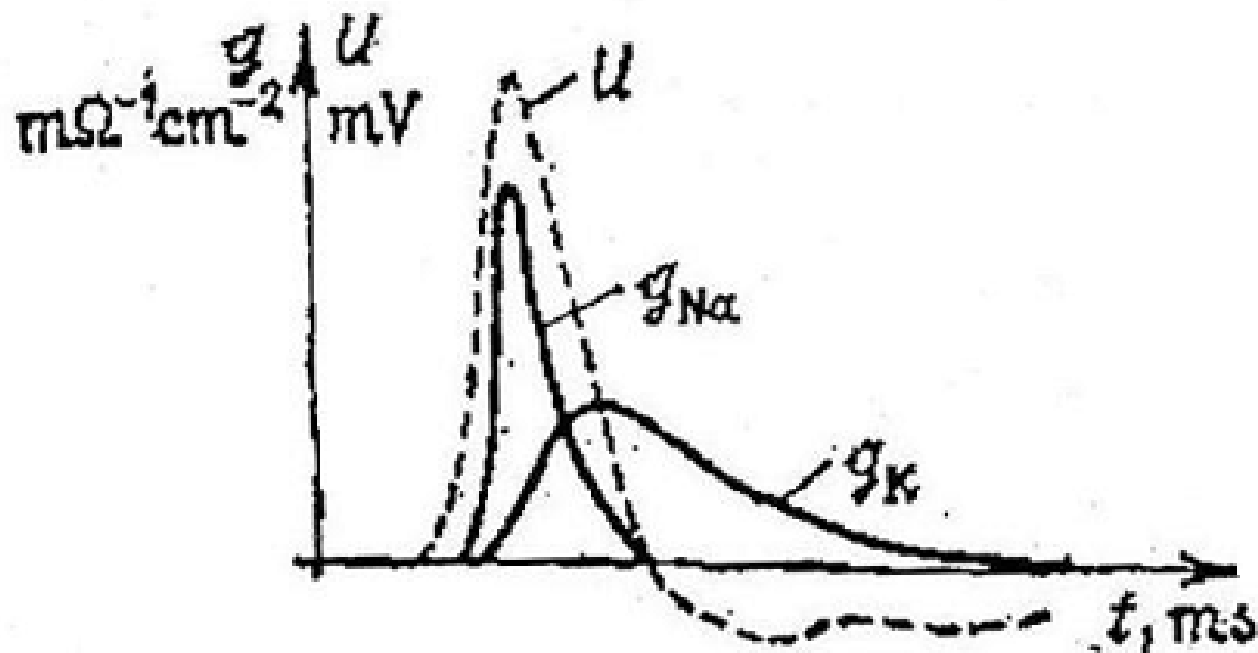
# Potencjał czynnościowy



Rys. Przebieg sygnału dla różnych pobudzeń.

- ▶ Aby mógł się wytworzyć potencjał czynnościowy, pobudzenie musi przekroczyć potencjał progowy  $U_p$ .

