

SZTUCZNE UKŁADY NEUROPODOBNE

Kierunek informatyka

r. akademicki 2021/2022, s. letni

prof. dr hab. Wiesław Andrzej Kamiński

wykład I: 28 lutego 2021 r.



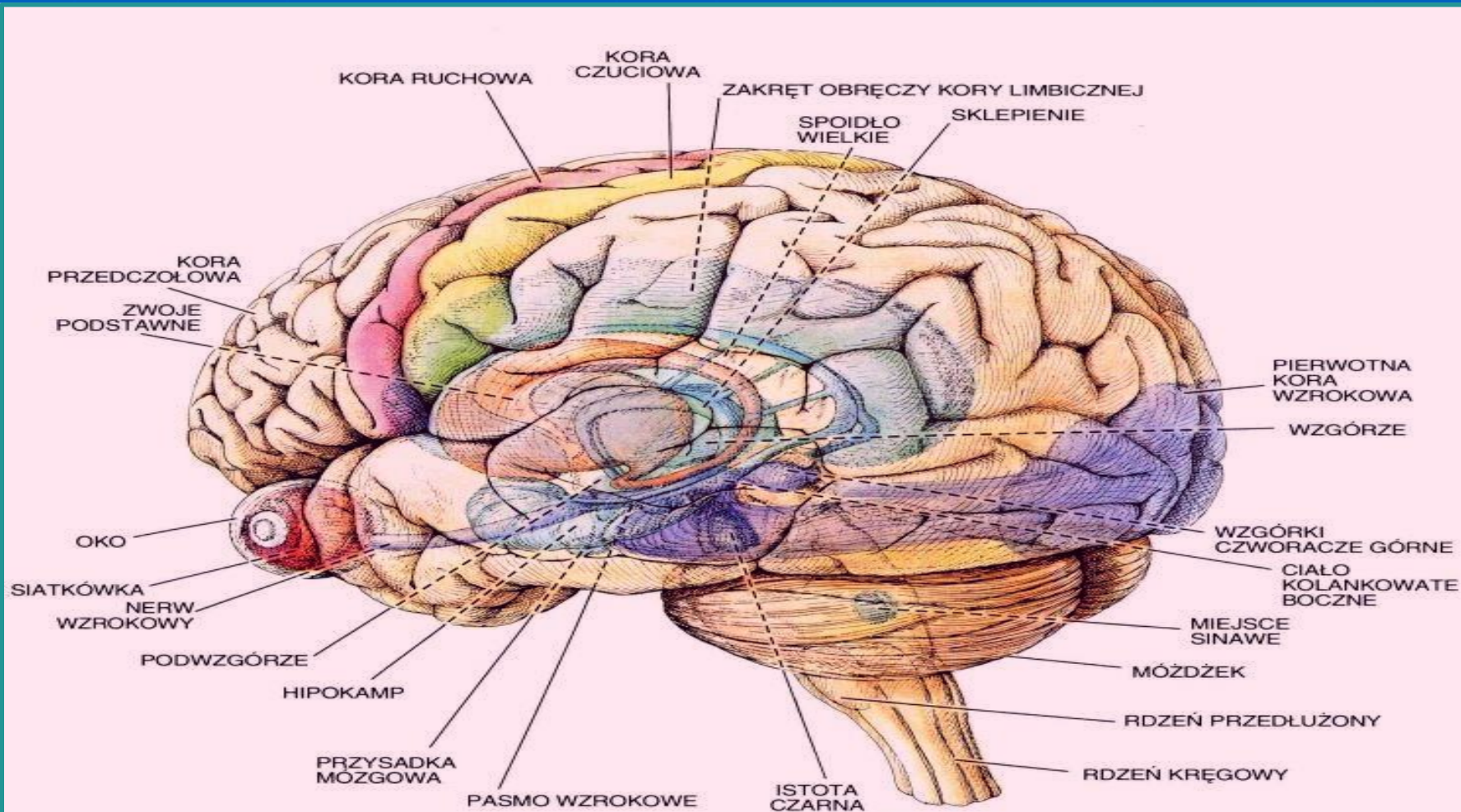
- 1. Mózg homo sapiens sapiens**
- 2. Neurony: struktura i podział**
- 3. Neurony: podstawowe procesy przetwarzania informacji**
- 4. Mózg: konekcjonizm/funkcjonalizm**
- 5. Sztuczna inteligencja**
 - sztuczne układy neuropodobne**

Mózg *homo sapiens*

najbardziej złożony układ Wszechświata (?)

