



POLITECHNIKA
GDAŃSKA

AI TECH



Wprowadzenie do Sztucznej Inteligencji

Wykład 2 (2h)

Podstawy SI

prof. dr hab. inż. Bożena Kostek LAF/KSM WETI



Fundusze
Europejskie
Polska Cyfrowa



Rzeczpospolita
Polska

Unia Europejska
Europejski Fundusz
Rozwoju Regionalnego



Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego

Program Operacyjny Polska Cyfrowa na lata 2014-2020.

Oś priorytetowa nr 3 „Cyfrowe kompetencje społeczeństwa”, działanie nr 3.2 „Innowacyjne rozwiązania na rzecz aktywizacji cyfrowej”.

Tytuł projektu: „Akademia Innowacyjnych Zastosowań Technologii Cyfrowych (AI Tech)”.

Wprowadzenie do SI

prof. dr hab. inż. Bożena Kostek (p. 731)

LAF/KSM WETI, PG

bokostek@audioakustyka.org

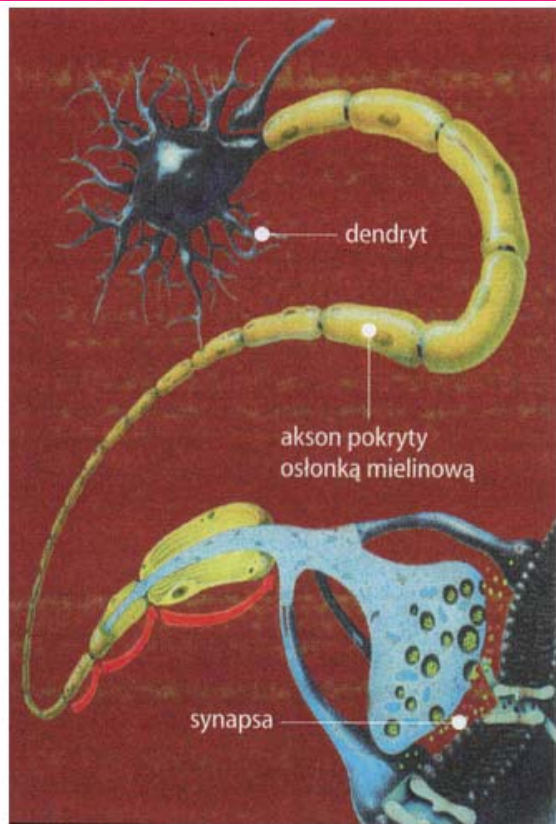
[wprowadzenie SI@multimed.org](mailto:wprowadzenie_SI@multimed.org)

Wprowadzenie do sztucznej inteligencji

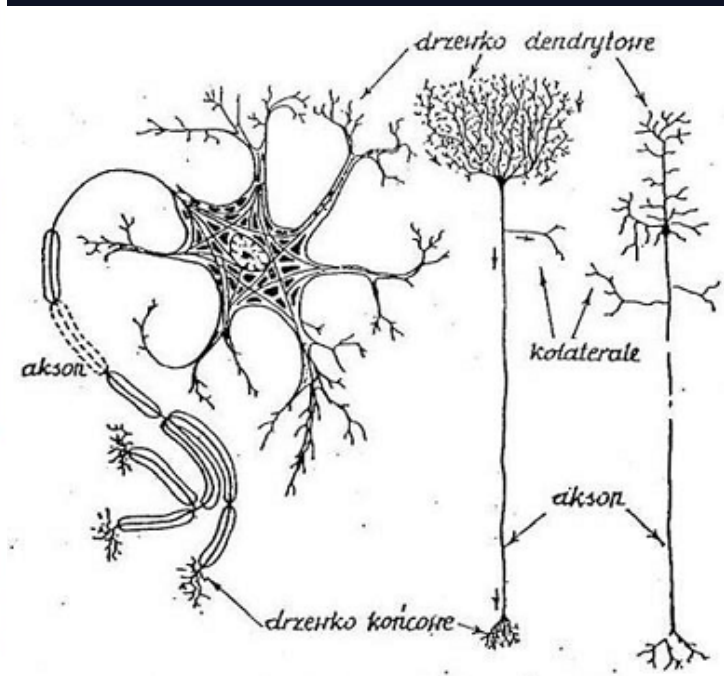
Podstawy SI

- Materiały do wykładu:
- <http://galaxy.uci.agh.edu.pl/~vlisi/AI/wstep/>
- http://www.neurosoft.edu.pl/media/pdf/tkwater/nowoczesne_tehniki_informatyczne/ssn.pdf
- E. Walsh, Fizjologia układu nerwowego, PZWL, Warszawa, 1966.
- J. Renowski, Politechnika Wrocławska

Budowa komórki nerwowej (analogia do neuronu)



Źródło: prezentacja J. Renowski, Pol. Wrocławska

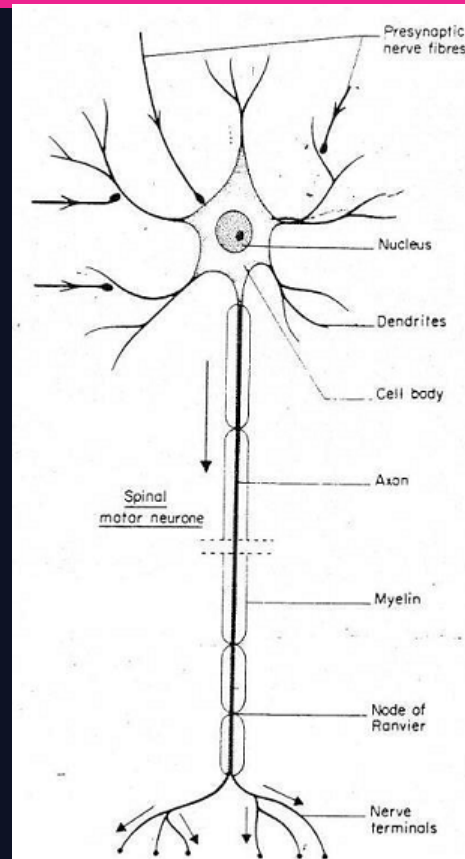


Różnice w kształcie komórki nerwowej wynikają z funkcji, jaką pełni oraz od miejsca występowania np. komórki układu obwodowego mają dłuższy akson.