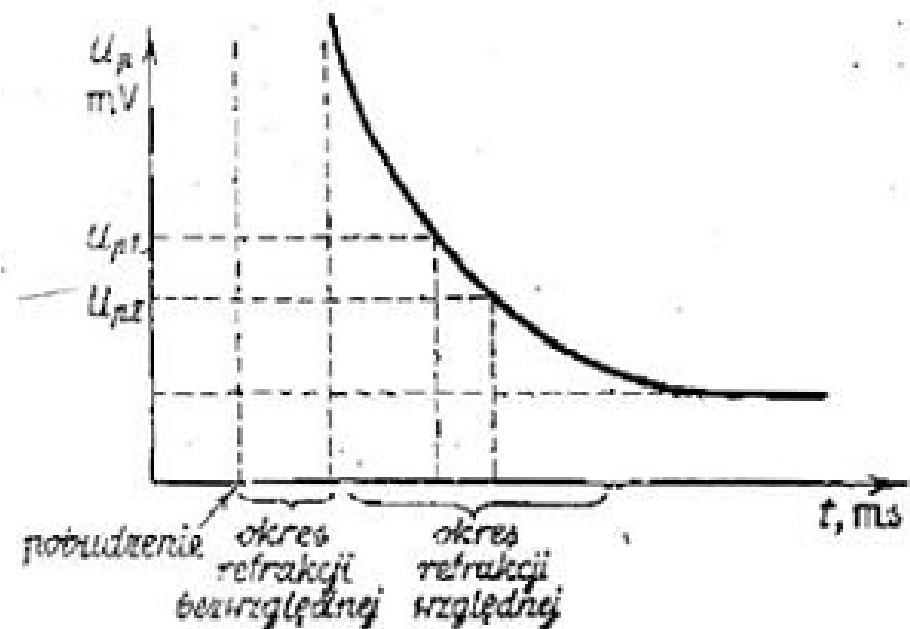
# Potencjał czynnościowy



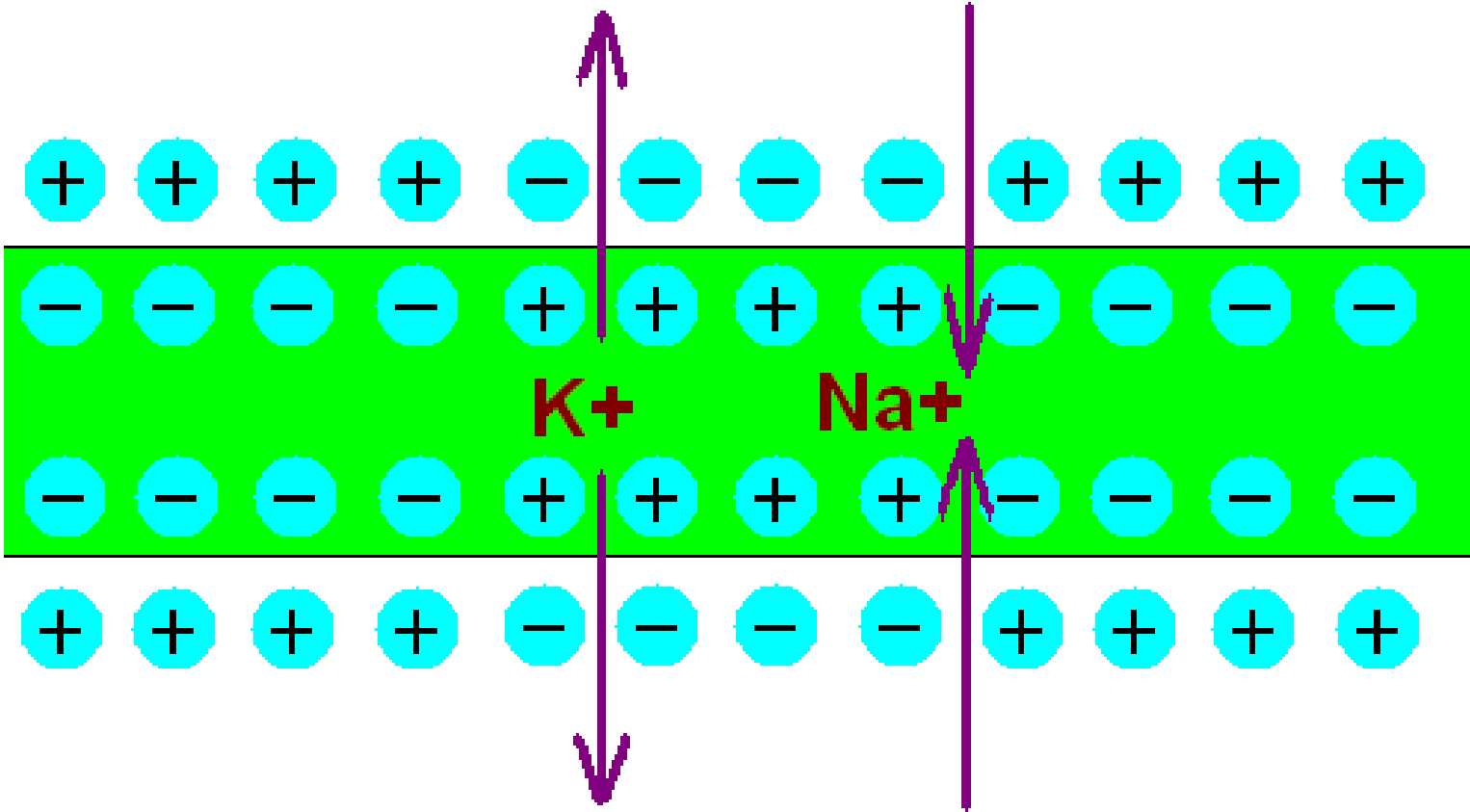
Rys. Zmiany przewodności dla jonów sodu i potasu na tle przebiegu potencjału czynnościowego w czasie.