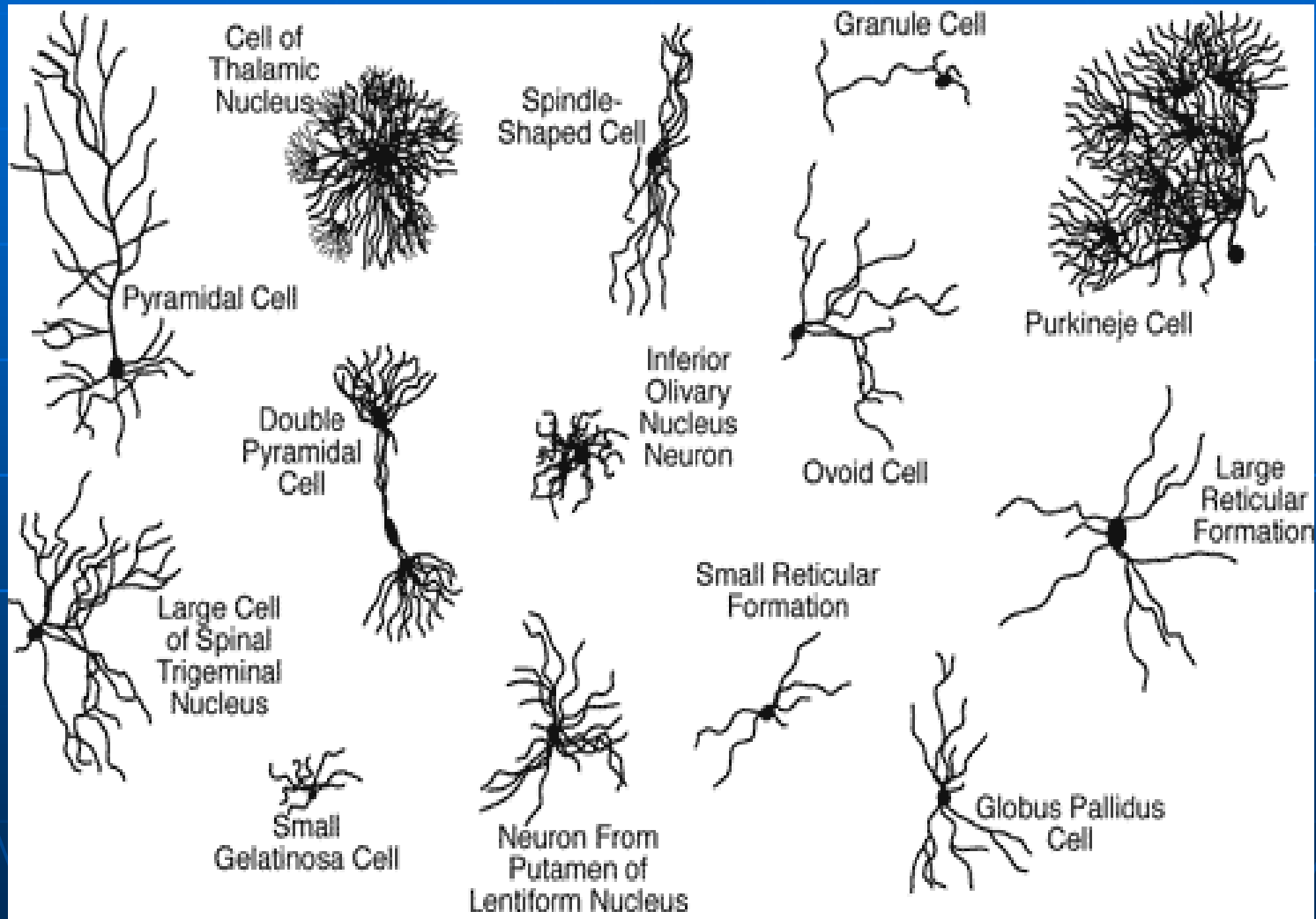
100 miliardów neuronów

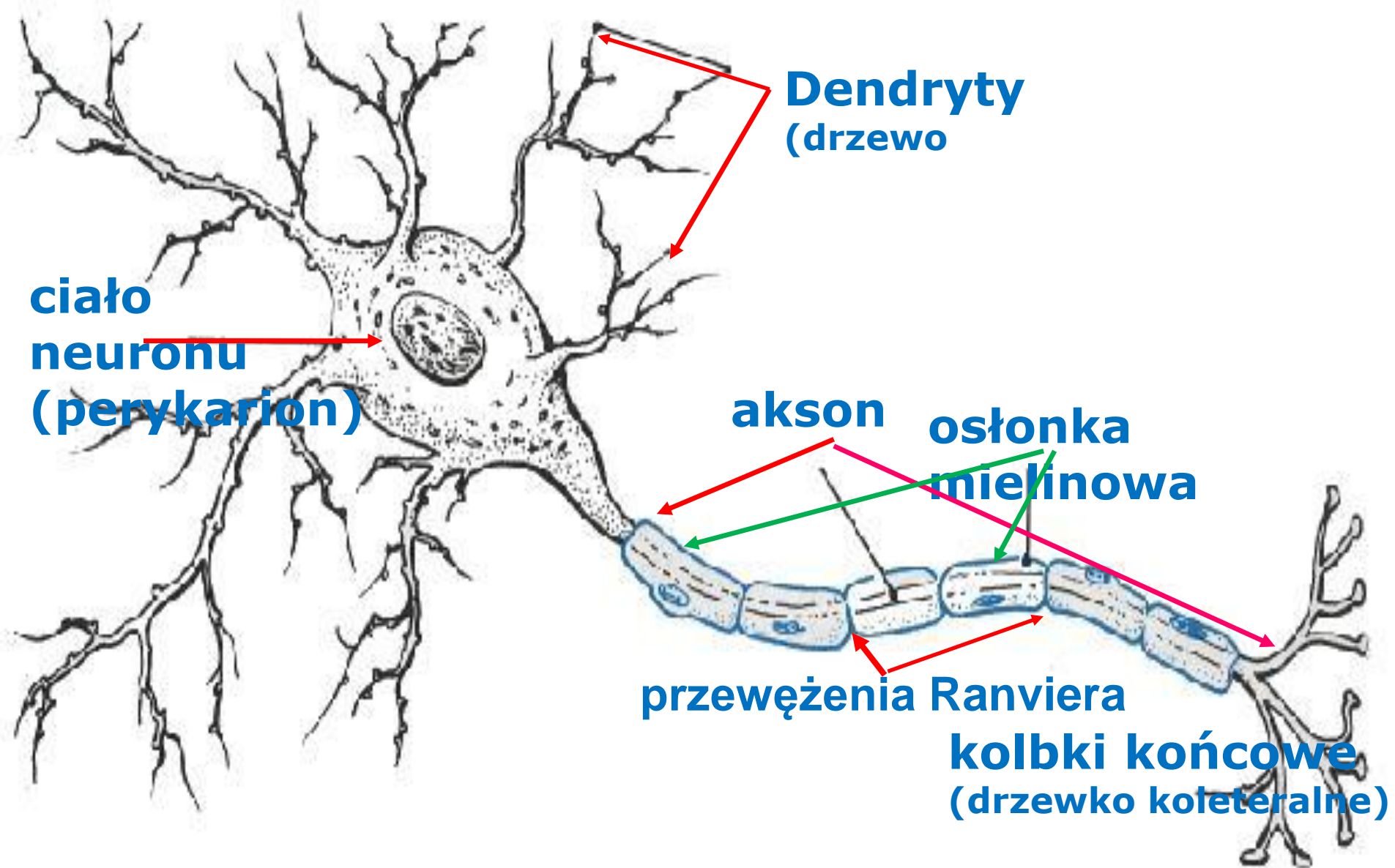
1 000 000 miliardów synaps



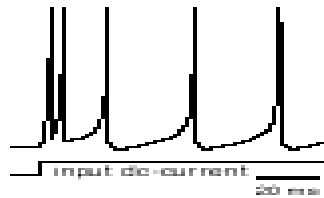
Rodzaje neuronów w mózgu

(zróżnicowanie morfologiczne, hipoteza neuronalna)

