



Politechnika Łódzka

Instytut Elektroniki

# Człowiek – układ nerwowy, zmysły, odruchy

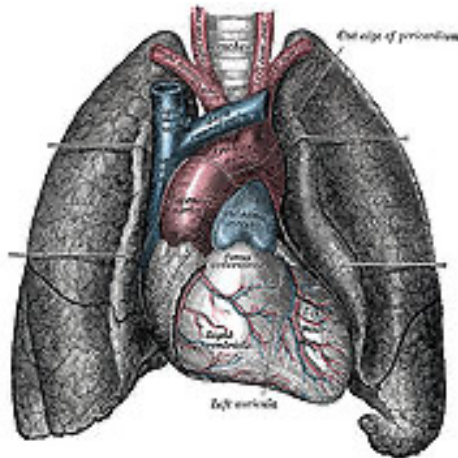
*Paweł Strumiłło*

*Zakład Elektroniki Medycznej*



# Człowiek - anatomia i fizjologia

**Anatomia**  
(budowa organizmu)

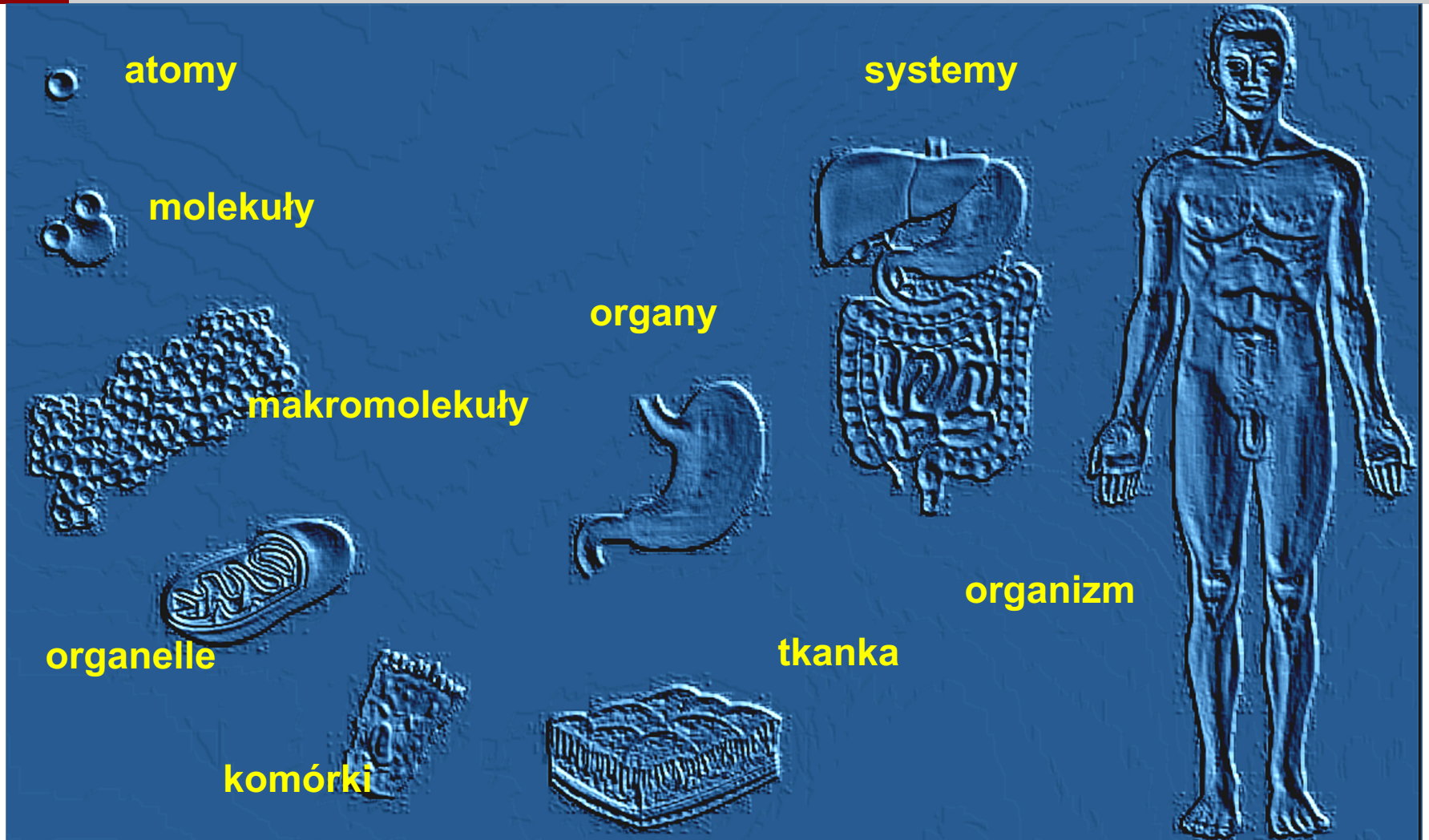


**Fizjologia**  
(funkcjonowanie organizmu)



<http://www.youtube.com/watch?v=nCPOio1FQ5Q&NR=1>

# Człowiek - anatomia



*Z wykładu dr. Cypriana Wolskiego*



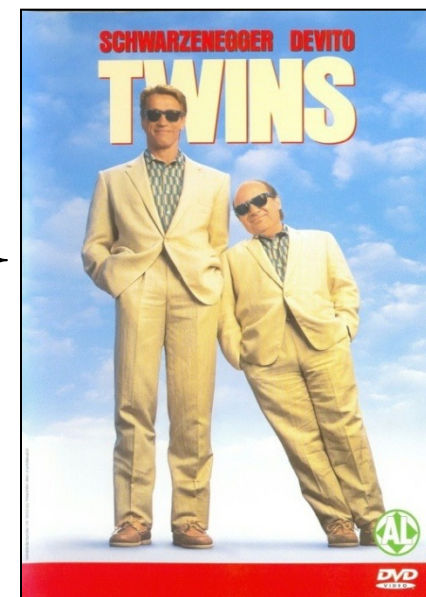
# Człowiek – fizjologia zmysłów, odruchy, psychologia poznawcza

- **interakcja z otoczeniem**
  - zmysły, ruch, mowa
- **pamięć**
  - sensoryczna, krótkotrwała, długotrwała

↙ ↘

deklaratywna    niedeklaratywna
- **myślenie**
  - kojarzenie, nauka, planowanie, rozwiązywanie problemów,
- **emocje**

**Każdy człowiek jest inny!**







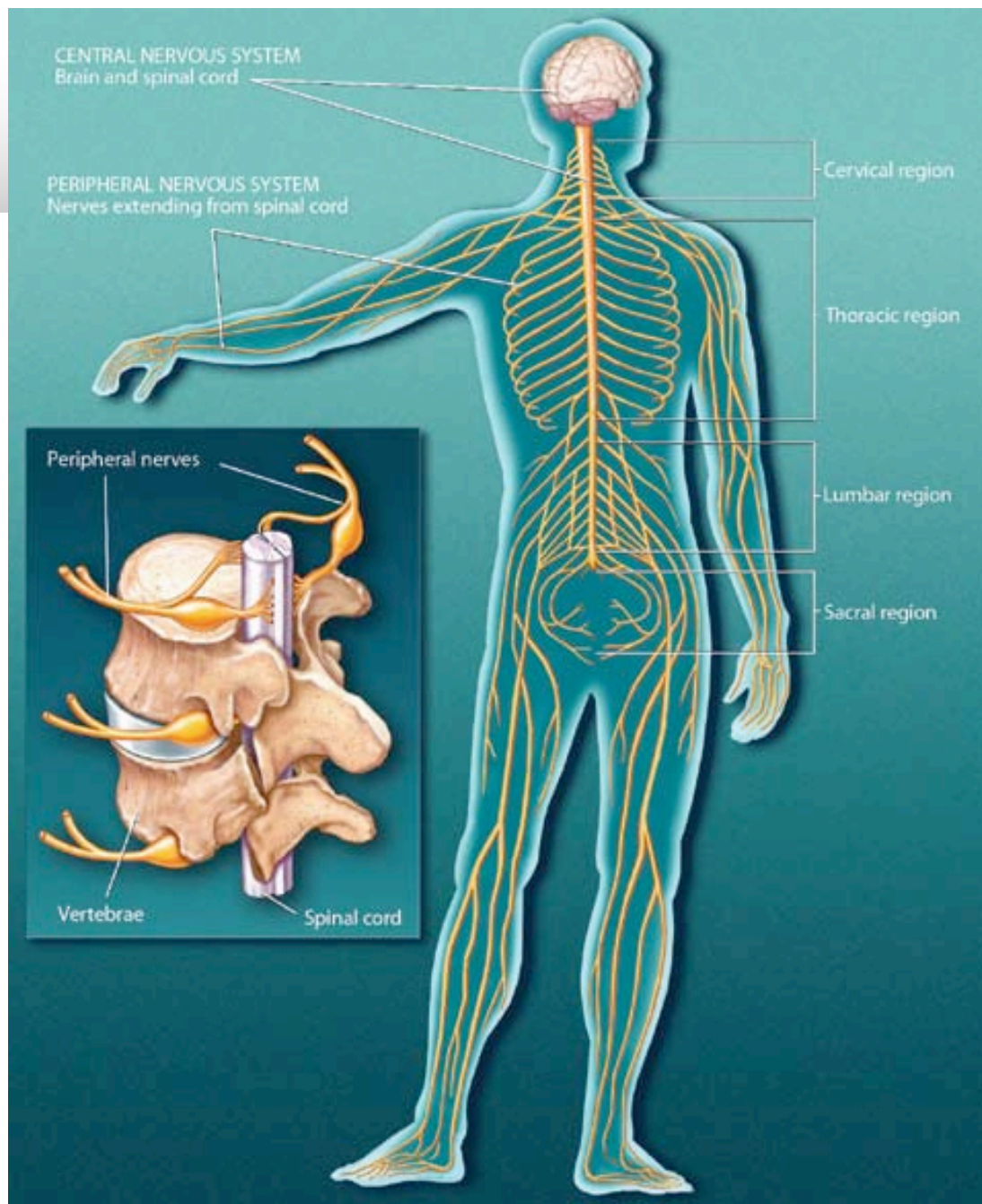
# Układ nerwowy

## Ośrodkowy układ nerwowy:

- mózg
- rdzeń kręgowy

## Obwodowy układ nerwowy:

- nerwy rdzeniowe
- nerwy czaszkowe





# Układ nerwowy - funkcje

**Układ nerwowy somatyczny** (łac. *soma* — ciało) zapewnia łączność ze światem zewnętrznym, odbiera bodźce za pomocą zmysłów, zarządza ruchem ciała, umożliwia poruszanie się i orientację w przestrzeni

Podlega kontroli świadomości.