# Potencjał czynnościowy

- ▶ W czasie refrakcji **bezwzględnej** nie może wytworzyć się potencjał czynnościowy.
- ▶ W czasie refrakcji **względnej** może się wytworzyć, jednakże pobudzenie musi przekroczyć podwyższone napięcie progowe.
- ▶ Refrakcja *zabezpiecza przed sumowaniem się* potencjałów cz. oraz zapewnia przewodzenie potencjału tylko w jednym kierunku.



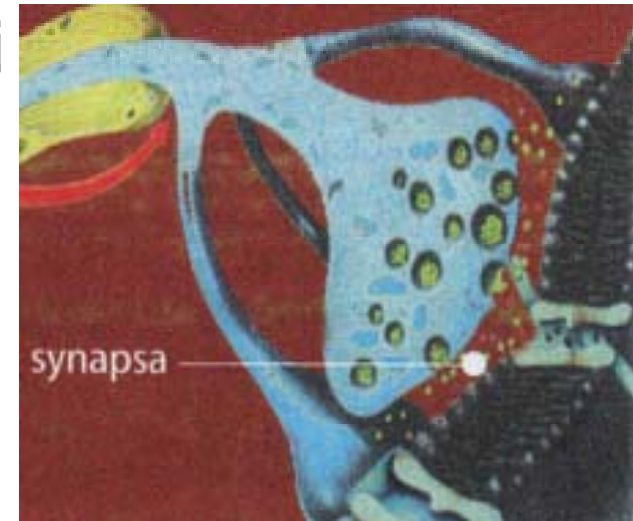
# Rozchodzenie się potencjału czynnościowego w aksonie