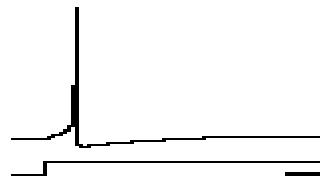




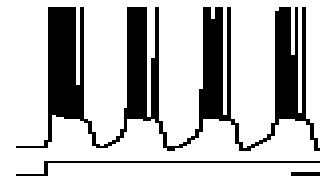
(A) tonic spiking



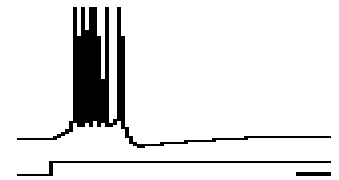
(B) phasic spiking



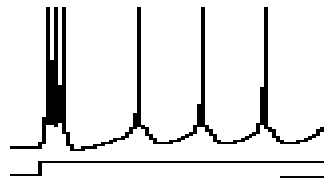
(C) tonic bursting



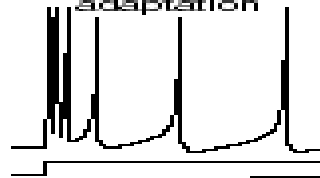
(D) phasic bursting



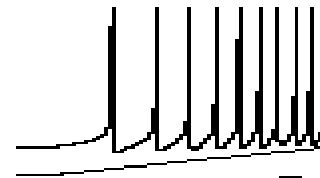
(E) mixed mode



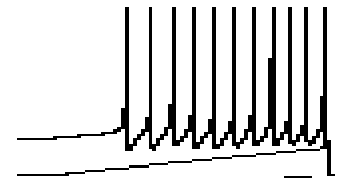
(F) spike frequency adaptation



(G) Class 1 excitable

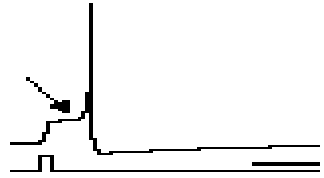


(H) Class 2 excitable



Zróżnicowanie czynnościowe neuronów

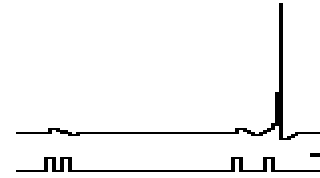
(I) spike latency



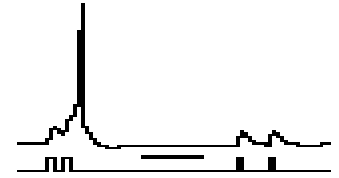
(J) subthreshold oscillations



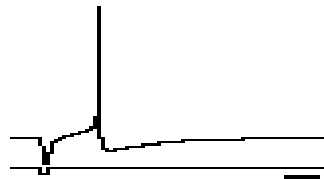
(K) resonator



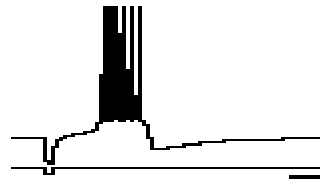
(L) integrator



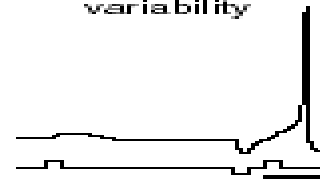
(M) rebound spike



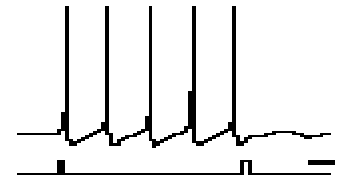
(N) rebound burst



(O) threshold variability



(P) bistability



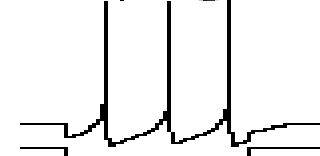
(Q) depolarizing after-potential



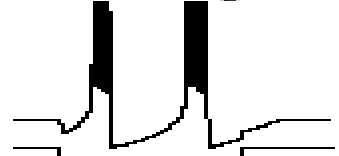
(R) accommodation

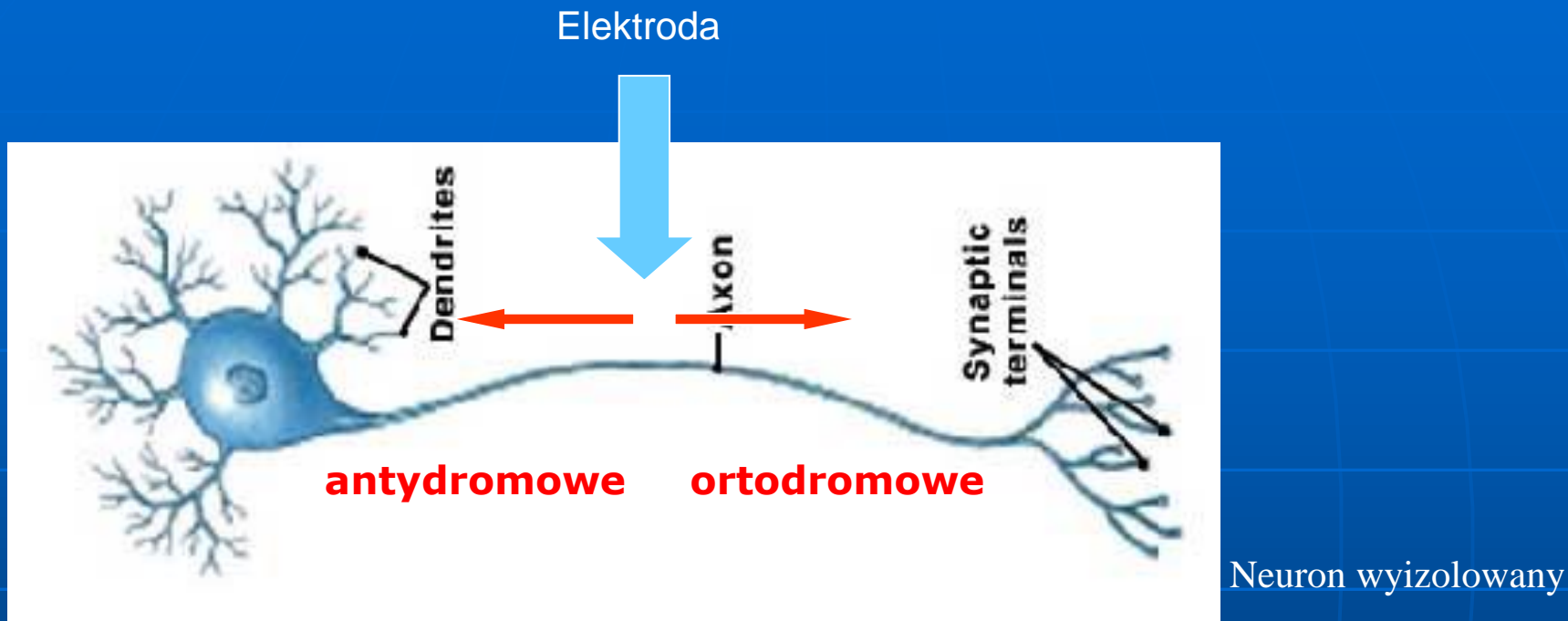


(S) inhibition-induced spiking



(T) inhibition-induced bursting





- prawo jednokierunkowego przewodnictwa (od dendrytów do aksonu):
przewodnictwo ortodromowe

w warunkach fizjologicznych przewodzenie ortodromowe uwarunkowane obecnością synaps (jednokierunkowych)

przewodnictwo synaptyczne

rodzaje synaps:

- elektryczna
(potencjał czynnościowy przekazywany bezpośrednio)
- chemiczna
(pośredniczy mediator/neuroprzekaźnik)

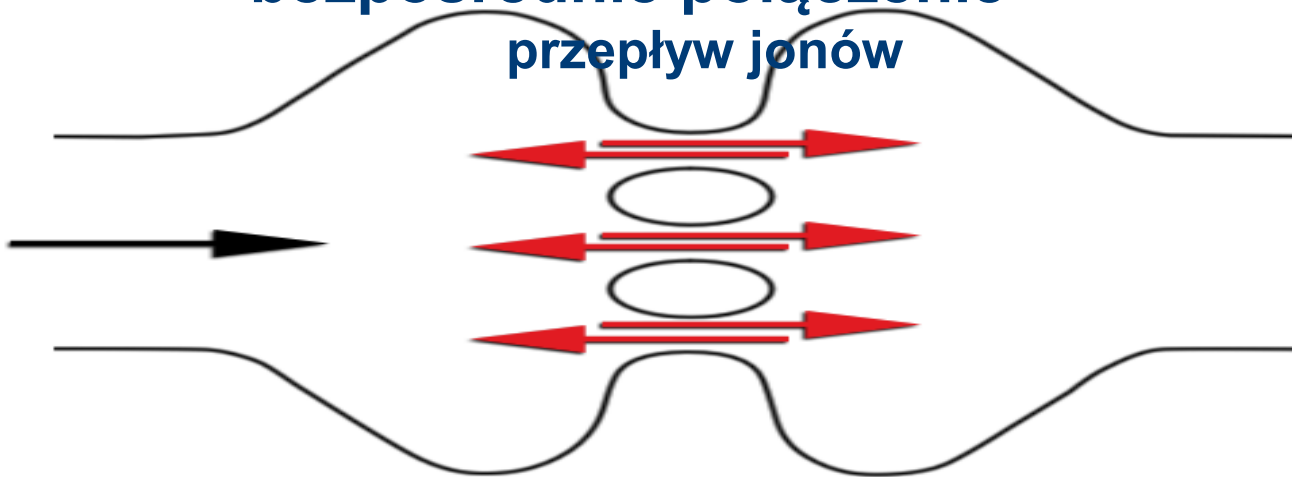
Uwaga:

(i) W synapsie elektrycznej pobudzenie jest przekazywane bezpośrednio między strukturą presynaptyczną a postsynaptyczną (pole elektryczne)

(ii) W synapsie chemicznej pobudzenie skutkuje egzocytotycznym wydzielaniem neurotransmitera przez strukturę presynaptyczną, który jest z kolei wchłaniany endocytotycznie przez strukturę postsynaptyczną.

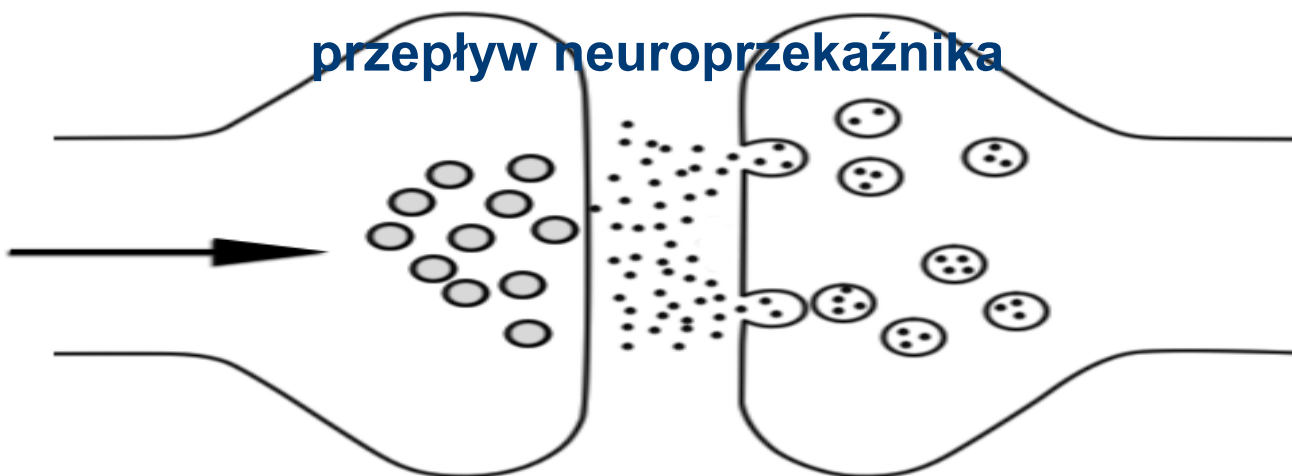
a)

**bezpośrednie połączenie
przepływ jonów**



b)