E. Walsh, Fizjologia układu nerwowego, PZWL, Warszawa, 1966.

Budowa komórki nerwowej

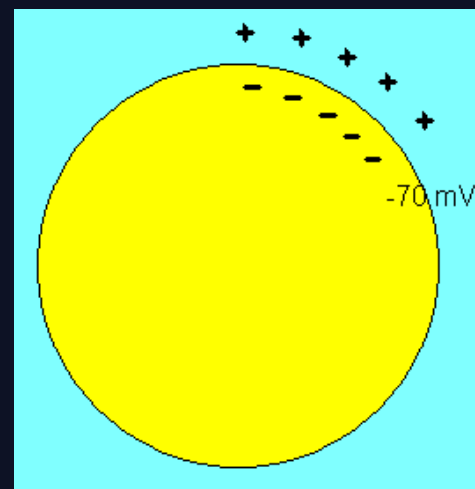
- Część odbiorcza:
 - drzewo dendrytowe,
- Część przewodząca:
 - akson (neuryt),
- Część nadawcza:
 - zakończenia nerwowe z synapsami.



E. Walsh, Fizjologia układu nerwowego, PZWL, Warszawa, 1966.

Właściwości komórki nerwowej

- 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 nerwowej

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

Właściwości komórki nerwowej

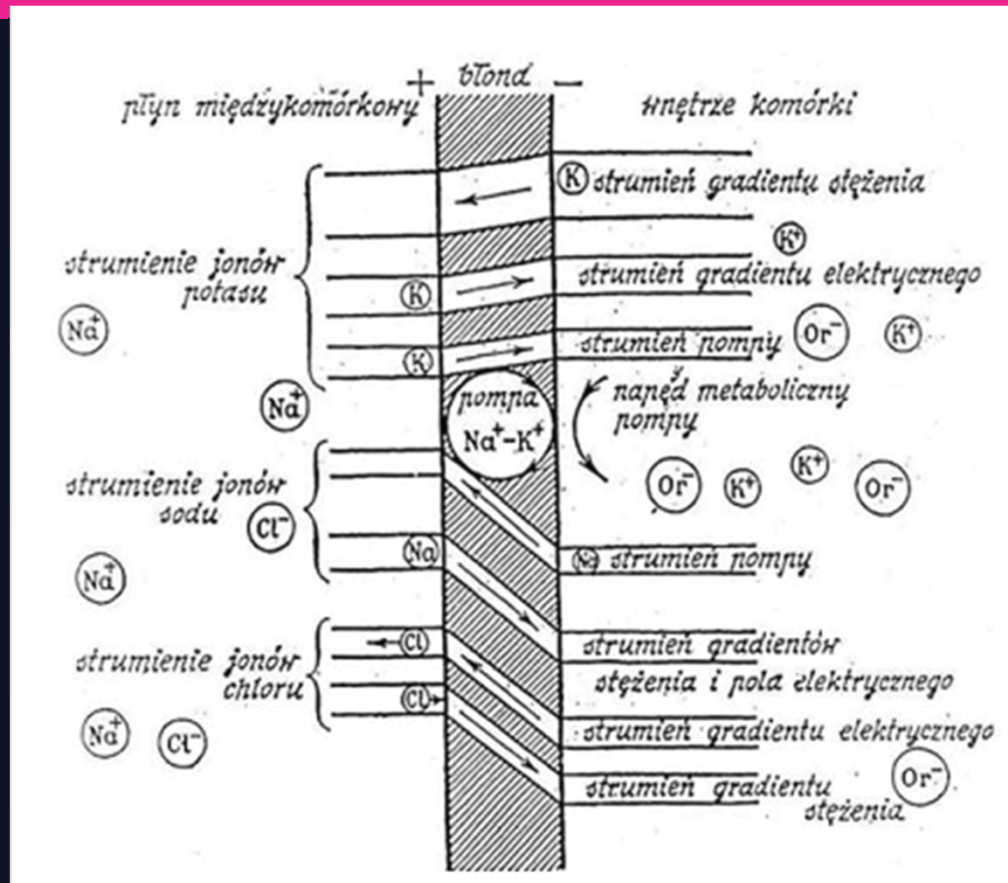
▶ Błoną komórkową rządzą cztery zjawiska:

- 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 nerwowej

- 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



E. Walsh, Fizjologia układu nerwowego, PZWL, Warszawa, 1966.

Pompa sodowo-potasowa

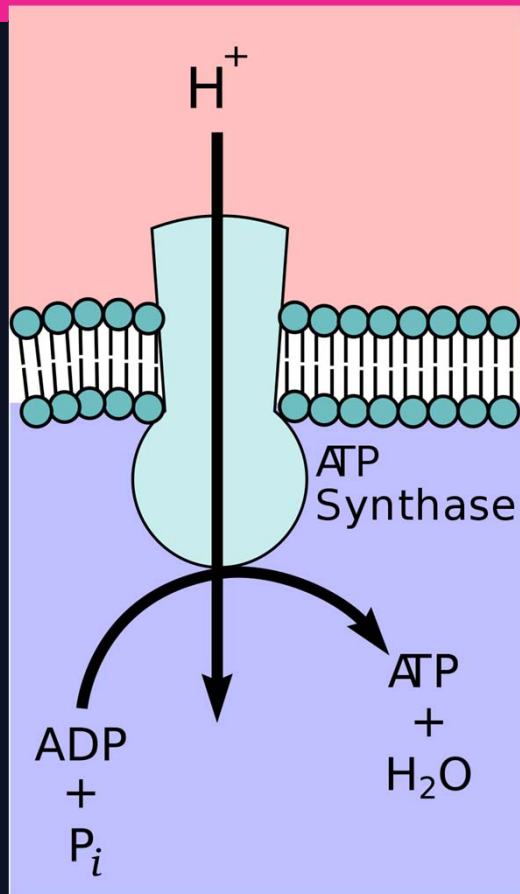
- Pompa jonowa jest to aktywny mechanizm utrzymujący duże stężenie jonów potasu i małe jonów sodu wewnątrz komórki.
- Transmisja jonów wbrew gradientowi stężeń: jony Na^+ na zewnątrz, a jony K^+ do wewnątrz komórki. Do tego celu wykorzystywana jest energia z cząsteczki ATP.
- ATP - **Adenozyno-5'-trójfosforan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

wikipedia.org

Pompa sodowo-potasowa

- Pompa sodowo-potasowa jest to 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



By Mitochondriale_Elektronentransportkette.svg:
Klaus Hoffmeier derivative work: Matt (talk)
Mitochondriale_Elektronentransportkette.svg,
Public Domain,
<https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=10616036>

Akson

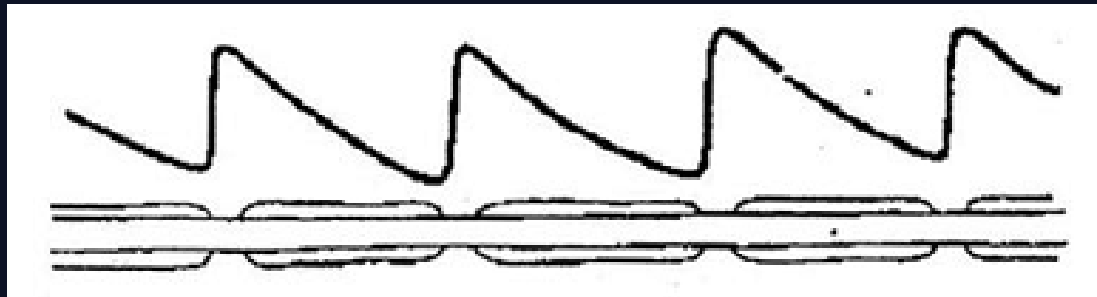
- Akson jest swoistym **odpowiednikiem przewodnika** w komórce nerwowej, którego zadaniem jest przesyłanie informacji z ciała komórki do zakończeń nerwowych.
- Neuryt otoczony jest **osłonką mielinową**. **Mielina** pełni funkcję **ochrony mechanicznej** oraz **izolatora elektrycznego** aksonu.