Źródło: [Wikipedia](#)



# Układ nerwowy - funkcje

## **Układ nerwowy autonomiczny lub wegetatywny**

(łac. *autos* — samo- i *nomos* — prawo, a więc "samorządzący się") zarządza funkcjami życiowymi organizmu, kontroluje działanie narządów wewnętrznych i przemianą materii.

***Układ współczulny (sympatyczny)*** - pobudzający



***Układ przywspółczulny (parasympatyczny)*** – hamujący



Nie podlega kontroli świadomości

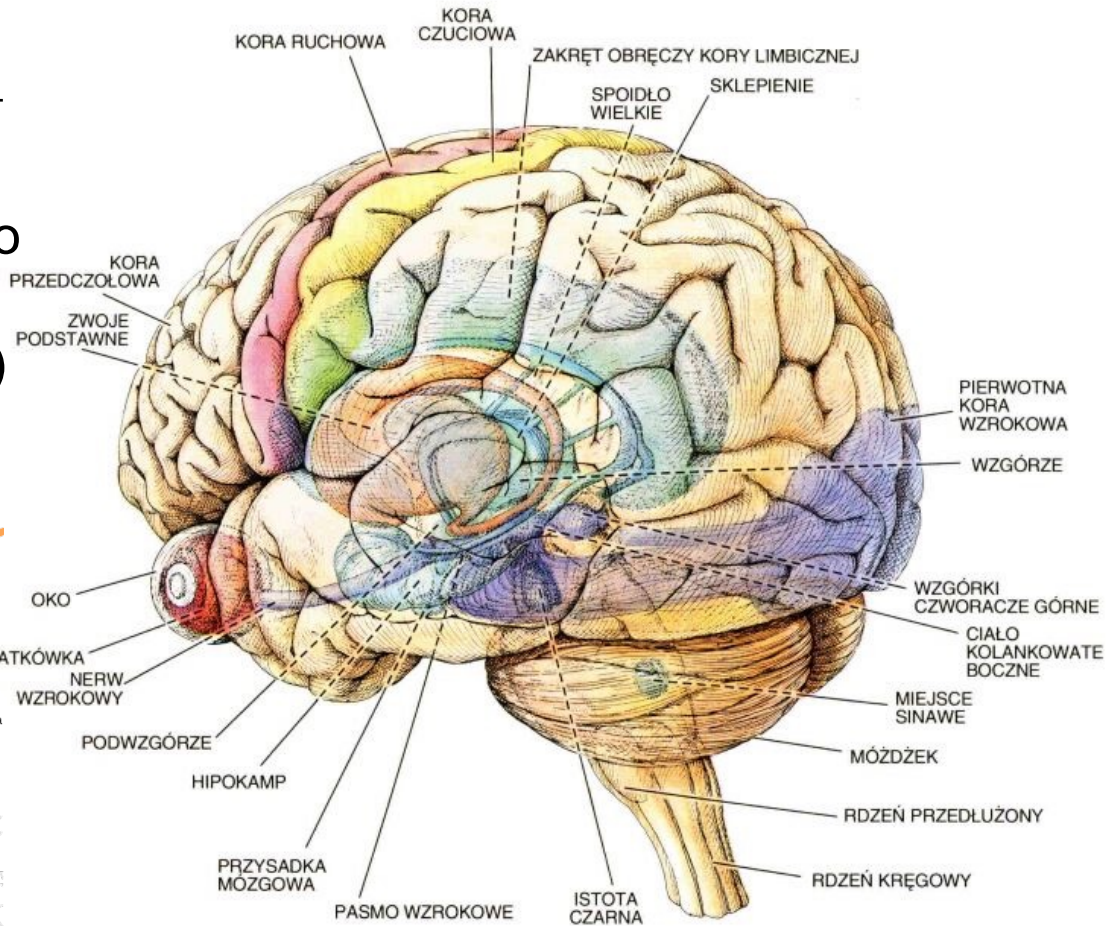
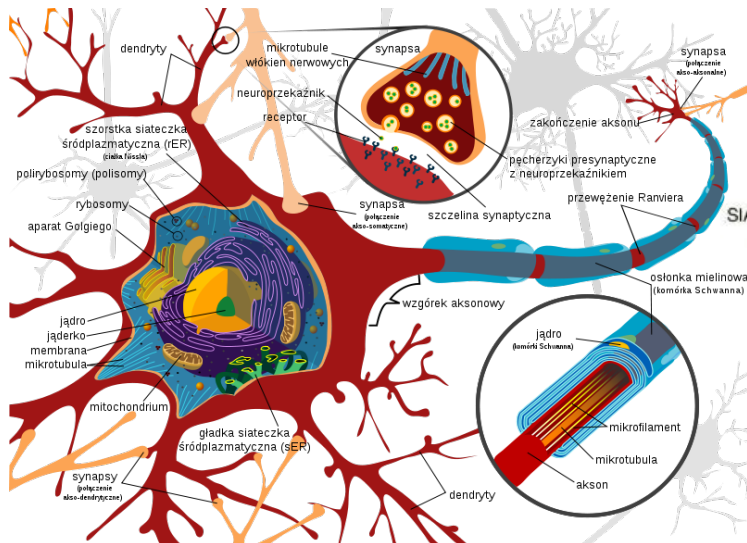
Źródło: [Wikipedia](#)

# Mózg człowieka

Śr. objętość: 1350 ml

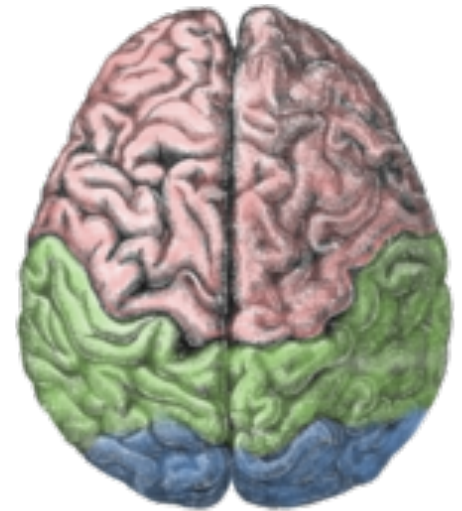
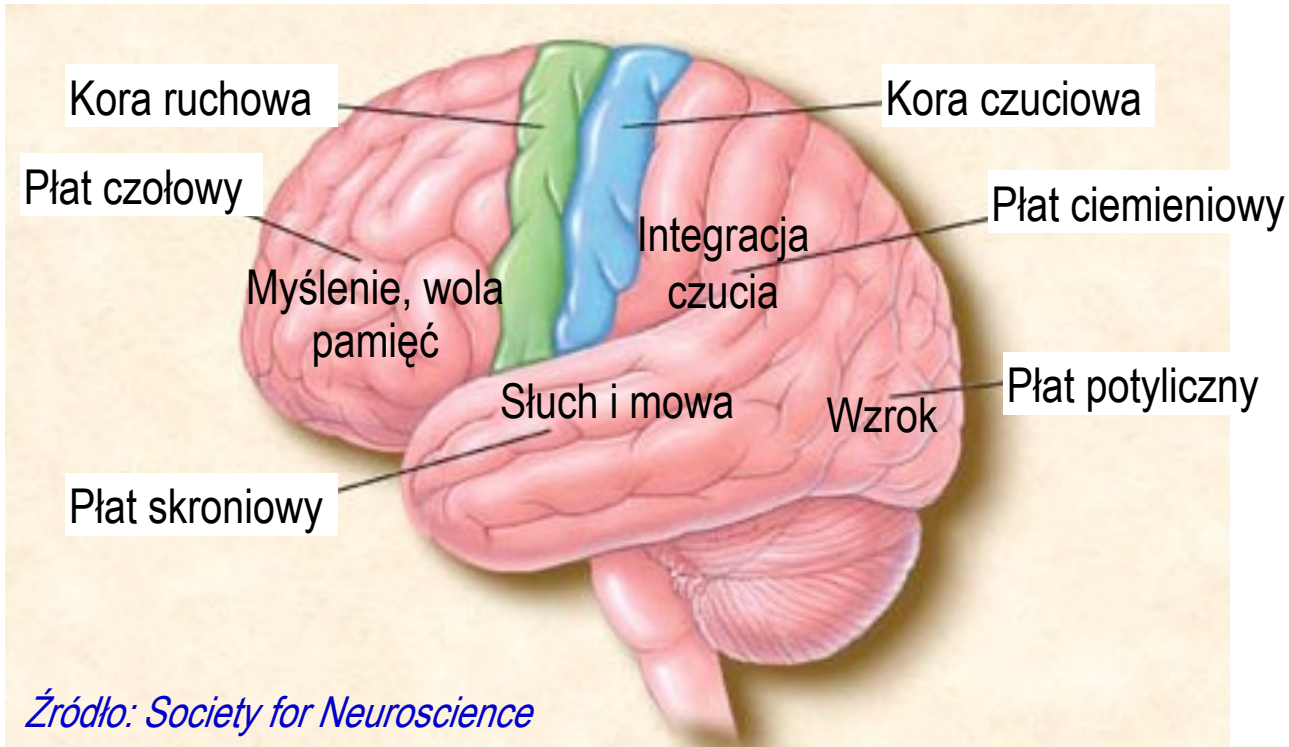
Liczba komórek neuronowych:  
100mln

Każdy neuron łączy się średnio z 7 tys. innych (daje to ok.  $10^{15}$  połączeń zwanych synapsami)