# Synapsy

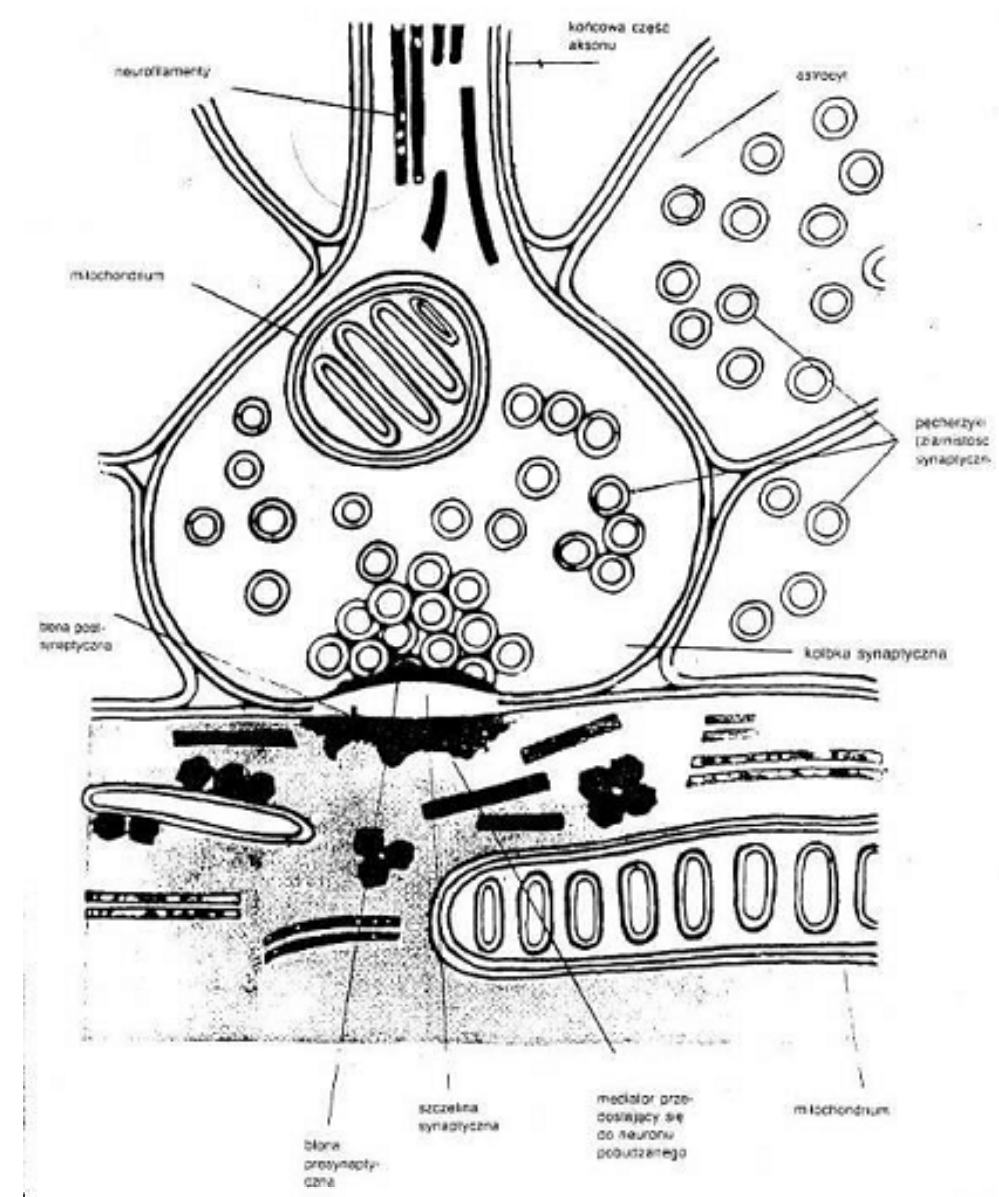
- ▶ Za ich pomocą odbywa się przekazywanie i odbiór sygnałów elektrycznych pomiędzy komórkami. Dzieje się to za pomocą określonej substancji chemicznej – mediatora (neuroprzekaźnika) np.: acetylocholiny.



# Synapsy

Sygnal elektryczny dociera do synapsy, tam w pęcherzykach synaptycznych znajduje się neuroprzebiecznik. Zostaje on wydzielony do szczeliny synaptycznej.

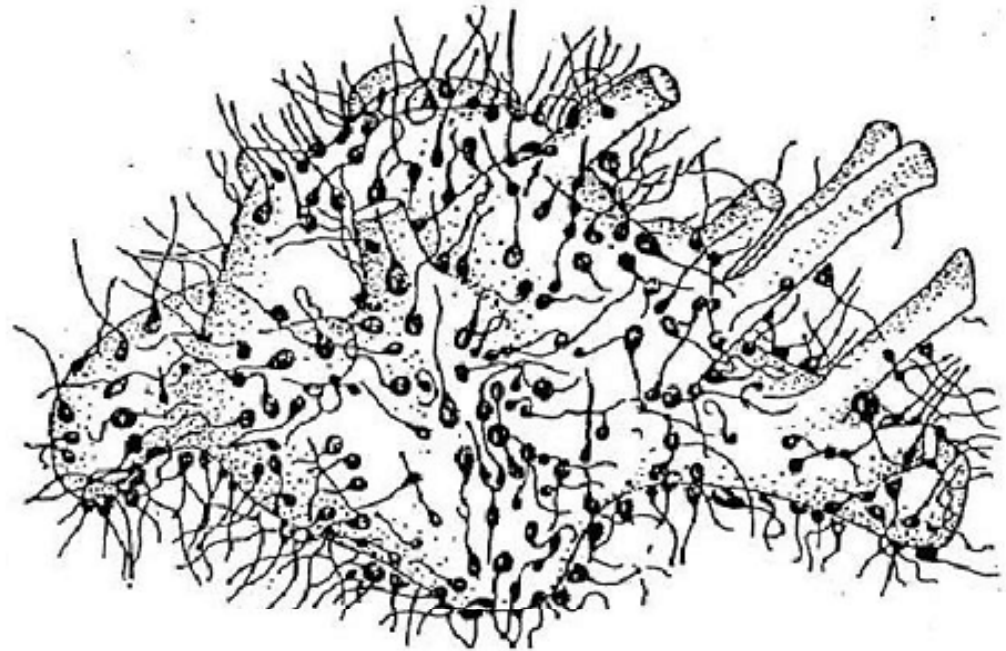
Od strony wydzielającej można wyróżnić błonę presynaptyczną, zaś po stronie odbiorczej błonę postsynaptyczną.