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

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.

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.

Rys. J. Renowski, P. Wrocław.

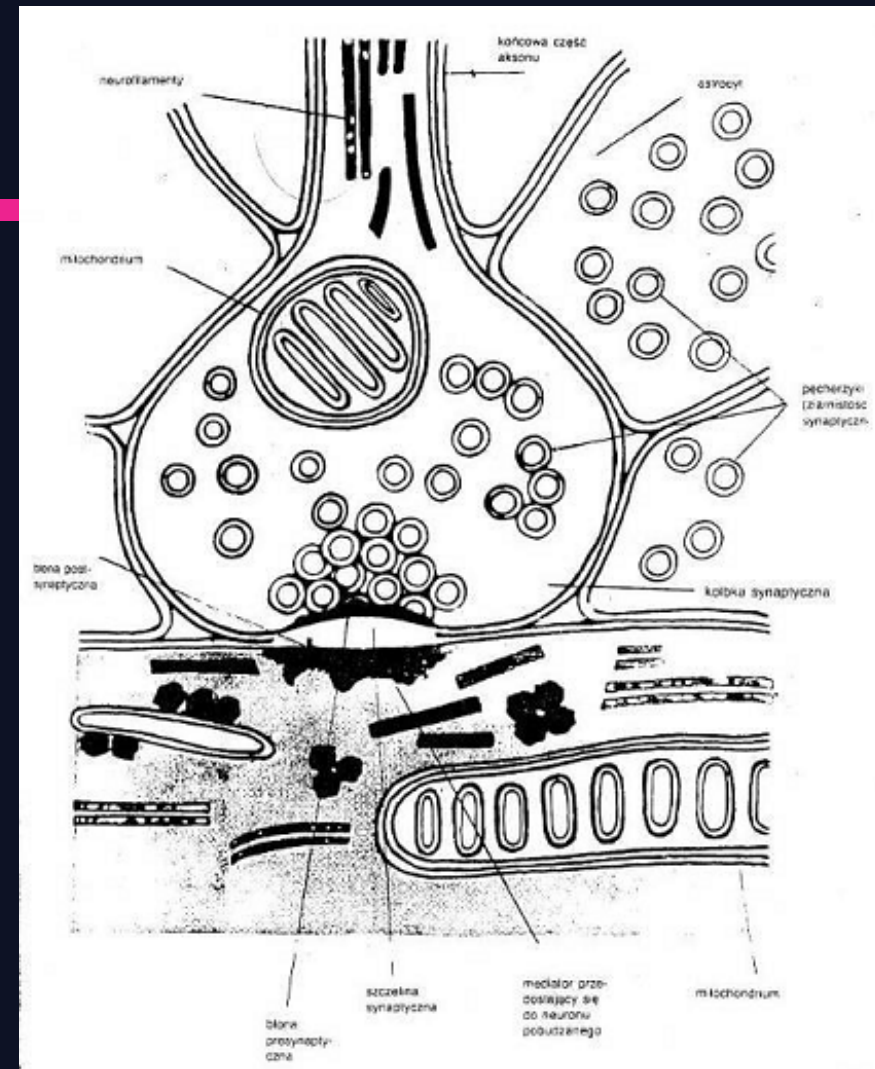


Synapsy

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

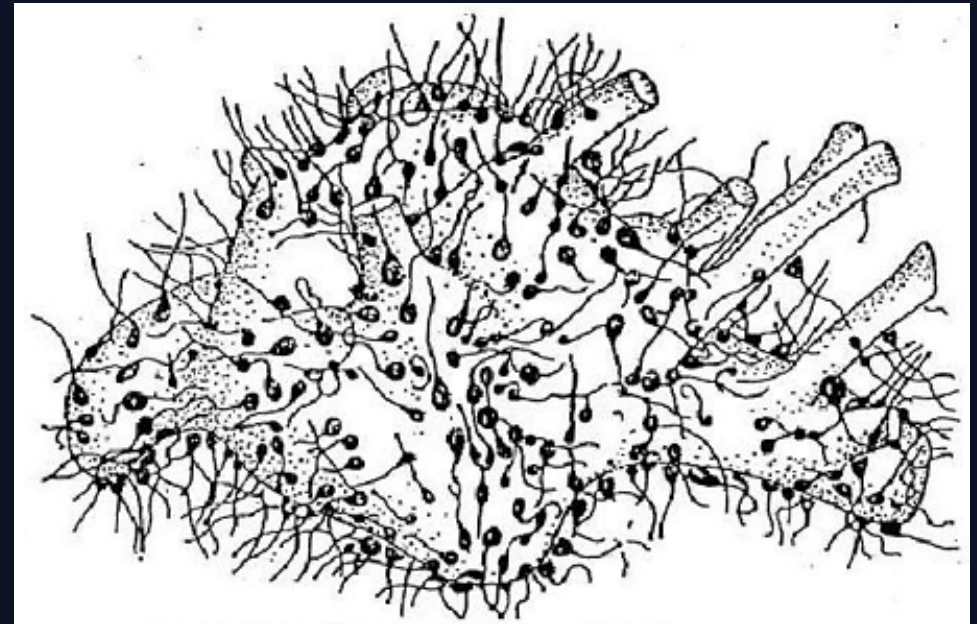
Od strony wydzielającej można wyróżnić **błone presynaptyczną**, zaś po stronie odbiorczej **błone postsynaptyczną**.

Rys. Budowa synapsy (E. Walsh, Fizjologia układu nerwowego, PZWL, Warszawa, 1966.)