# Mózg człowieka





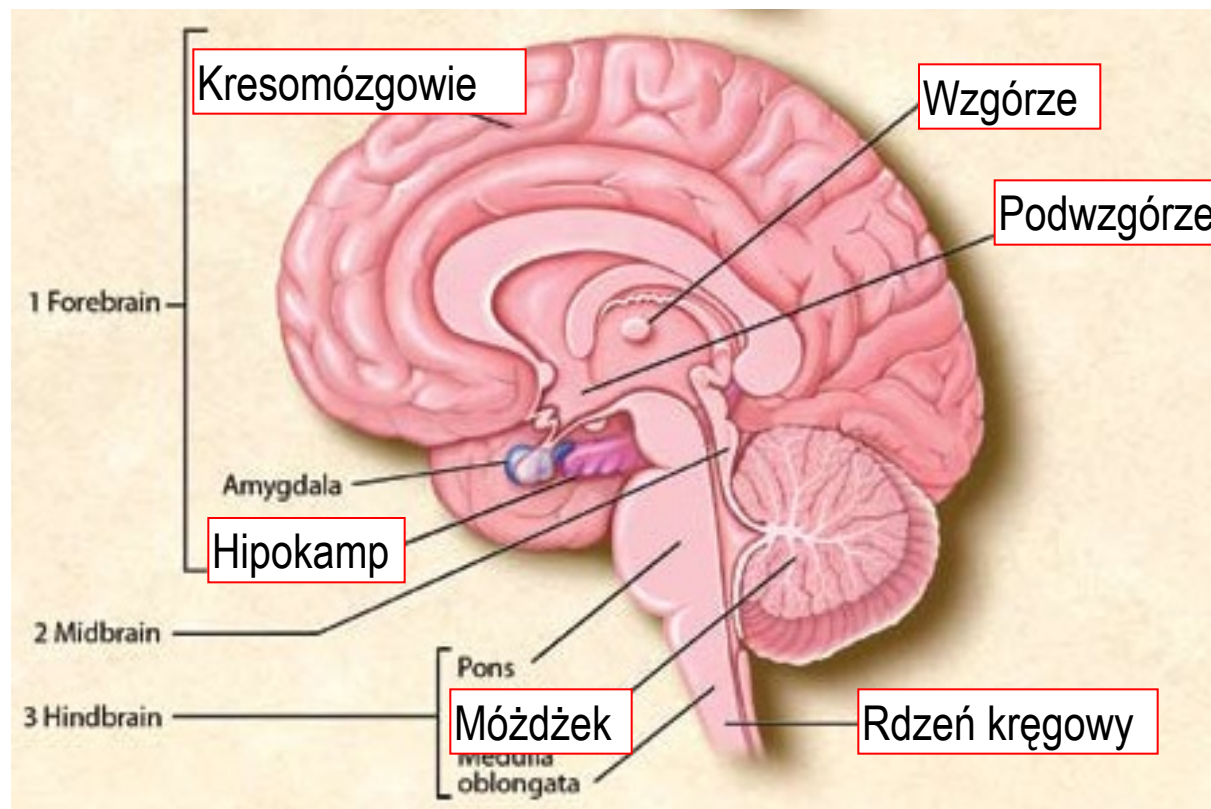
# Mózg człowieka

**Kresomózgowie** – nadzoruje czynności fizyczne i umysłowe

**Wzgórze** – integracja informacji czuciowych i ruchowych

**Hipokamp** – pamięć, uczenie, emocje

**Móżdżek** – równowaga ciała

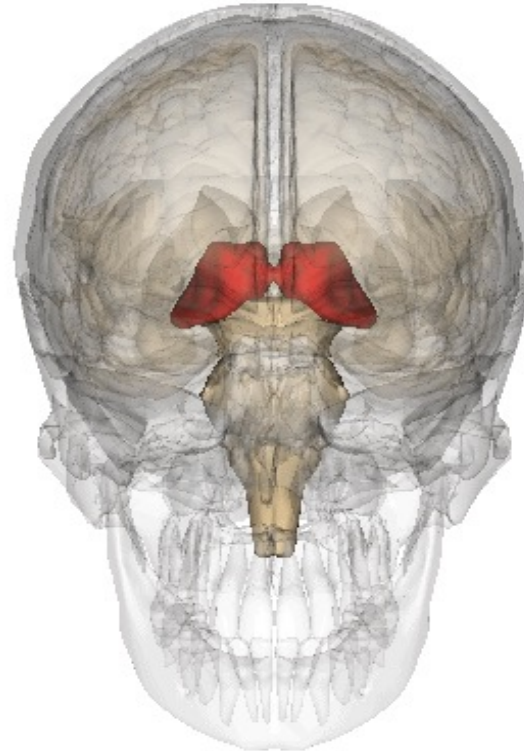


*Źródło: Society for Neuroscience*



# Mózg człowieka

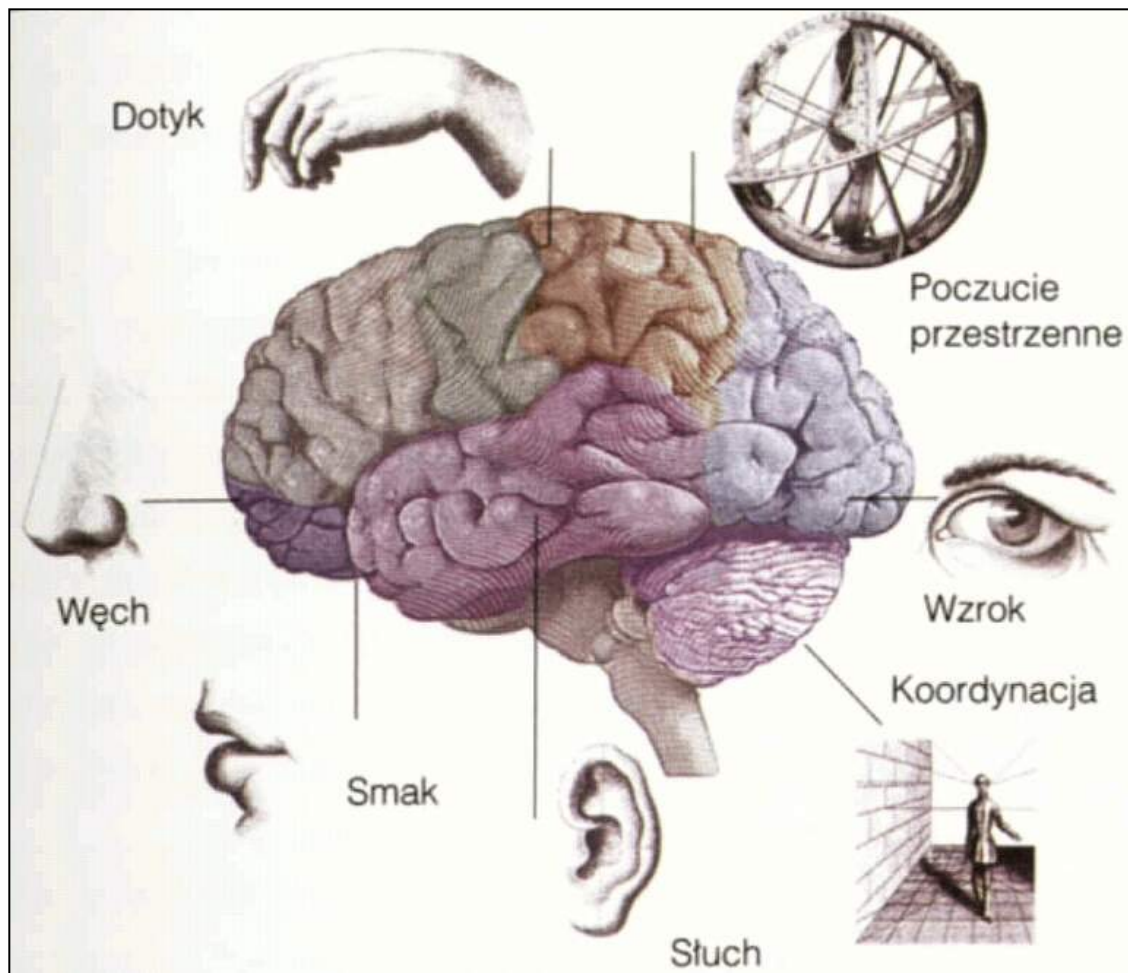
Źródło: [Wikipedia](#)



**Pień mózgu** - ośrodek oddychania, ośrodek regulujący pracę serca, ośrodek regulujący ciśnienie tętnicze, ośrodek regulujący temperaturę organizmu, ośrodek regulujący metabolizm, ośrodki odruchowe wzroku i słuchu, ośrodek integracji bodźców ruchowych i czuciowych; przysadka będąca ważnym gruczołem dokrewnym,



# Mózg i zmysły



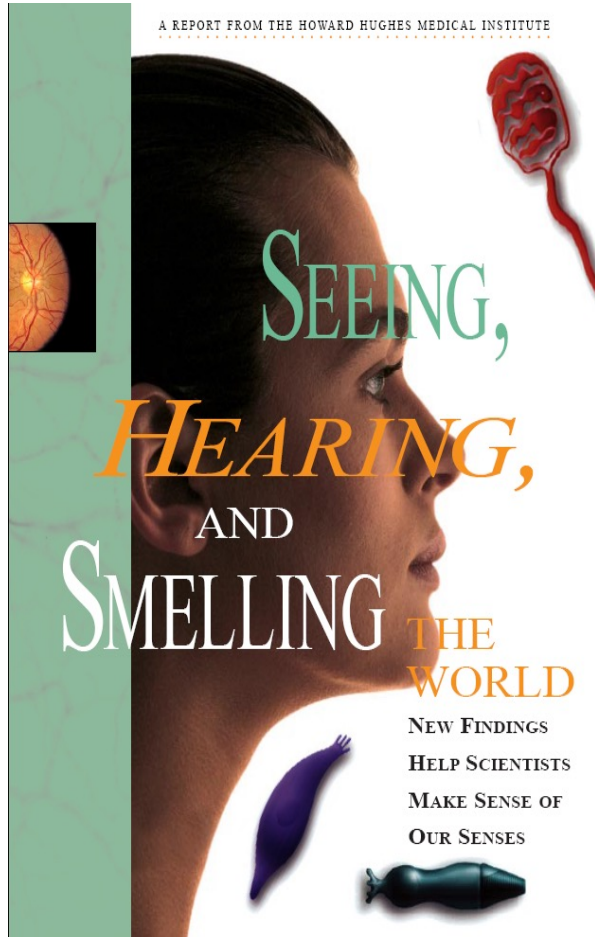
<http://www.fizyka.umk.pl/~ Duch/Wyklady/Kog1/Mozg-mapa.htm>



prof. Duch



# Zmysty



## Zmysty człowieka :

**wzrok** – percepcja bodźców świetlnych (fala elektromagnetyczna w zakresie 380-750nm )  
receptory barwy i jasności

**słuch** – percepcja przestrzenna fal dźwiękowych w zakresie częstotliwości ~20Hz-16kHz) związany z uchem

**smak** – "chemiczny" receptor, wykrywa smaki: słodki, słony, kwaśny i gorzki (oraz „umami”)

**węch** – to drugi zmysł "chemiczny,,; wykorzystuje wiele setek receptorów rozpoznających różne cząstki

**dotyk** - dostarcza informacji o fakturze, kształcie i rozmiarze przedmiotów

# Zmysły

## tzw. zmysły somatyczne (łac. soma - ciało):

Tradycyjnie związane ze zmysłem dotyku, obecnie uznaje się ten zmysł jako składający się z wielu receptorów:

**dotyk** - bodźce czuciowe (nacisk)

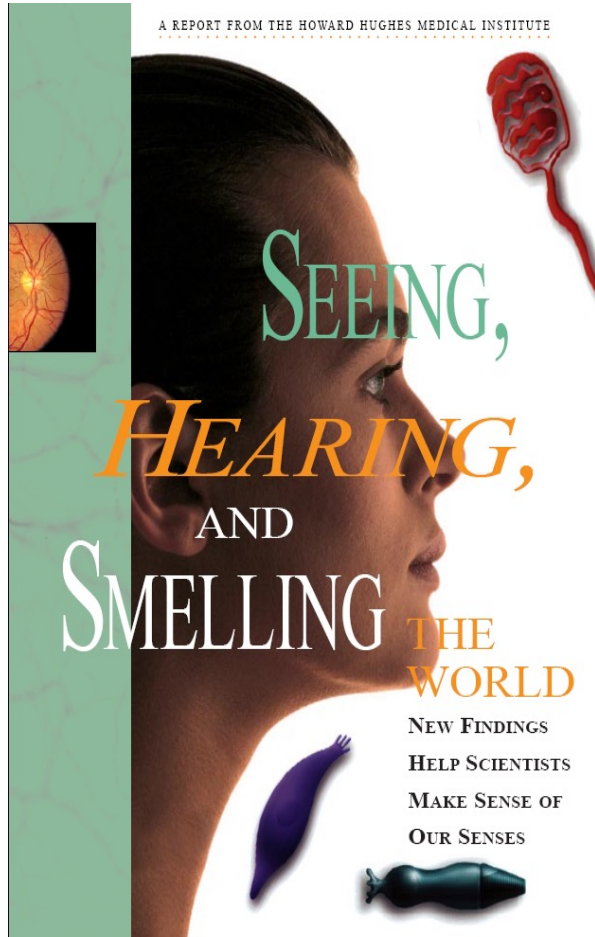
**nocycepcja** – zmysł bólu (uszkodzenie)

**zmysł temperatury** - czucie zimna/ciepła przez skórę

### Inne zmysły:

**zmysł równowagi** – związany jest z uchem i wzrokiem

**propriocepcja (kinestezja)** – zmysł ułożenia części ciała względem siebie oraz napięcia mięśniowego.





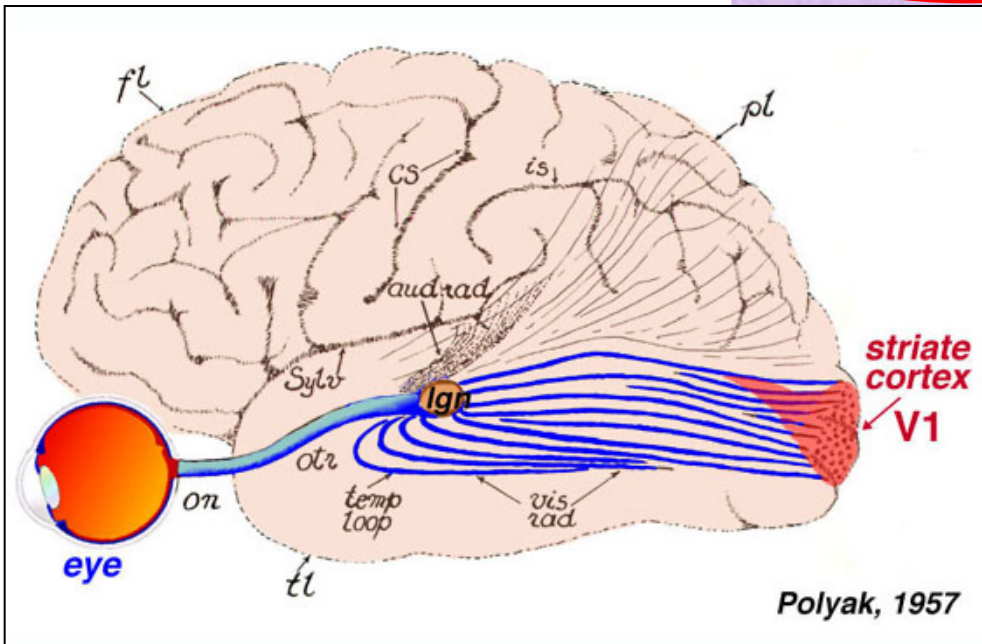
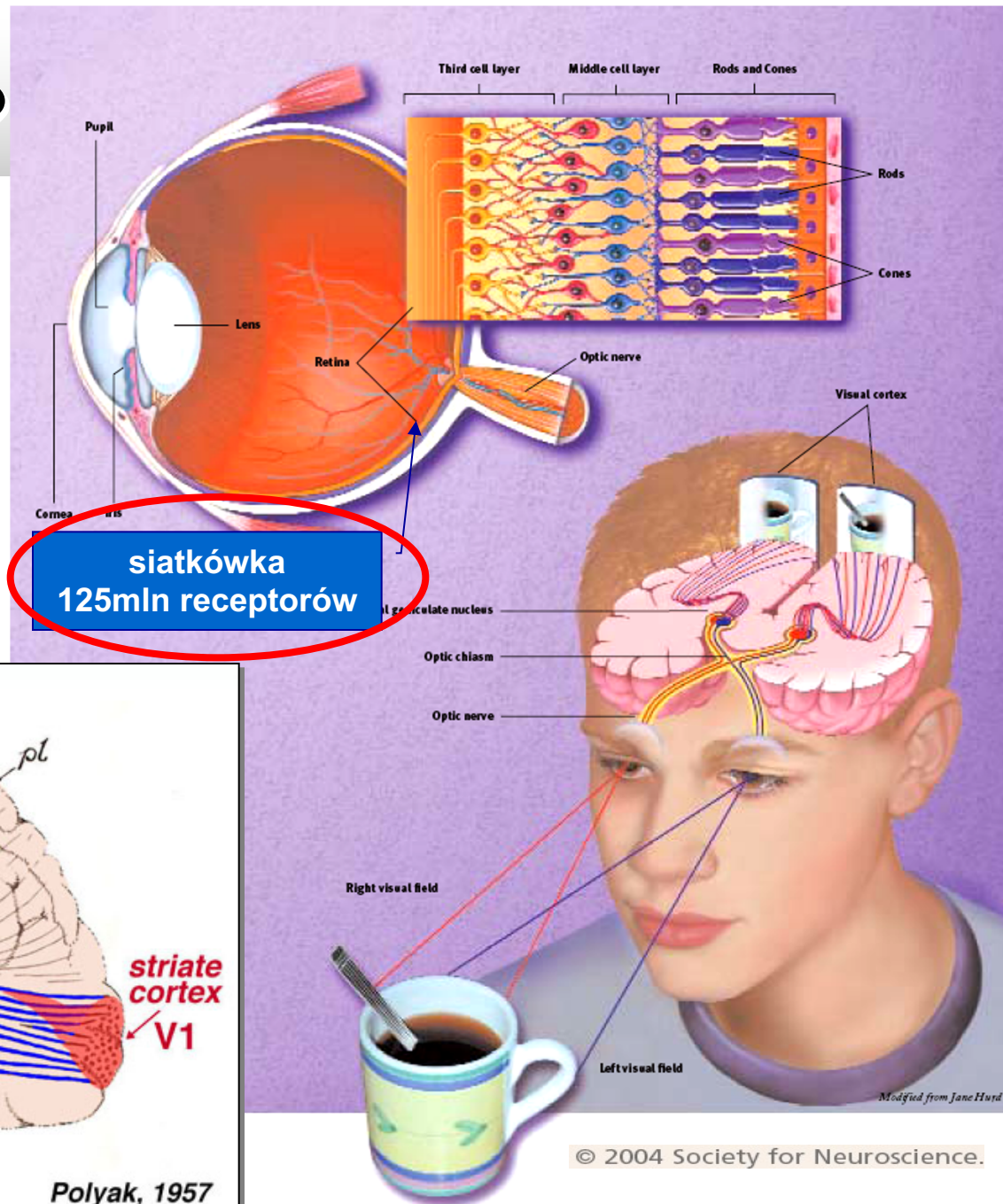
# Jak widzimy?

W korze wzrokowej są rozpoznawane:

**kształty, kolory,**

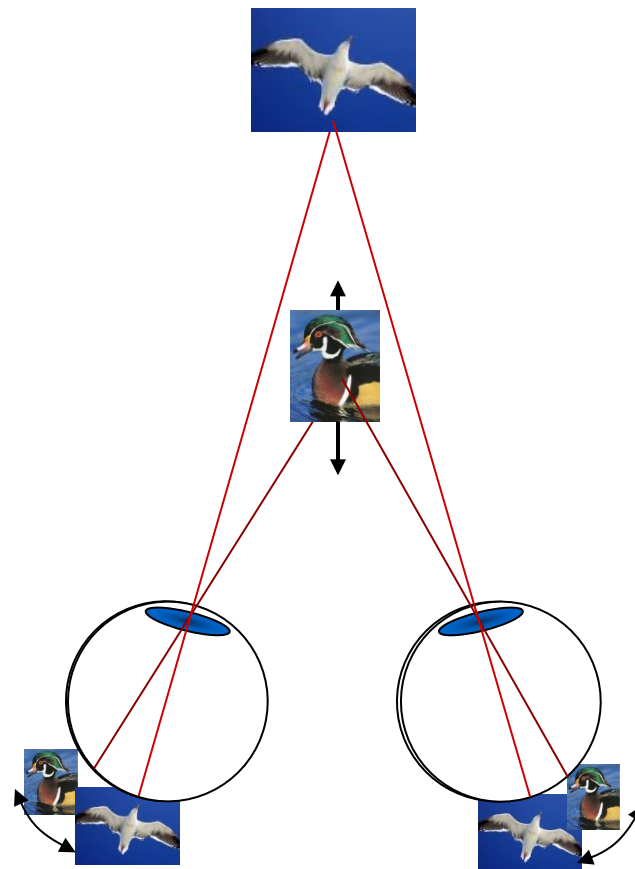
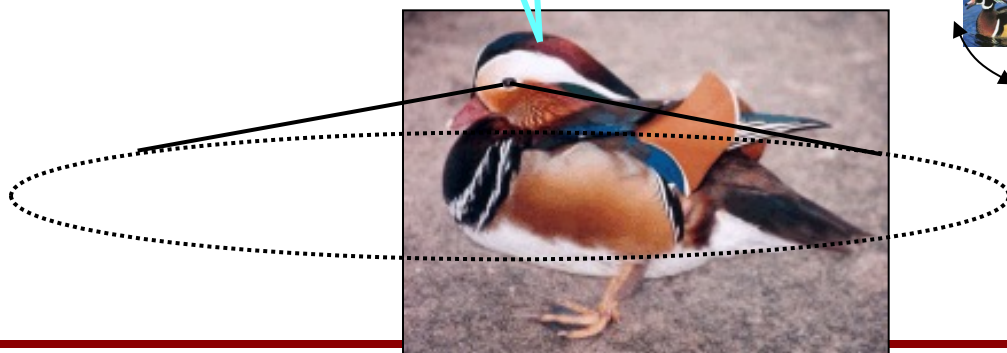
oraz