**przerwa synaptyczna
przepływ neuroprzekaźnika**



synapsa chemiczna ③

szczelina synaptyczna: ok. 20 nm

opóźnienie synaptyczne – ok. 0,5 ms („wolna”)

neurotransmitery:

glutaminian, GABA, acetylocholina, noradrenalina, dopamina, serotonina

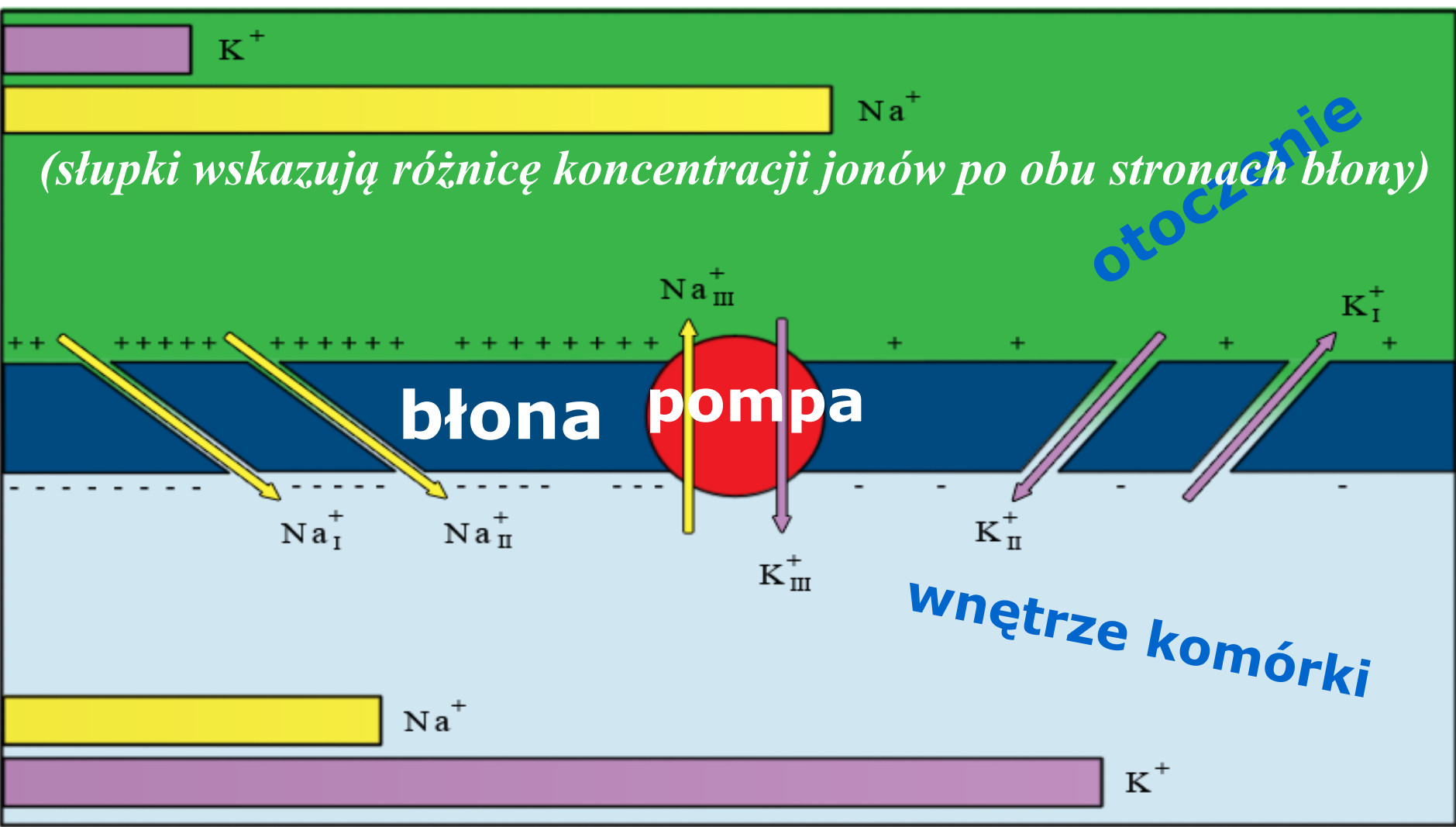
synapsa elektryczna:

szczelina synaptyczna: < 2 nm

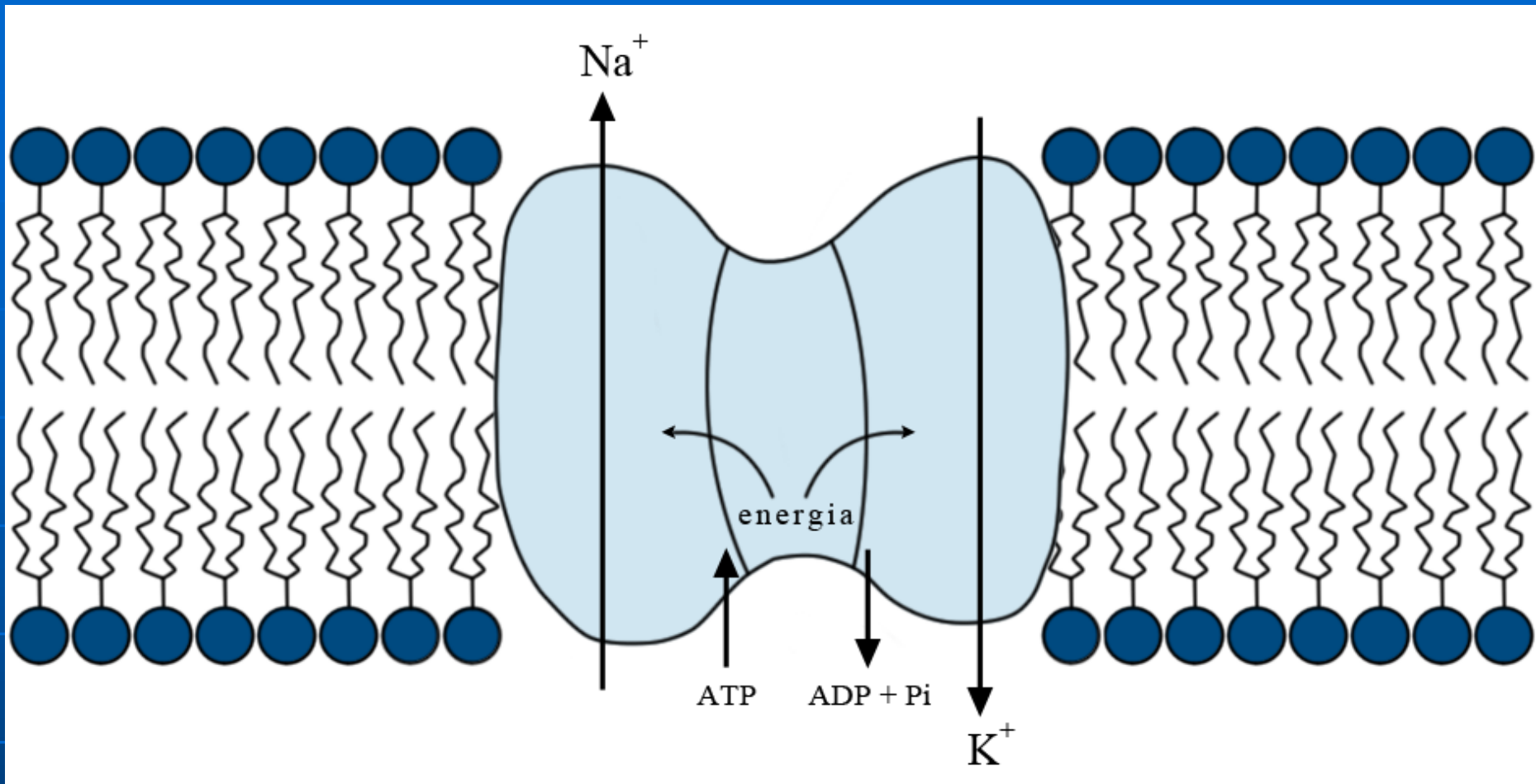
„bardzo szybkie”

synapsy: akso-dendrytyczne, akso-aksonalne, akso-somatyczne,
dendrytyczno-dendrytyczne

Synapsy: nerwowo-efektorowe (nerwowo-mięśniowe, nerwowo-gruczołowe)