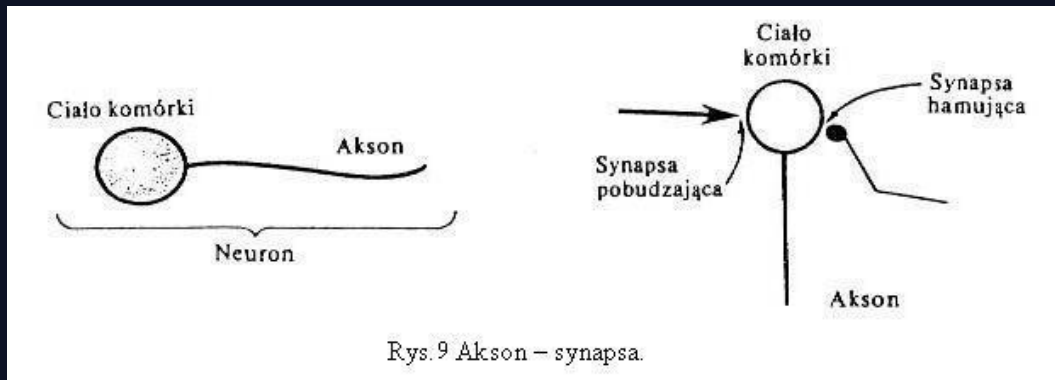
Synapsy

- ▶ 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), z czego wynikają opóźnienia w zadziałaniu neuronu.
- ▶ Podczas przekazywania informacji nie działa jedna synapsa, lecz wiele. Stąd mówi się o sumowaniu: przestrzennym i czasowym bodźców.
- ▶ Rys. Przykład rozmieszczenia synaps na komórce nerwowej (E. Walsh, Fizjologia układu nerwowego, PZWL, Warszawa, 1966.)



Synapsy

- Wyróżnia się synapsy pobudzające i hamujące, które doprowadzają do stanu równowagi.



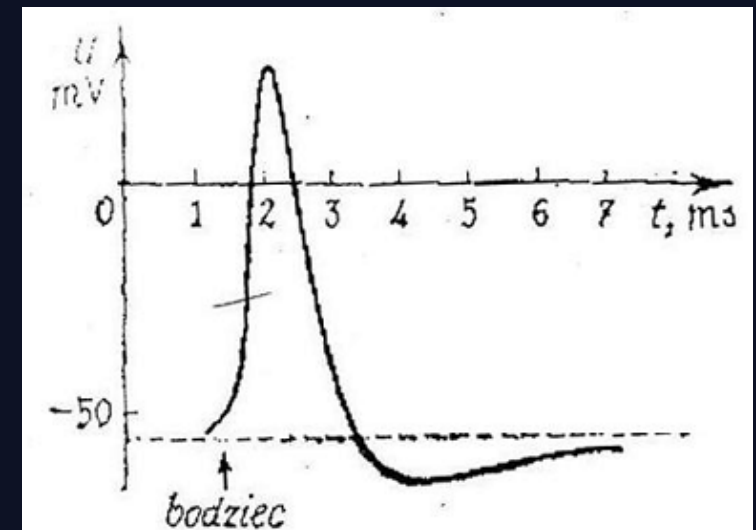
Średnica synapsy	0,5 – 2 [μm]
Szczelina synaptyczna	200 Å
Opóźnienie synaptyczne	0,5 [ms]
Czas przesłania informacji przez włókno nerwowe	0,5 – 12 [ms]

Synapsy

- Typowy akson neuronu łączy się z ok. 10 tys. synaps innych neuronów.
- Duża liczba synaps, z których łączy się każdy neuron, oznacza, że istnieje wiele składników w „sumie” wejść (tzw. sumowanie przestrzenne), którą „oblicza” każdy neuron. Oznacza to, że nawet jeśli wystąpią błędy w przekazaniu informacji, to mogą być nieistotne. Dlatego można oczekiwać, że taki system będzie odporny na błędy i nie będzie to miało wpływu na wydajność neuronu.

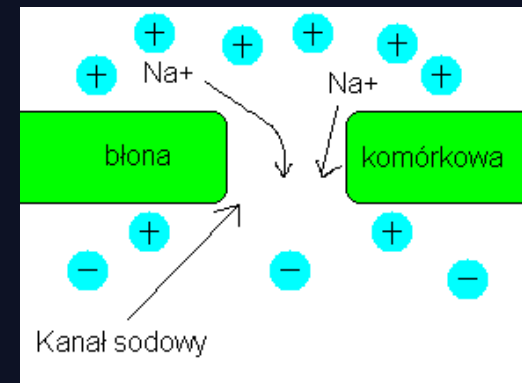
Potencjały

- **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
- Rys. Potencjał czynnościowy (E. Walsh, Fizjologia układu nerwowego, PZWL, Warszawa, 1966.)