**ruch, położenie i odległość**



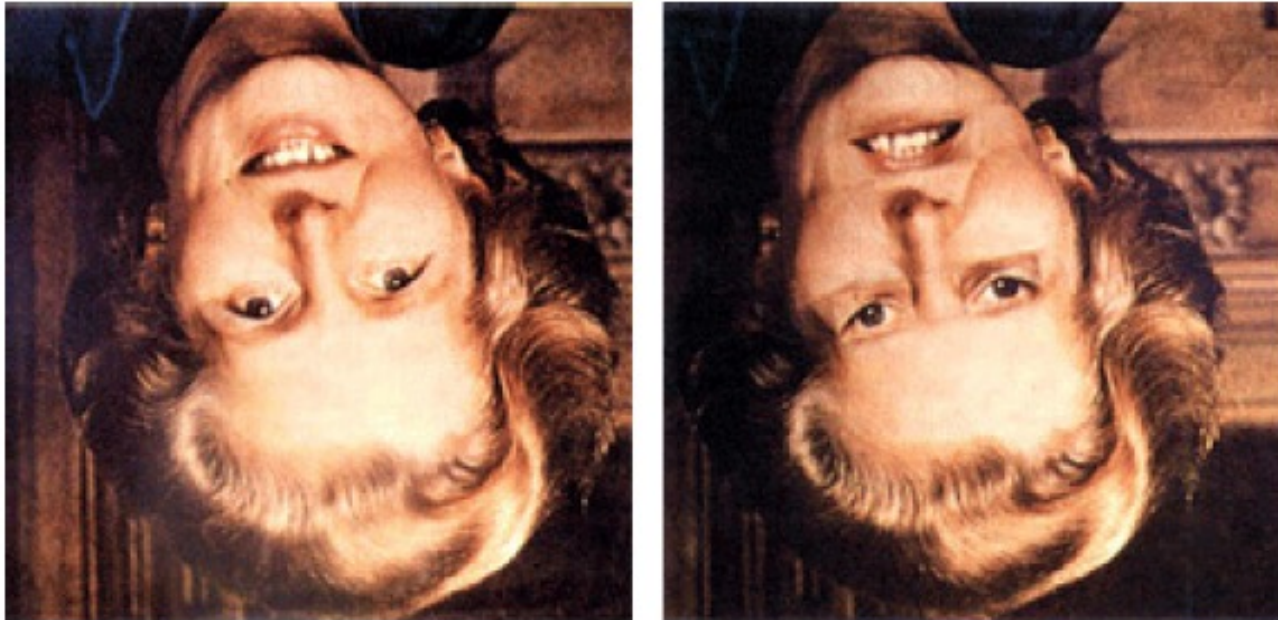


# Paralaksa w widzeniu obuocznym





# Kodowanie wzorców



*„Thatcher illusion” - Thompson (1980)*

# Kodowanie wzorców



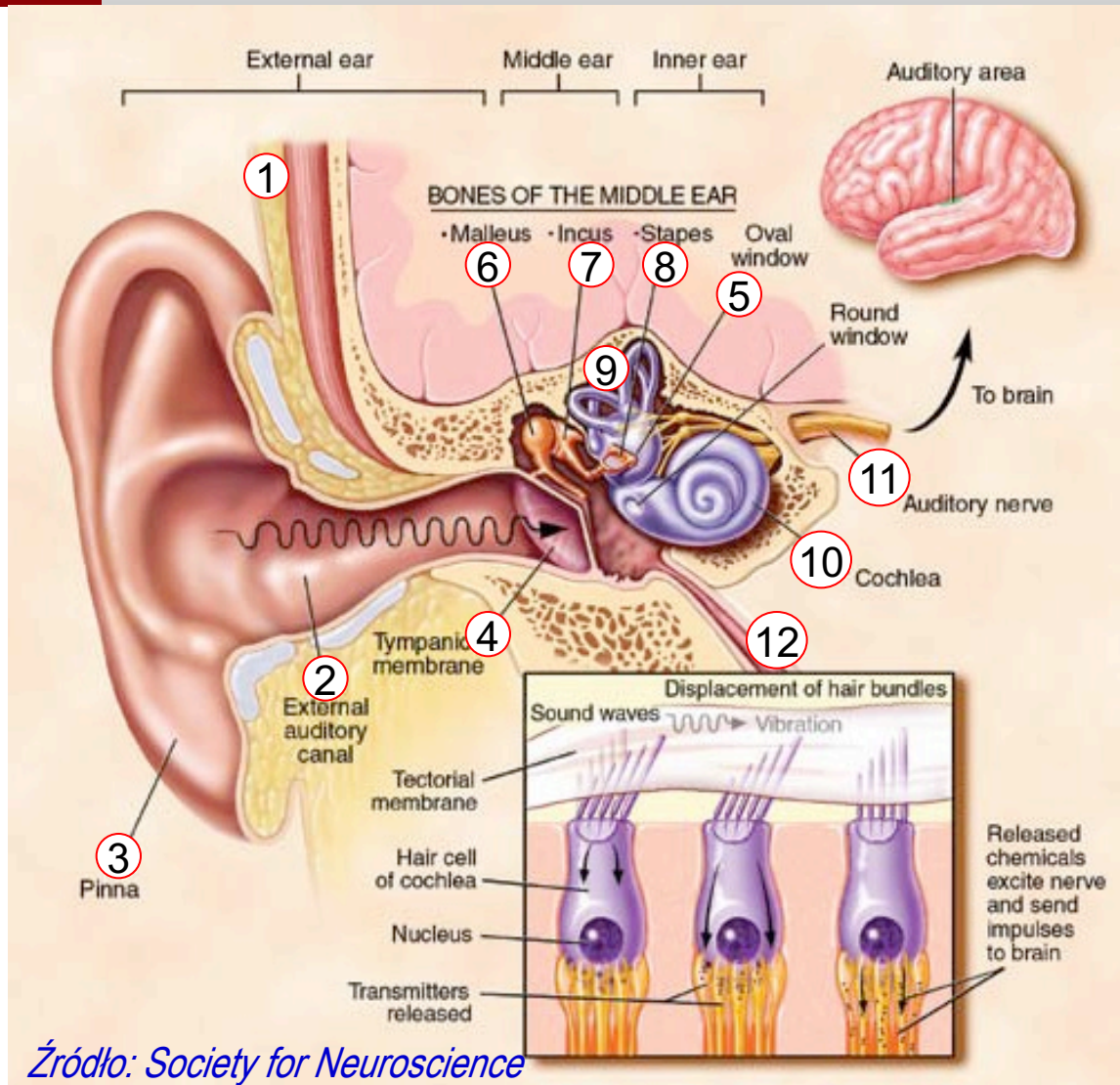
*„Thatcher illusion” - Thompson (1980)*



# Czynności kognitywne związane ze wzrokiem

- **orientacja przestrzenna** – w znanym i nieznanym otoczeniu (własne położenie względem otoczenia)
- **poruszanie się** – w znanym i nieznanym otoczeniu
- **percepcja wzrokowa (rozpoznawanie)** – otoczenia, kształtów, osób, obiektów, ruchu (zdjęcia, filmy)
- **zapamiętywanie** - kształtów obiektów, miejsc, ...
- **czytanie** - potrzebne rozpoznawanie ciągi liter i kojarzenie ich w słowa i ich znaczenia, ruch gałek ocznych,.. )
- **pisanie** – wyuczona koordynacja ruchów dłoni i wzroku
- **obsługa urządzeń i mechanizmów** – komputer, samochód, ...

# Jak słyszymy?



## Budowa ucha ludzkiego:

- 1 - czaszka
- 2 - przewód słuchowy
- 3 - małżowina uszna
- 4 - błona bębenkowa
- 5 - okienko owalne
- 6 - młoteczek
- 7 - kowadełko
- 8 - strzemiączko
- 9 - kanał półkolisty
- 10 - ślimak
- 11 - nerw słuchowy
- 12 - trąbka Eustachiusza

Źródło: Society for Neuroscience





# Słuch

- Dostarcza informacji o otoczeniu (ocena zagrożeń) i orientacji przestrzennej (wraz ze wzrokiem), np. ocena odległości
- Cechy postrzeganych dźwięków:
  - ton podstawowy
  - głośność
  - barwa dźwięku
  - wzór czasowy
  - częstotliwość
  - amplituda
  - kształt widma
  - implusowy, przerywany, falujący
- Strumienie dźwiękowe - Bregman („coctail-party problem ”)



# Prawo Webera

Prawo Webera-Fechnera:

***Reakcja układu biologicznego jest proporcjonalna do logarytmu bodźca***

$$r = k \cdot \ln \frac{B}{B_0}$$

gdzie:

$r$  - reakcja układu biologicznego (wrażenie zmysłowe),

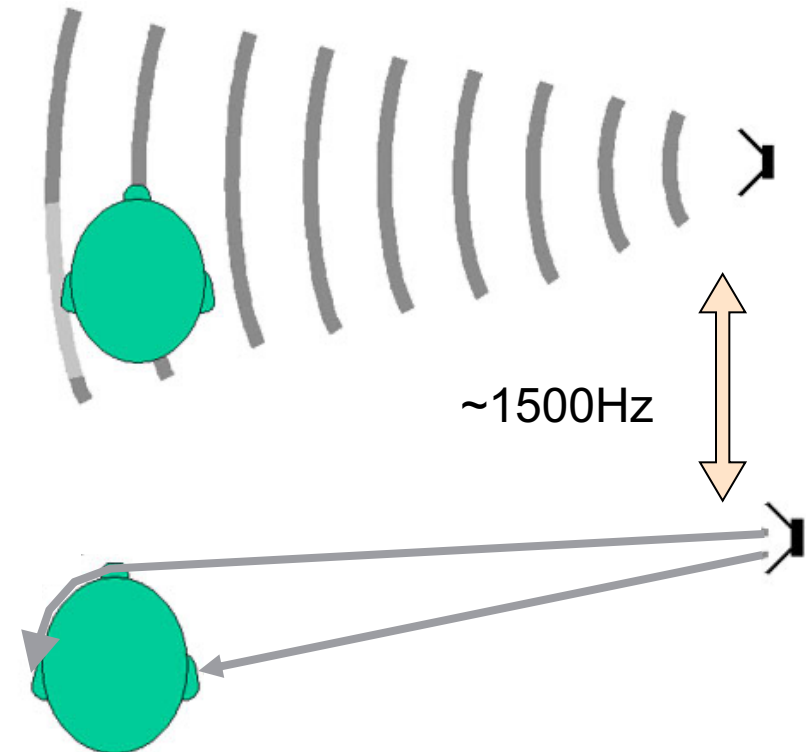
$B$  - natężenie danego bodźca,

$B_0$  - wartość początkowa natężenia danego bodźca (wartość progowa),

np. prawo to uzasadnia stosowanie skali decybelowej dla głośności dźwięku

**Teoria duplex:** Wg tej teorii w lokalizacji źródła dźwięku z otoczenia biorą udział dwa mechanizmy:

- międzyuszna różnica poziomu (ang. ILD)
- międzyuszna różnica czasu (ang. ITD)