Budowa synapsy

# Synapsy

- ▶ Synapsy są gęsto ułożone na zakończeniach k. nerwowych. Jest ich bardzo dużo, ich działanie jest rozłożone w czasie (mediator rozkładany jest z pewną stałą czasową: 2 do 4 ms).
- ▶ Podczas przekazywania informacji nie działa jedna synapsa, lecz wiele. Stąd mówi się o sumowaniu: przestrzennym i czasowym bodźców.

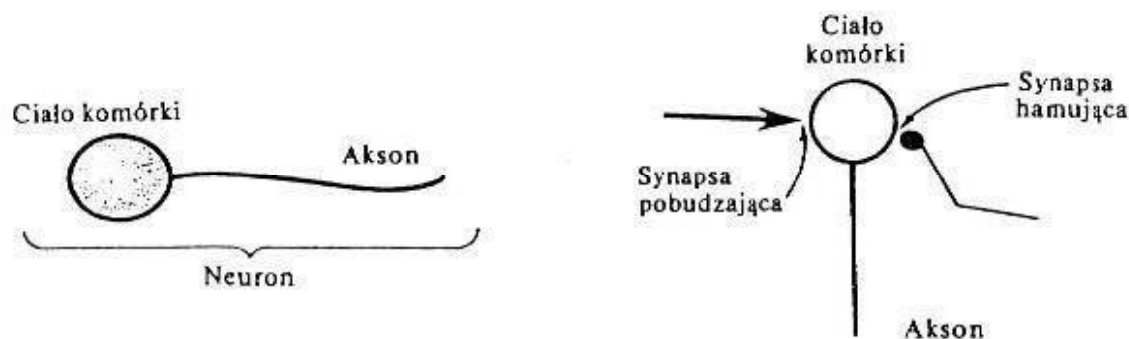


Przykład rozmieszczenia synaps na komórce nerwowej

# Synapsy

- ▶ Mamy synapsy pobudzające i hamujące, które doprowadzają do stanu równowagi.

Średnica synapsy	0,5 – 2 [ $\mu\text{m}$ ]
Szczelina synaptyczna	200 Å
Opóźnienie synaptyczne	0,5 [ms]
Czas przesłania informacji przez włókno nerwowe	0,5 – 12 [ms]



Rys. 9 Akson – synapsa.

## **Różnice pomiędzy rozchodzeniem się bodźca w aksonie a pobudzeniem rozchodzącym się w synapsie**

Pobudzenie aksonu to zjawisko określane w fizjologii "wszystko albo nic", polegające na tym, że bodziec, jeśli jest dostatecznie silny, wywołuje zawsze tę samą reakcję, jeśli jest zbyt słaby, nie jest w stanie nawet reakcji zapoczątkować.

W synapsie, każdy nadchodzący bodziec powoduje przejście na drugą stronę szczeliny synaptycznej pewnej porcji mediatora chemicznego. Synapsy przewodzą sygnał tylko w jednym kierunku — od aksonu jednej komórki do dendrytu drugiej.

Równowagę zapewnia fakt, że na ciele komórkowym i jego dendrytach znajduje się wiele zakończeń aksonów i rzadko neuron pobudzany jest przez bodziec nadchodzący tylko z jednego, nadchodzące po sobie sygnały sumują się. Dzięki temu systemowi, zniszczenie kilku komórek nerwowych nie zakłóca wykonywanej przez nie czynności, ponieważ ich rolę przejmują komórki sąsiednie (kanały równoległe).