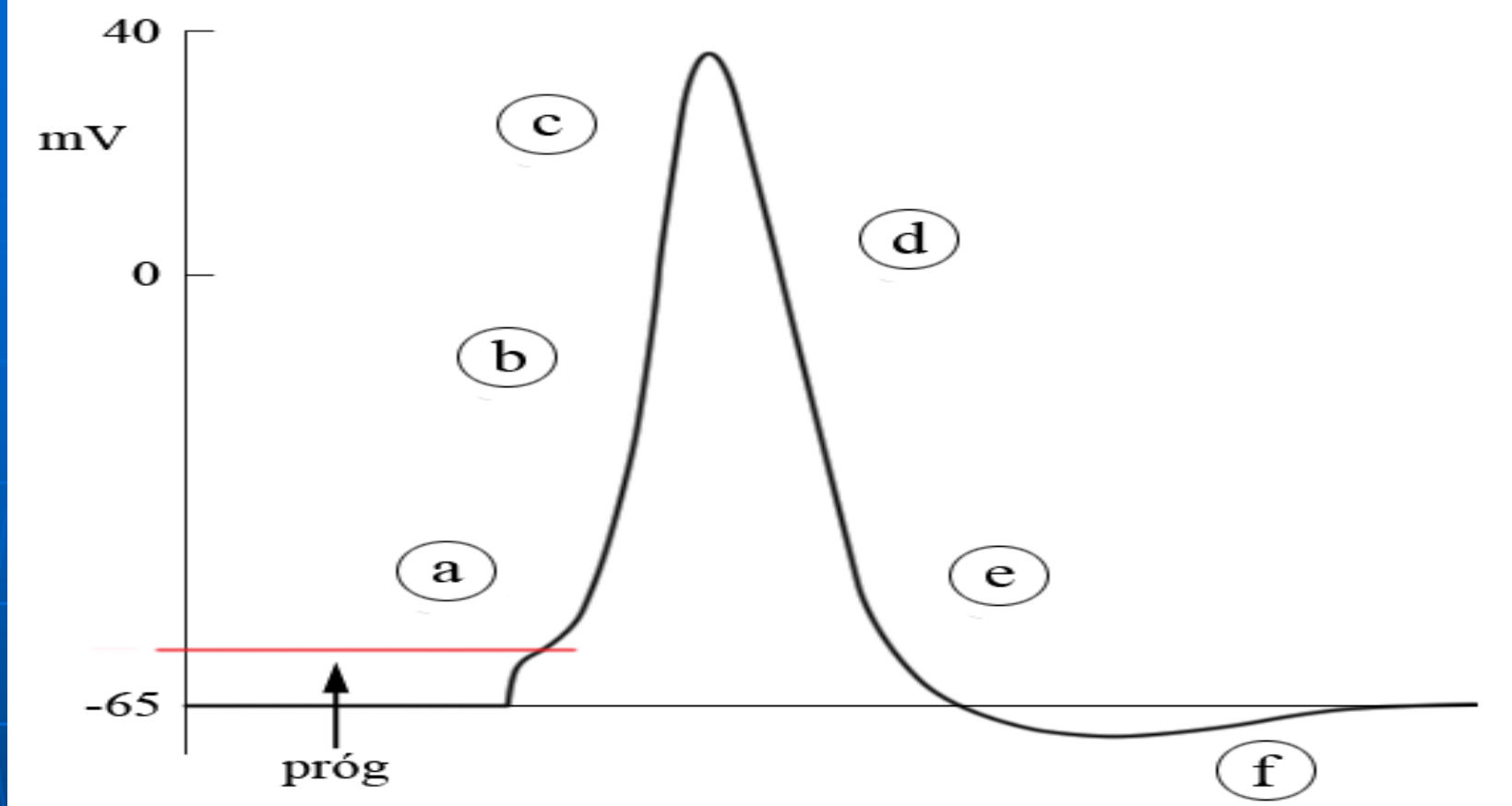
- transport bierny (dyfuzja):
- strumienie I i II
- transport czynny (pompy jonowe):
- strumienie oznaczone III



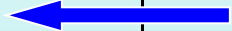


Pompa jonowa:
zapewnia transport przez błonę komórkową neuronu
np. 3 jonów Na⁺ do otoczenia neuronu (port)
oraz 2 jonów K⁺ do wnętrza neuronu (antyport)

Potencjał czynnościowy neuronu

- zasady „wszystko albo nic”
- stała amplituda: około 120 mV
- przenoszony jest na dalsze odległości bez dekrementu
- składa się z potencjału iglicowego i potencjałów następczych:
 - iglica – 0,4 ms,
 - wczesny potencjał następczy – 10 – 15 ms,
 - późny potencjał następczy – 70 – 100 ms.
 - razem 8—120 ms
- powstaje najczęściej we wzgórku aksonu (najwyższa gęstość kanałów sodowych)
- w warunkach fizjologicznych większość komórek nerwowych „pracuje” z częstotliwością (1-100) Hz, ale może sięgać 1kHz



- a** – wstępna depolaryzacja: otwarcie kanałów sodowych i ich napływ do wnętrza;
 - b** – otwarte kanały potasowe i wypływ na zewnątrz K^+ ;
 - c** – zamykanie kanałów Na^+ i osiągnięcie maksymalnej wartości potencjału;
 - d-e** – wypływ K^+ przez otwarte kanały - spadek potencjału aż do osiągnięcia wartości spoczynkowej, kanały K^+ są zamykane, kanały Na^+ sodowe resetowane;
 - f** – K^+ dyfundują na zewnątrz neuronu - przejściowy potencjał następczy.
- a-c** faza depolaryzacji, **d-f** faza repolaryzacji (łącznie z hiperpolaryzacją)

stan komórki	rozkład jonów		ładunek wnętrza (mV)
	strona wewnętrzna	strona zewnętrzna	
potencjał spoczynkowy	K ⁺ 	Na ⁺	– 90
depolaryzacja	K ⁺ Na ⁺ 	K ⁺ Na ⁺	+ 30
repolaryzacja	Na ⁺  	K ⁺	– 90
potencjał spoczynkowy	K ⁺	Na ⁺	– 90

(depolaryzacja i repolaryzacja wchodzi w skład potencjału czynnościowego)

Na⁺

K⁺

Sztuczne układy neuropodobne

- **modelowanie neuronów**
 - symulacje (modele matematyczne/fizyczne)
(*in computo*)
 - modele sprzętowe
(*in silico*)
- **modelowanie układów neuronalnych**
 - sztuczne sieci neuronowe
(*in computo, in silico*)

Zalecana literatura:

Alan Longstaff,

Neurobiologia

(Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2012)

Mark F. Bear, Barry W. Connors, Michael A. Paradiso;

Neuroscience: Exploring the Brain

(Lippincott Williams & Wilkins, Philadelphia 2015)

BBP

Dziękuję za uwagę