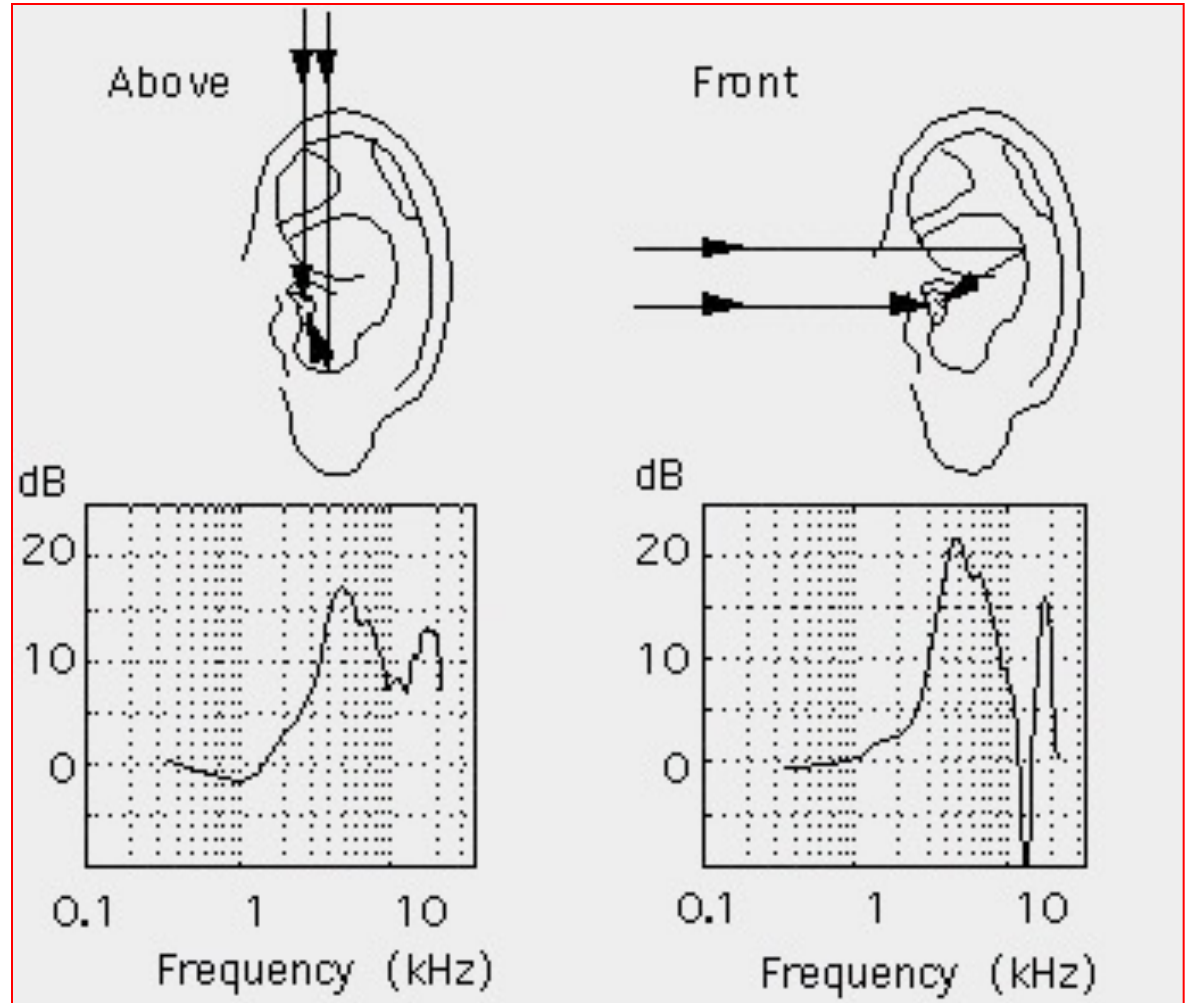


Zadanie: Wyznaczyć maksymalną różnicę czasu dotarcia dźwięku do ucha lewego i prawego?



# Słyszenie przestrzenne – rola małżowiny

Małżowina uszna pełni rolę akustycznego filtra kierunkowego



© Univ. Magdeburg

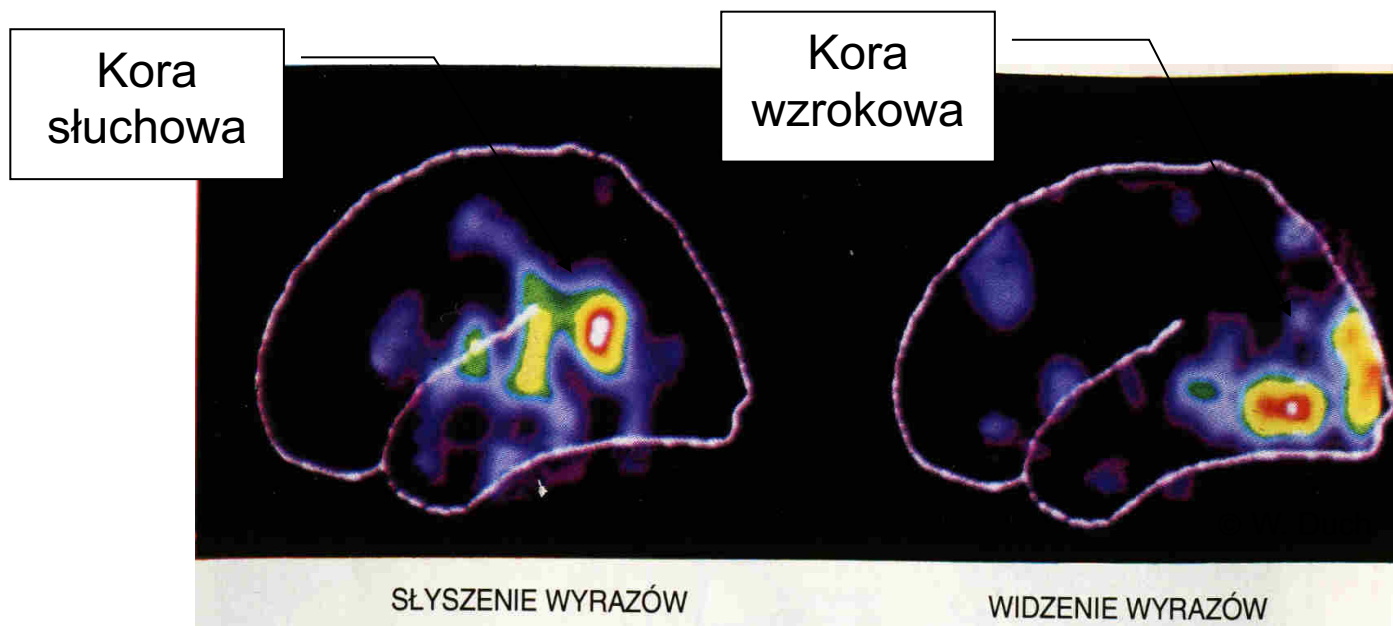




# Czynności kognitywne związane ze słuchem

- **komunikacja werbalna (rozpoznawanie mowy)** – człowiek-człowiek, człowiek-maszyna
- **słyszenie własnej mowy, śpiewu**
- **percepcja otoczenia (wraz ze wzrokiem)** – mechanizm „gdzie – co”
- **skupianie uwagi na zadanym źródle dźwięku** (spośród wielu dźwięków)
- **jednoczesne skupianie uwagi na kilku źródłach**
- **lokalizacja źródeł dźwięku** (dźwięki alarmowe)
- **zapamiętywanie dźwięków** (rozpoznawanie osób po głosie)
- **„granie” muzyki i śpiew**

# Słyszenie a widzenie wyrazów

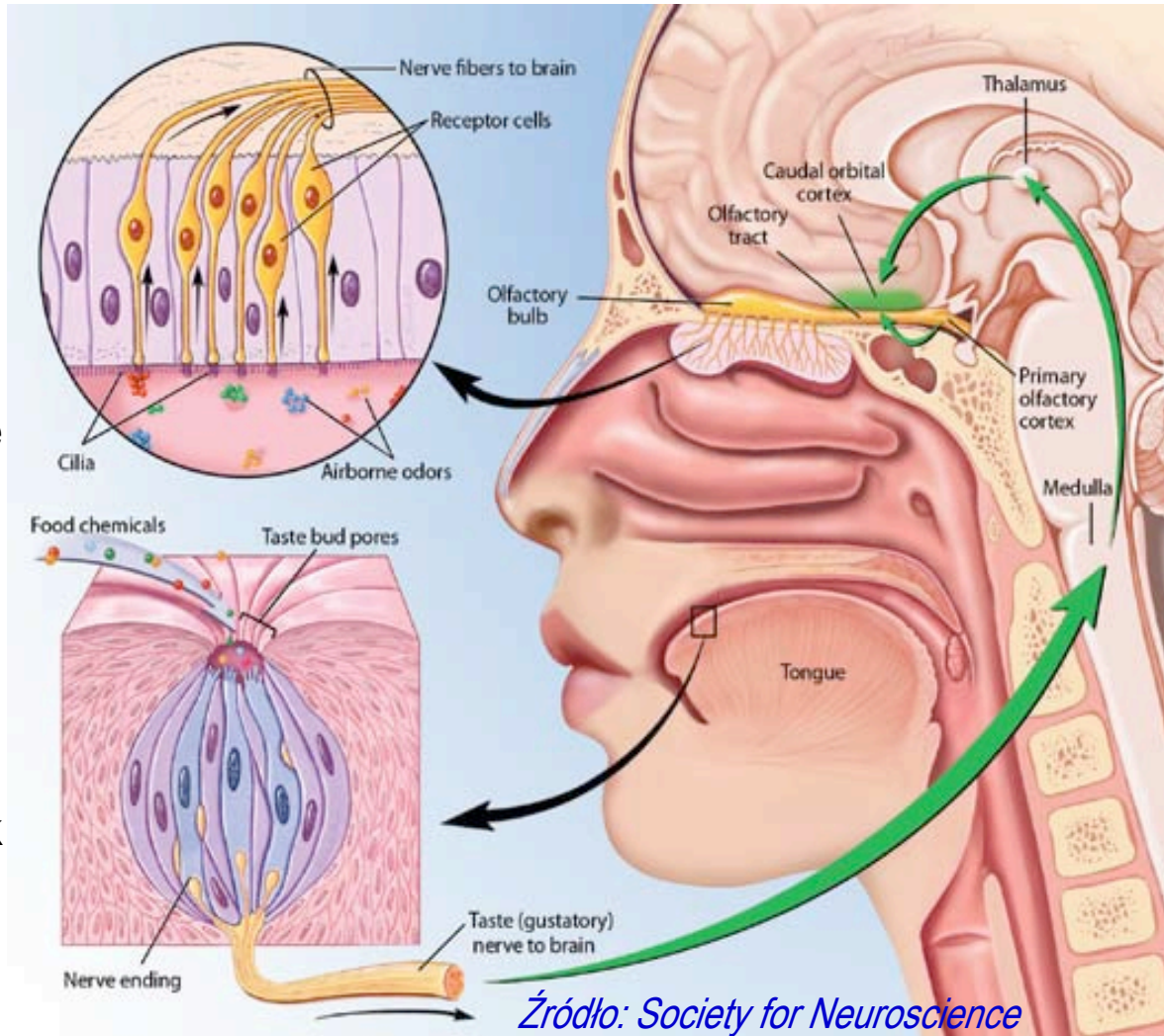


Widzenie uaktywnia ok. 70% obszaru mózgu

# Jak czujemy zapach i smak?

**Węch** – jeden z dwóch (obok smaku zmysłów chemicznych), zapach odczuwa się na skutek wdychania do nosa powietrza. Związki (cząsteczki) o właściwościach zapachowych pobudzają receptory zapachowe – tj. specjalizowane zespoły komórek, połączonych układem nerwowym bezpośrednio z mózgiem.