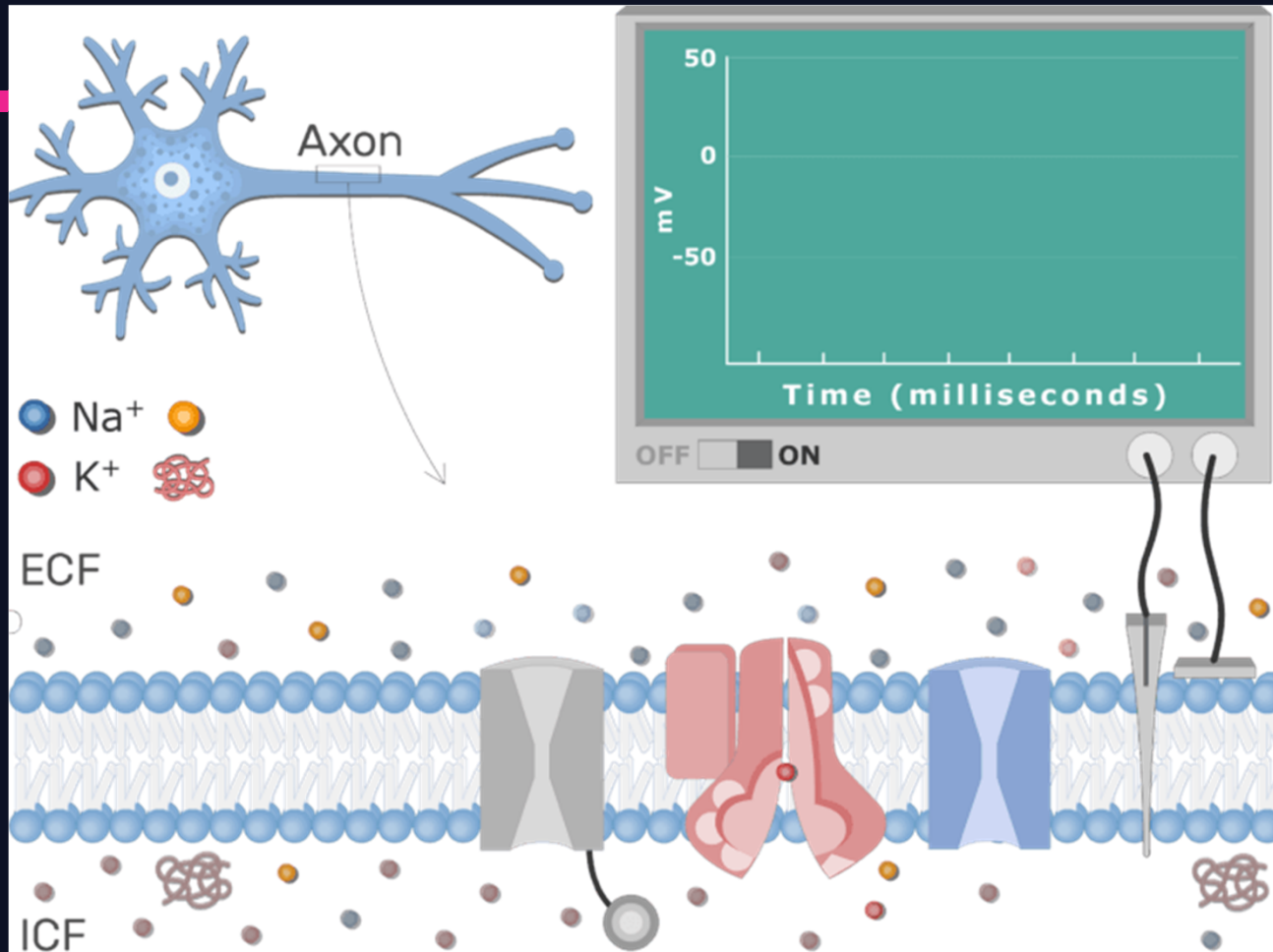
Powstanie potencjału czynnościowego

- Gdy pojawia się **potencjał czynnościowy** znikają bariery dla Na^+ . Wnika on do wnętrza komórki zgodnie z gradientem stężeń.



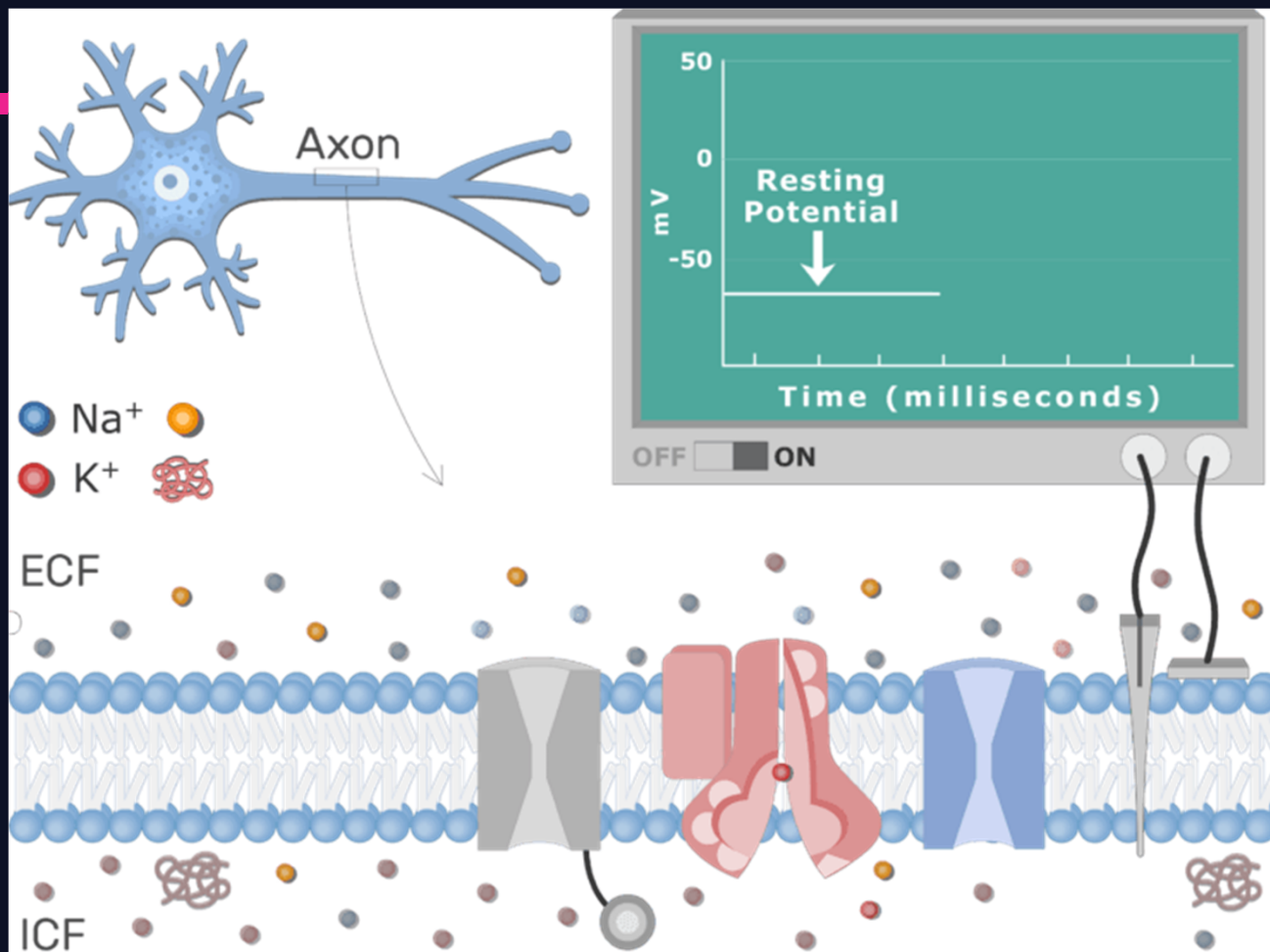
- ↓
- ▶ Dla potencjału czynnościowego wewnątrz staje się bardziej dodatnie w wyniku wnikania jonów sodu. Faza, w której jony wnikają do środka to faza depolaryzacji.
 - ▶ Kolejnym etapem jest otwarcie kanałów potasowych. Te zmiany zachodzą wzdłuż aksonu – czyli pobudzenie – potencjał się przesuwa.
-