**Smak** – służy do analizy składu chemicznego pokarmu, człowiek posiada 5 receptorów smakowych znajdujących się w języku



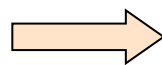
Źródło: Society for Neuroscience

# Dotyk

**Zmysł dotyku** jest umiejscowiony w skórze. Wrażenie dotyku jest kombinacją sygnałów z komórek reagujących na temperaturę, ucisk lub uszkodzenie skóry (mechanizm obronny).

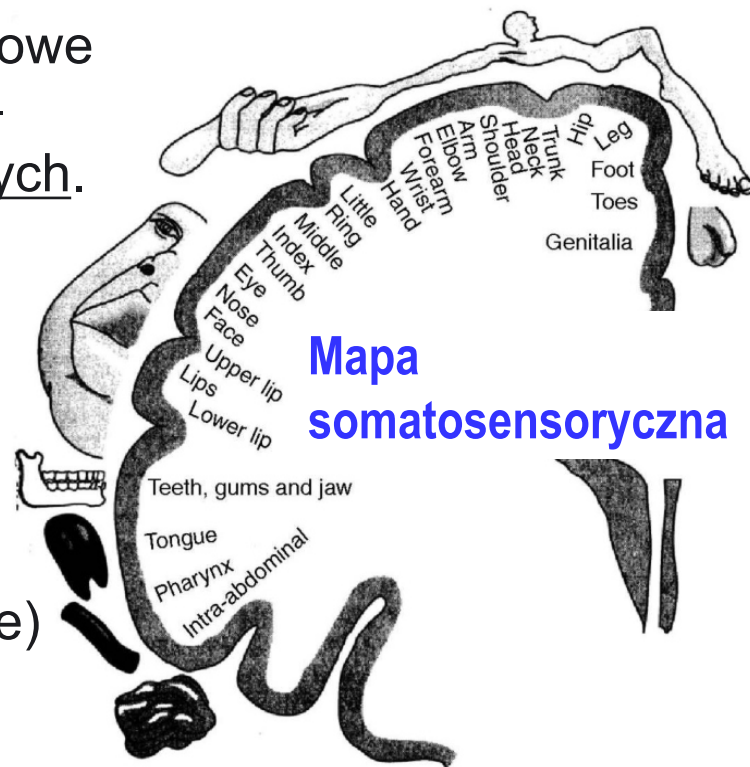
Dotyk i ruch („zmysł ruchu”) stanowią podstawowe elementy umożliwiające percepcję otoczenia – szczególnie ważne zmysły dla osób niewidomych.

Receptory dotyku są rozmieszczone nierównomiernie na powierzchni ciała



Receptory dotyku dzieli się na:

- receptory czucia powierzchniowego (w skórze)
- receptory czucia głębokiego (mięśnie, stawy)







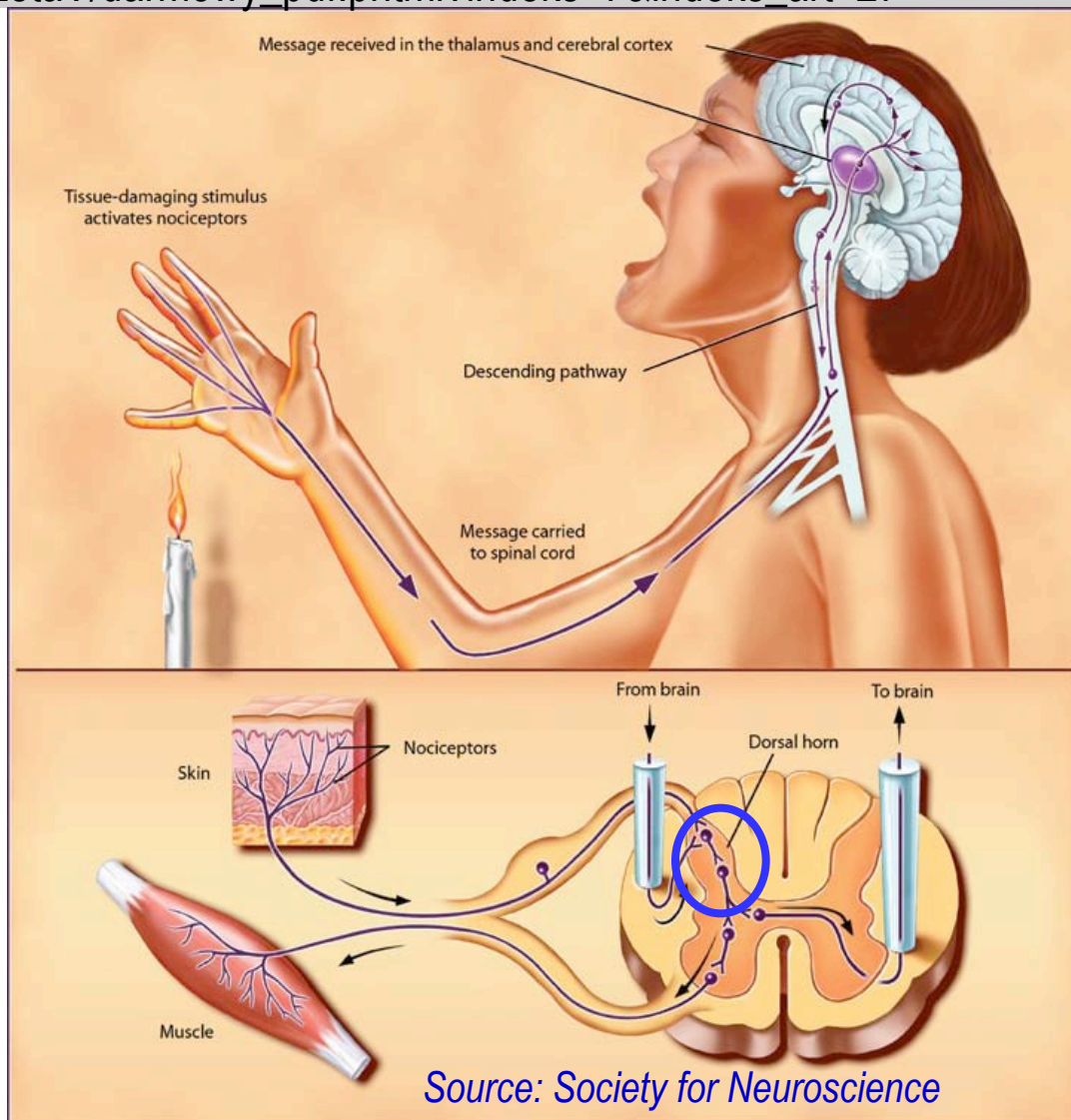
# Jak odczuwamy ból?

Jak powstaje ból?

[http://www.viamedica.pl/gazety/gazetaV/darmowy\\_pdf.phtml?indeks=7&indeks\\_art=27](http://www.viamedica.pl/gazety/gazetaV/darmowy_pdf.phtml?indeks=7&indeks_art=27)

Sygnaly o uszkodzeniu tkanki są przesyłane do rdzenia kręgowego poprzez nerwy obwodowe, dalej impulsy płyną do pnia mózgu, wzgórze (który pełni funkcje „rozdzielni” bodźców czuciowych) by trafić do kory mózgowej. Tam są odczuwane świadomie jako ból.

Odczucie bólu może zostać zmniejszone poprzez „sprężenie zwrotne” wysyłane z kory mózgowej do rdzenia kręgowego gdzie „transmisja bólu” jest blokowana z wykorzystaniem hormonów wytwarzanych w mózgu i rdzeniu kręgowym nazywanych endorfinami (tzw. hormony szczęścia, „wewnętrzna morfina”).



Source: Society for Neuroscience



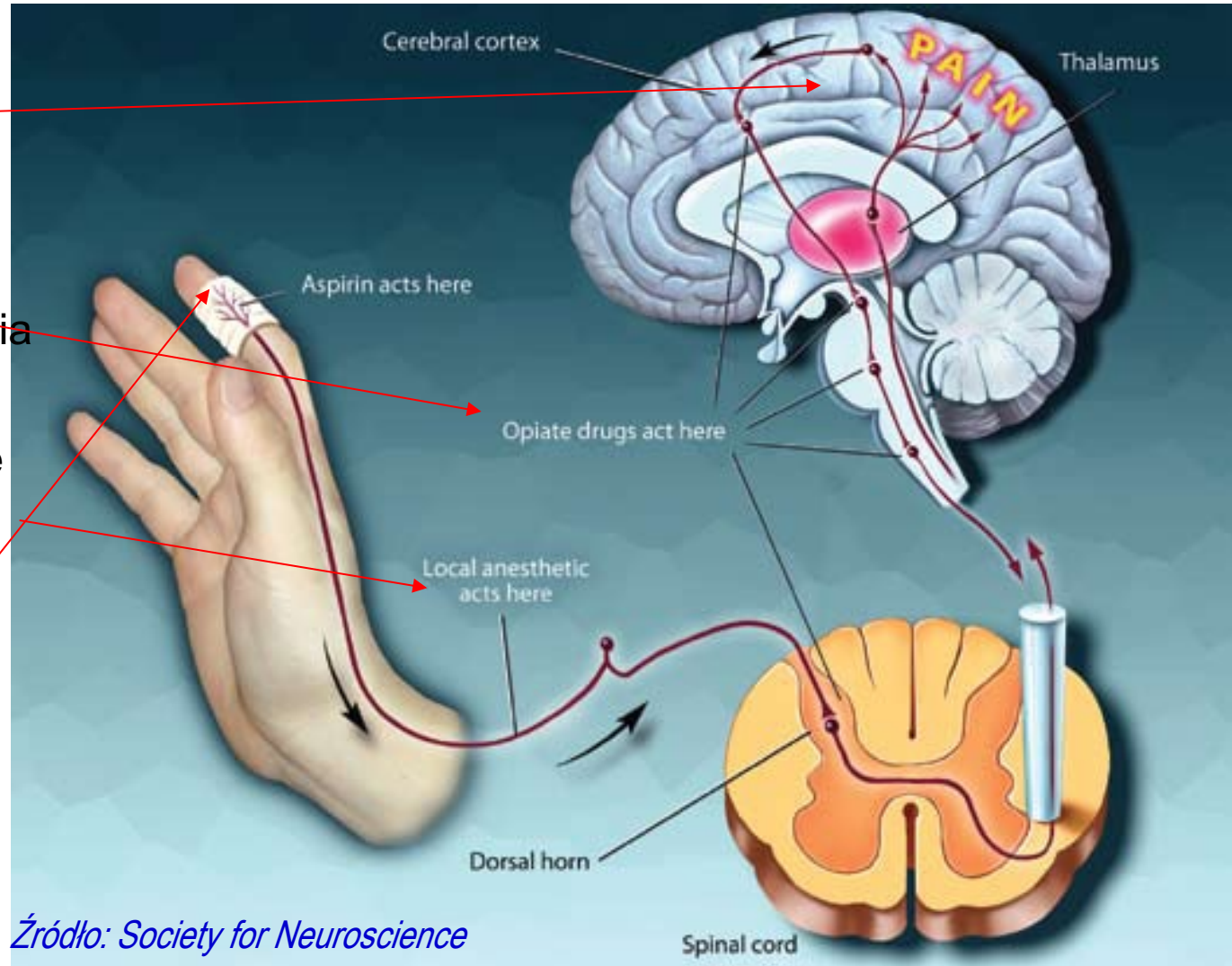
# Jak działają leki przeciwbólowe?

**Acetaminofen** –  
blokuje ból w samym  
mózgu

**Opiaty** –  
blokują transmisję  
„sygnału bólu” z rdzenia  
do mózgu

**Lokalne znieczulenie**  
– blokuje transmisję  
„sygnału bólu” w  
nerwach obwodowych

**Aspiryna** –  
blokuje produkcję  
prostaglandyny  
(hormonu  
pobudzającego  
receptory bólowe)



Źródło: Society for Neuroscience

# Odruchy

**Odruch bezwarunkowy** (ang. *reflex reaction*) – automatyczna (wrodzona) reakcja organizmu na bodziec wewnętrzny lub zewnętrzny, w której nie uczestniczy mózg

## Przykłady odruchów bezwarunkowych :

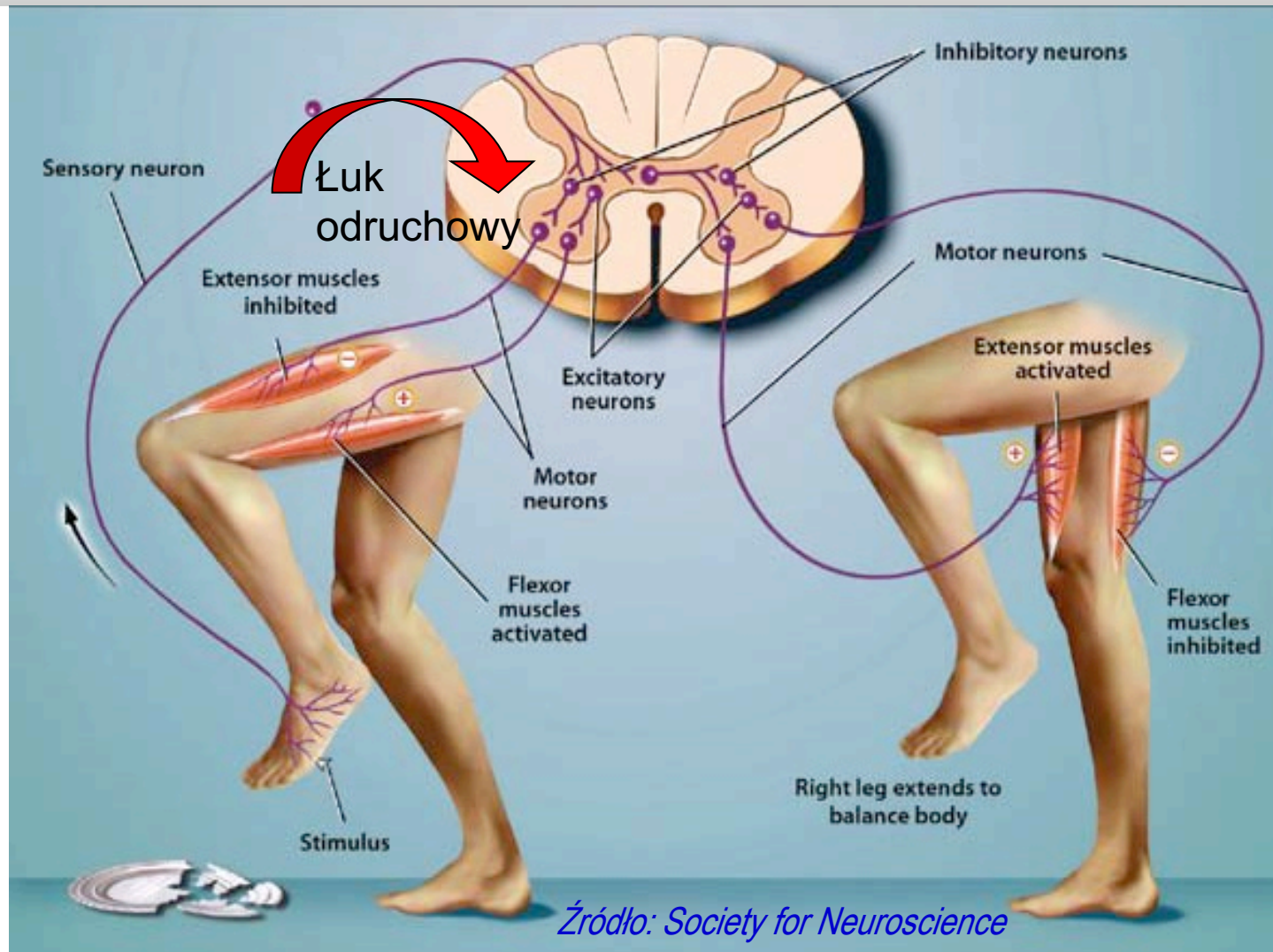
- odruch akomodacji oka (zmiana kształtu soczewki)
- odruch źreniczny
- odruch rzepekowy, inaczej odruch kolanowy
- odruch chwytania u noworodków







# Odruch bezwarunkowy

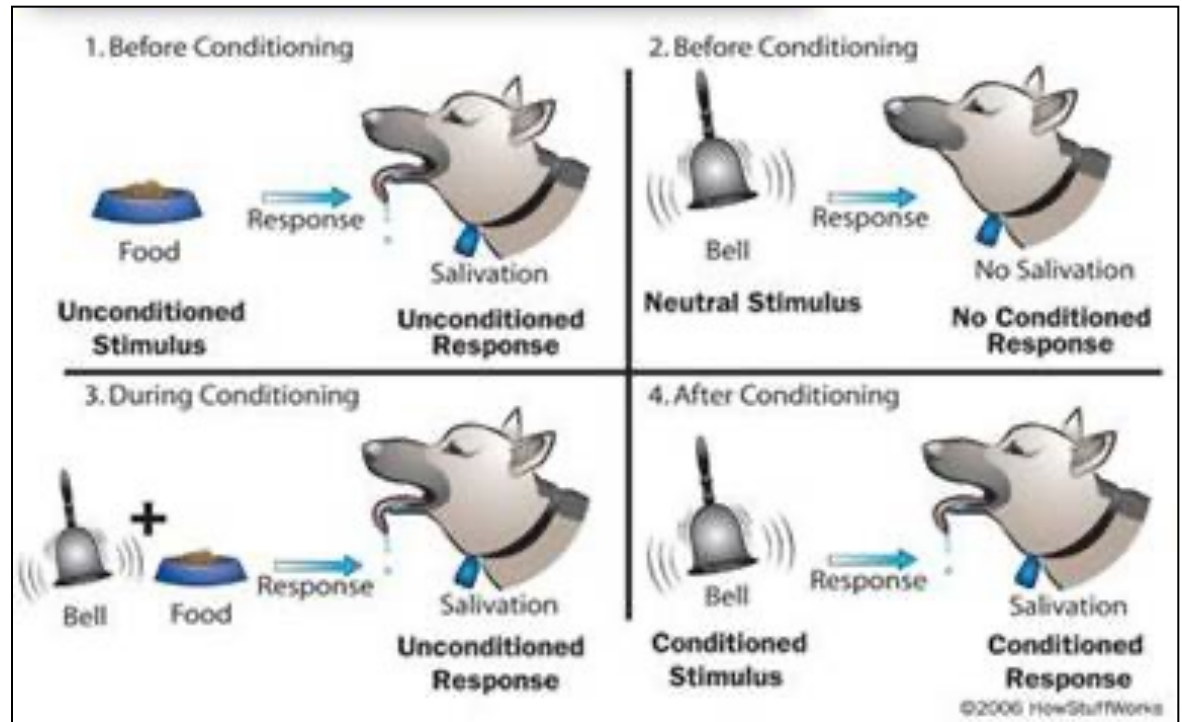




# Odruchy

**Odruch warunkowy** (ang. *conditioned response*) – nabyta reakcja organizmu, następuje po analizie bodźca przez ośrodek kojarzenia w pniu mózgu; odruch powstaje na skutek wielokrotnego powtarzania bodźców

Doświadczenie  
Pawłowa  
(1849-1936)





# Zamierzony ruch

## Czas reakcji ruchowej na bodźce:

wzrokowe - ok. 190ms  
słuchowe - ok. 160ms  
czuciowe (ból) - ok. 700ms (dotyk 150ms)

Czas reakcji zależy od wieku i wytrenowania

## Prawo Fittsa (opisuje czas potrzebny do wskazania celu):

$$T = a + b \cdot \log_2 \left( 1 + \frac{D}{W} \right)$$

gdzie:

$T$  – czas wykonania ruchu.  
 $a, b$  – stałe dobrane empirycznie,  
 $D$  – odległość,  
 $W$  – rozmiar celu (tolerancja błędu).

Interpretacja?

Jak budować  
dobre interfejsy?



# Prawo Fitts'a

$$T = a + b \cdot \log_2 \left( 1 + \frac{D}{W} \right)$$




# Pamięć, emocje, ..., zmęczenie

## Interesuje nas w jakim zakresie:

- parametry zmysłów,
- zdolności poznawcze
- inne parametry fizyczne i psychofizyczne (pamięć, emocje, stres, zmęczenie, ..)

powinny być uwzględniane w projektowaniu urządzeń i systemów obsługiwanych przez człowieka.