Powstanie potencjału czynnościowego



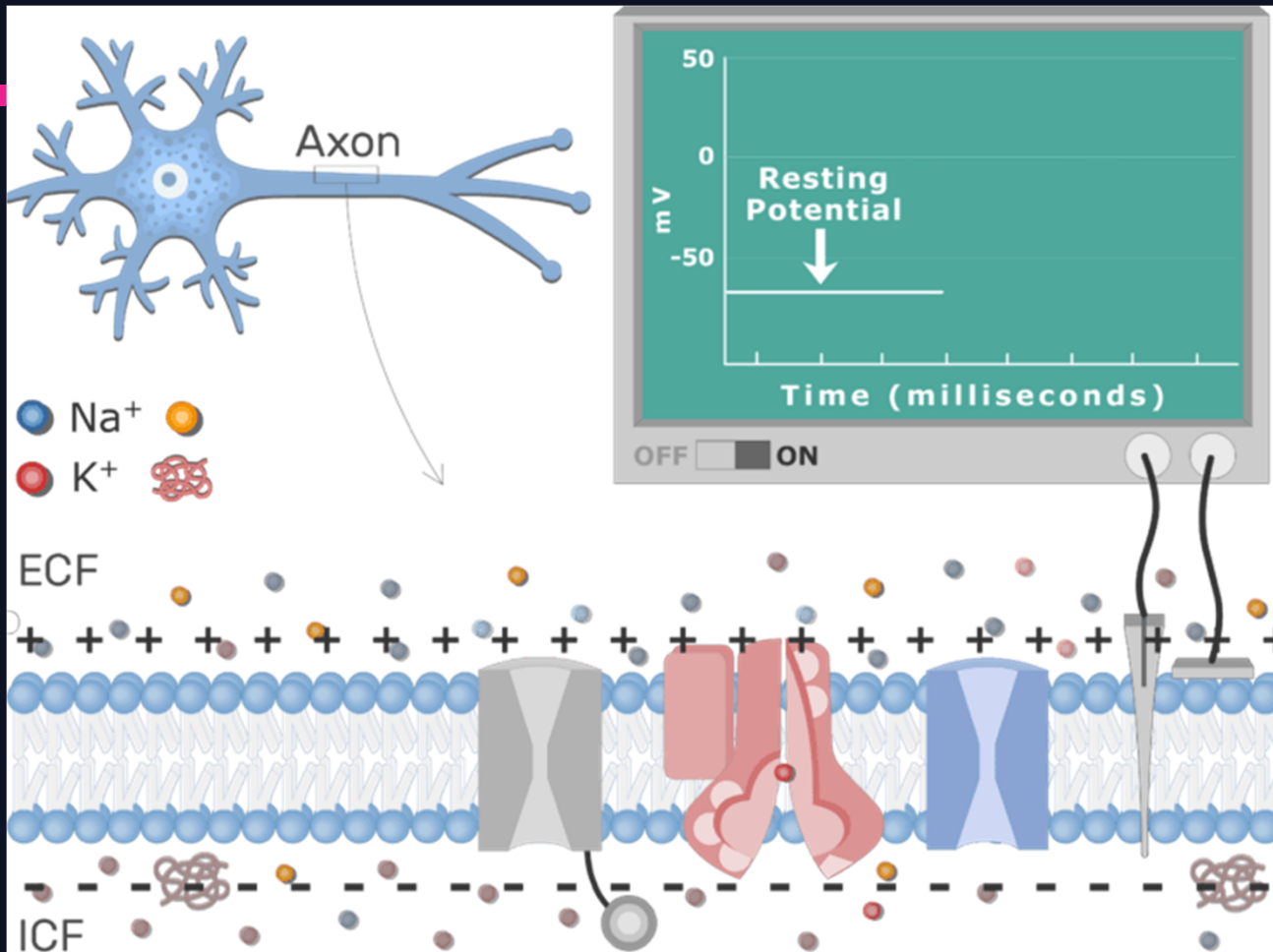
Powstanie potencjału czynnościowego (ilustracja); <https://www.getbodysmart.com/nervous-system/action-potential-events>

Powstanie potencjału czynnościowego



Powstanie potencjału czynnościowego (ilustracja); <https://www.getbodysmart.com/nervous-system/action-potential-events>

Powstanie potencjału czynnościowego



Powstanie potencjału czynnościowego (ilustracja); <https://www.getbodysmart.com/nervous-system/action-potential-events>

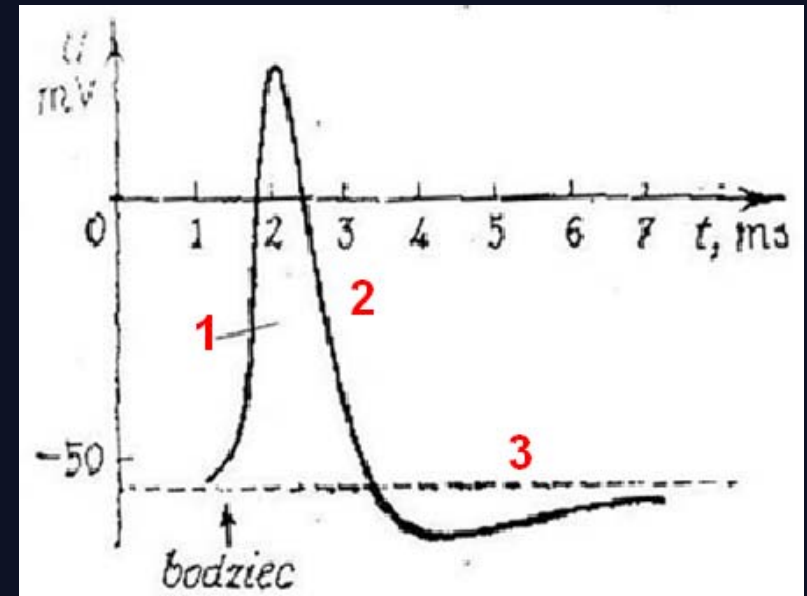
Potencjał czynnościowy

FAZY:

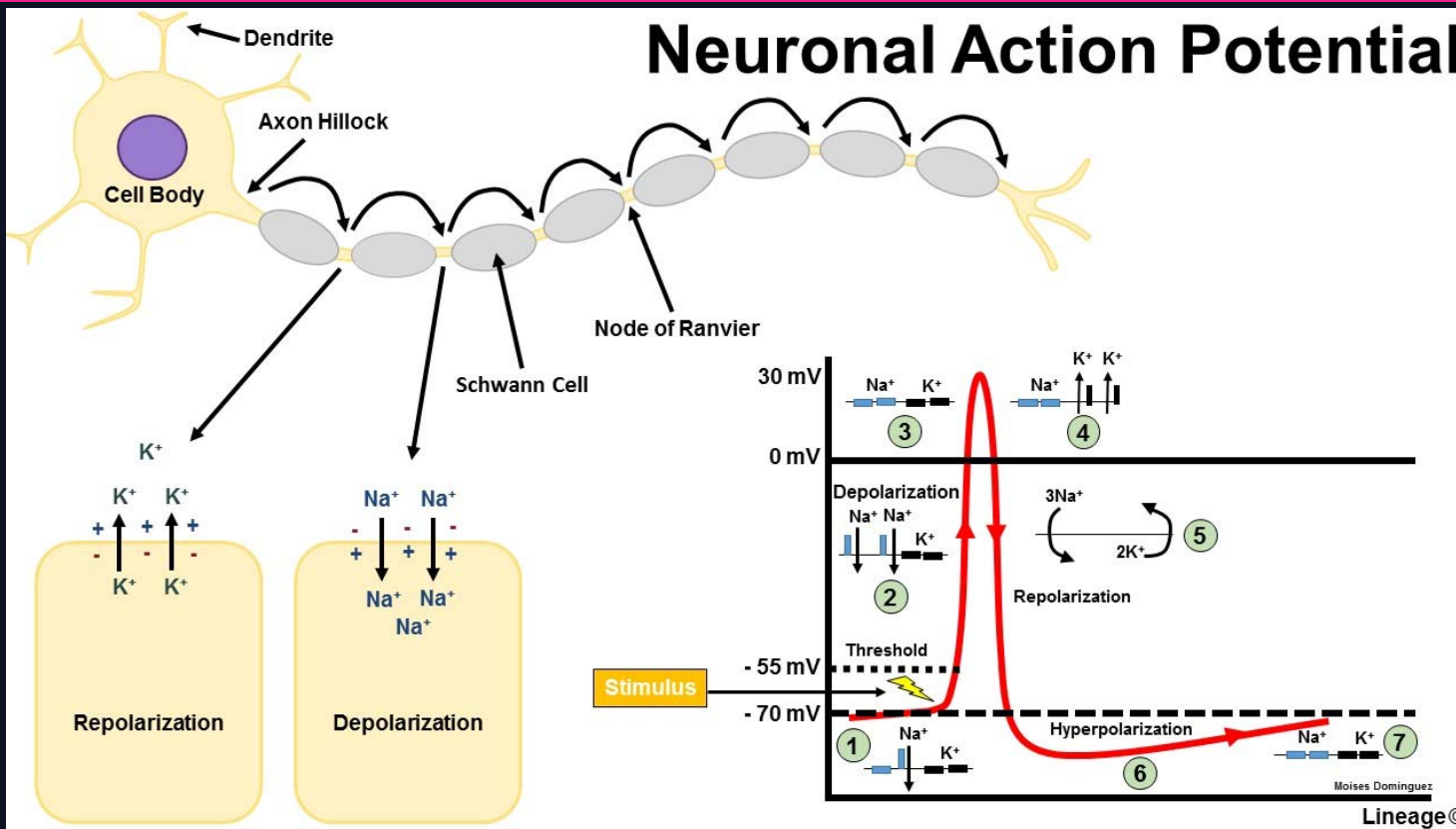
1. Depolaryzacja (narastanie potencjału)
2. Repolaryzacja
3. Polaryzacja

Rys. Potencjał czynnościowy w czasie

(E. Walsh, Fizjologia układu nerwowego, PZWL, Warszawa, 1966.)



Rozchodzenie się potencjału czynnościowego w aksonie



<https://step1.medbulletins.com/neurology/113052/action-potential-basics>

Pobudzenie aksonu

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, wyzwala zawsze tę samą reakcję, jeśli jest zbyt słaby, może nie być w stanie nawet zapoczątkować reakcji.

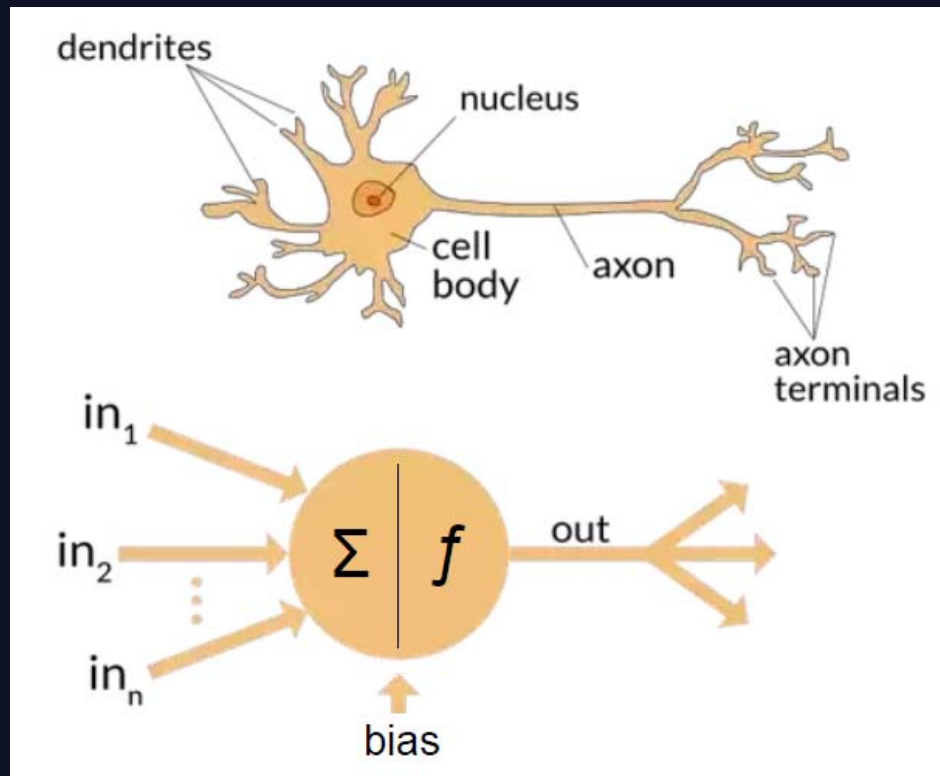
W synapsie, każdy nadchodzący bodziec powoduje przejście na drugą stronę szczeliny synaptycznej pewnej porcji mediatora chemicznego. Synapsy przewodzą sygnał tylko w jednym kierunku — od aksonu jednej komórki do dendrytu drugiej.

wikipedia.org

Pobudzenie neuronu

Równowagę zapewnia fakt, że na powierzchni komórki i na 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).

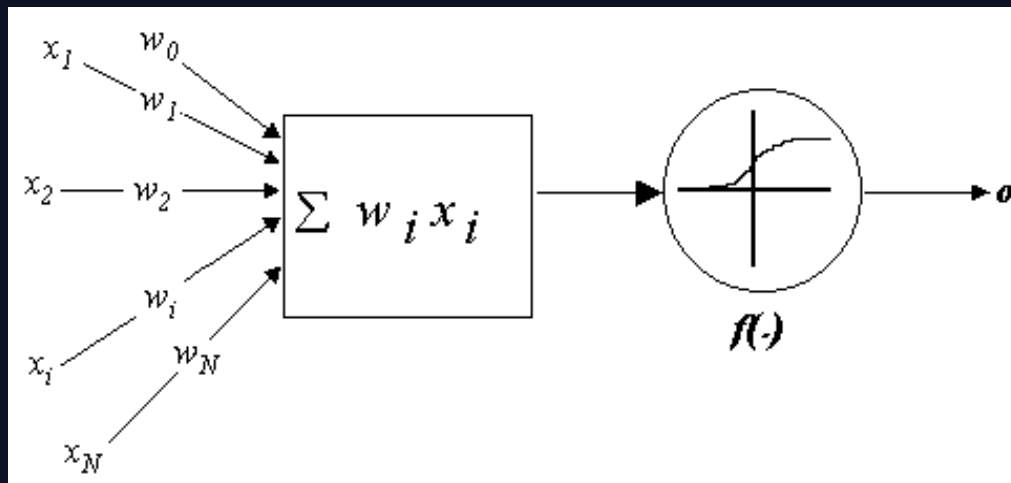
Model neuronu – komórka nerwowa



Rys. Neuron biologiczny i sztuczny (perceptron zaproponowany przez F. Rosenblata: dendryty, jądro (*nucleus*), ciało komórki, akson, zakończenia aksonu)

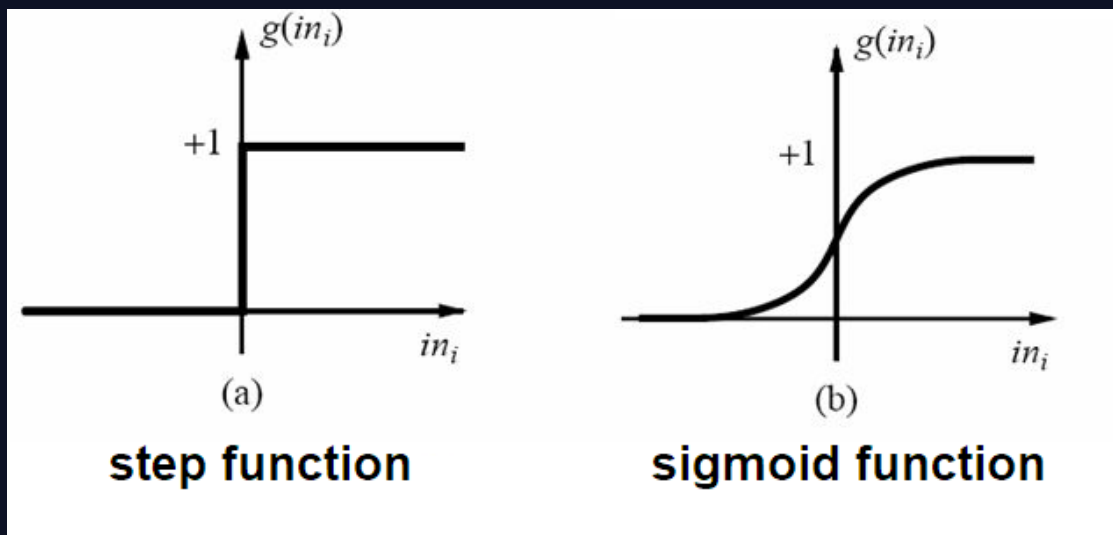
) <https://www.quora.com/What-is-the-differences-between-artificial-neural-network-computer-science-and-biological-neural-network>) /

Model neuronu – komórka nerwowa



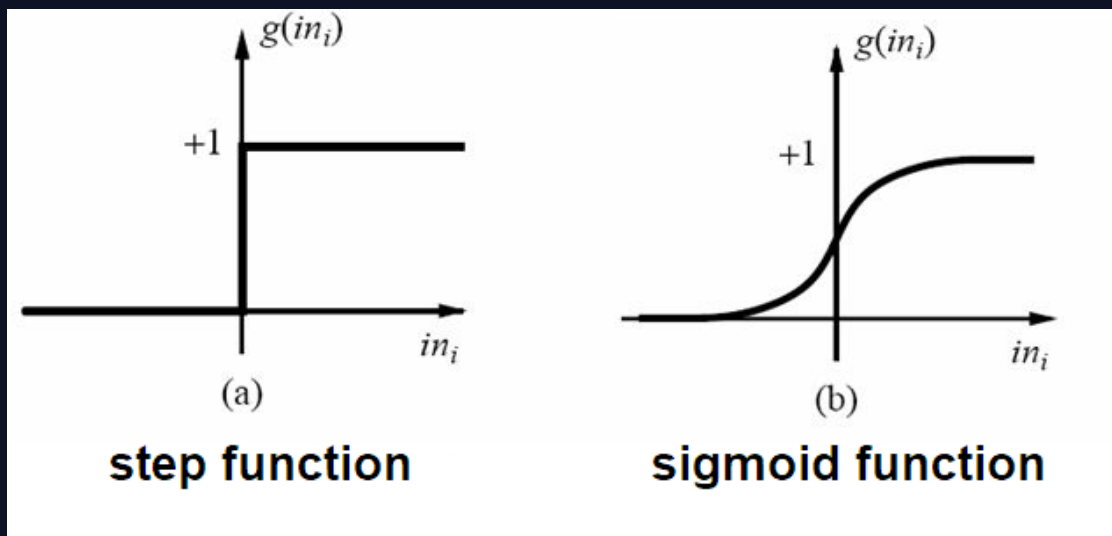
Rys. Perceptron, w_i – wagi synaptyczne, x_i - sygnał wejściowy, $f(\cdot)$ – funkcja aktywacji, o - wyjście)

Model neuronu – funkcje aktywacji



Rys. Przykłady funkcji aktywacji: liniowa bramka - liniowa funkcja skokowa (ang. *step function*); ciągła funkcja aktywacji (ang. *sigmoidal function*); to oznacza, że w przeciwieństwie do neuronów biologicznych, sztuczne neurony nie tylko „odpalają” (ang. *fire*), ale pobudzenie powstaje na skutek wartości ciągłych zamiast sygnałów binarnych; <https://towardsdatascience.com/the-differences-between-artificial-and-biological-neural-networks-a8b46db828b7>

Model neuronu – funkcje aktywacji



Rys. Celem funkcji aktywacji jest wprowadzenie nieliniowości na wyjściu neuronu. Sieć neuronowa składa się z neuronów, które działają w zależności od wagi, biasu (wartość sygnału podawanego na dodatkowe wejście neuronu) i odpowiadającej im funkcji aktywacji;

<https://towardsdatascience.com/the-differences-between-artificial-and-biological-neural-networks-a8b46db828b7>



POLITECHNIKA
GDAŃSKA

AI TECH



Dziękuję

Bożena Kostek



Fundusze
Europejskie
Polska Cyfrowa



Rzeczpospolita
Polska

Unia Europejska
Europejski Fundusz
Rozwoju Regionalnego



Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego

Program Operacyjny Polska Cyfrowa na lata 2014-2020.

Oś priorytetowa nr 3 „Cyfrowe kompetencje społeczeństwa”, działanie nr 3.2 „Innowacyjne rozwiązania na rzecz aktywizacji cyfrowej”.

Tytuł projektu: „Akademia Innowacyjnych Zastosowań Technologii Cyfrowych (AI Tech)”.