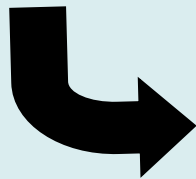


Az érzékelés biofizikájának alapjai

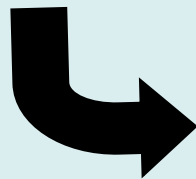
2021-03-29
Liliom Károly

Érzékelési folyamat szereplői

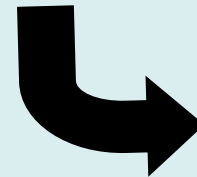
külső, belső
környezet
ingerei



inger-
specifikus
transzducer

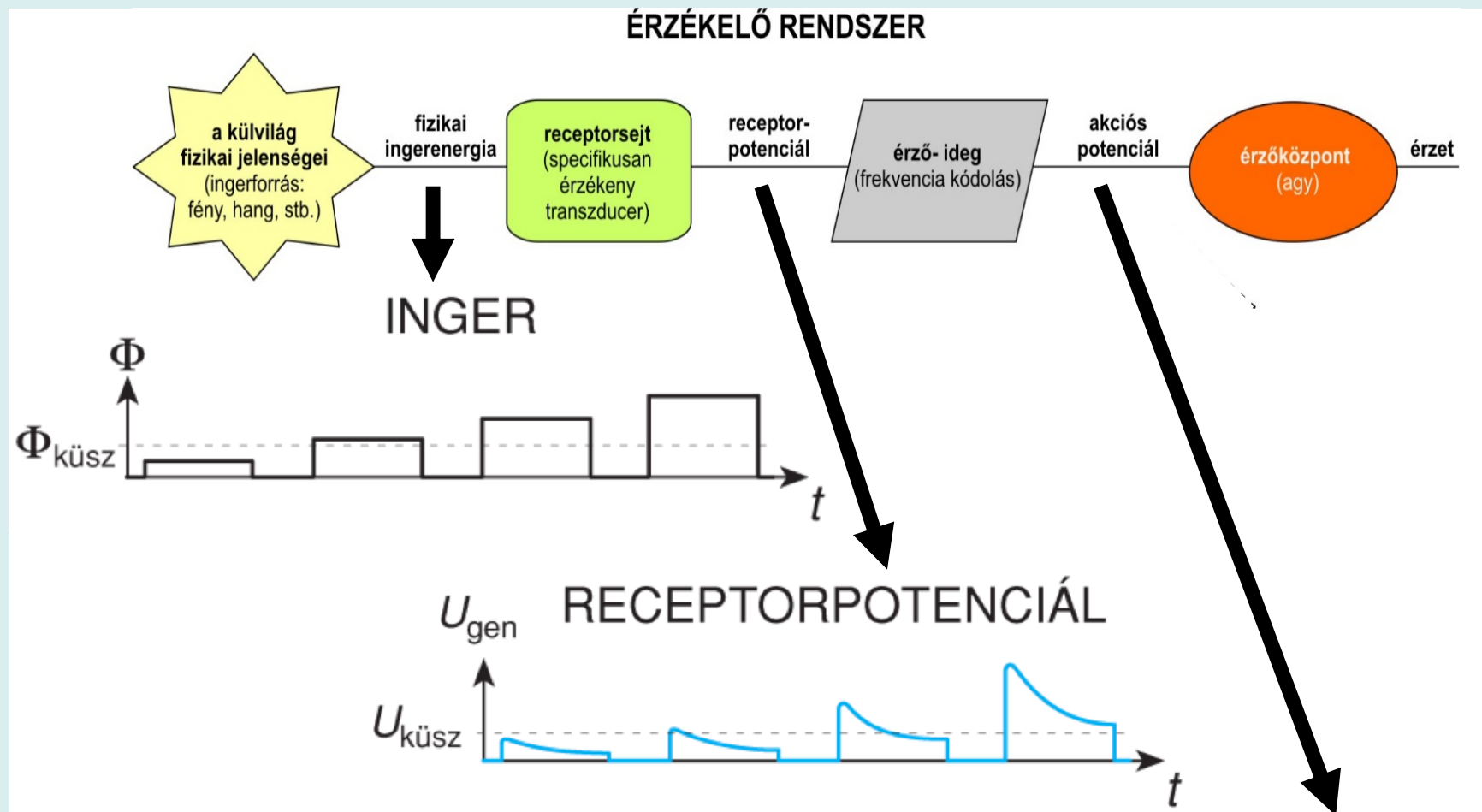


neuron



központi
idegrendszer

Az érzékelőrendszer általános felépítése

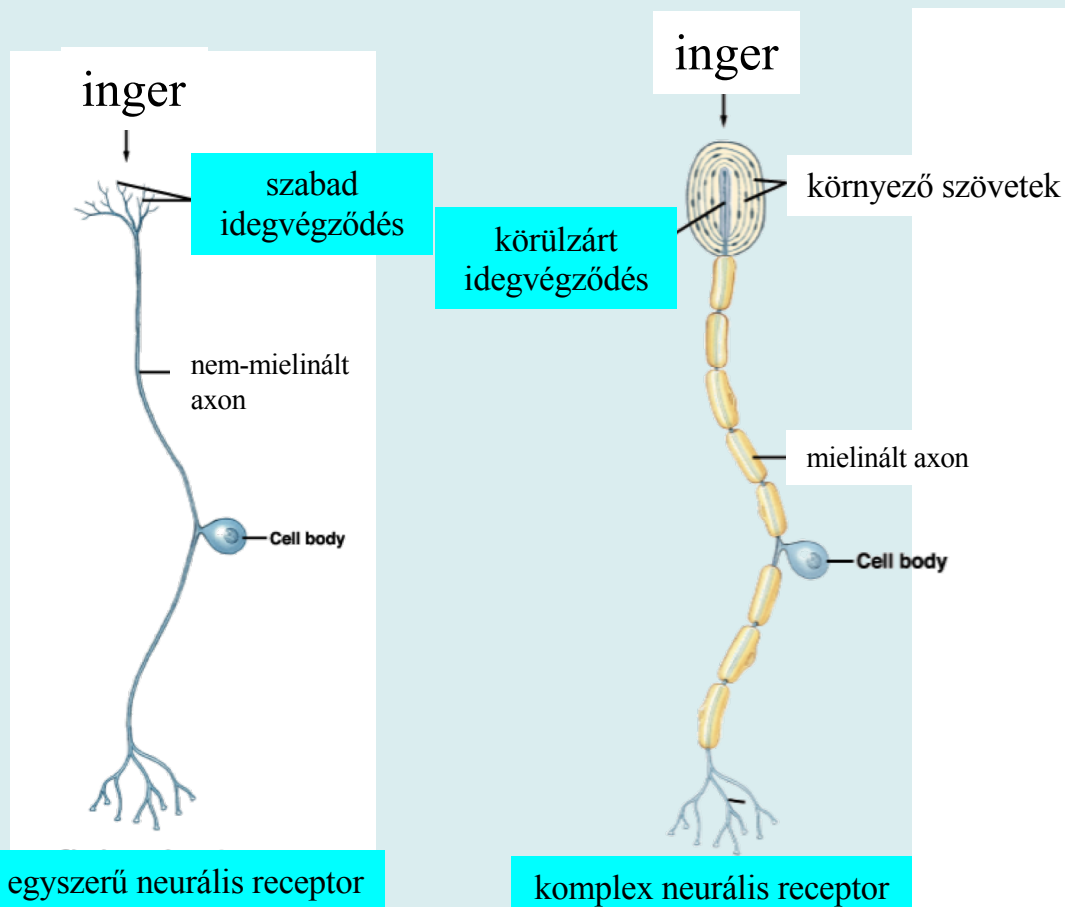


Az inger jellemzői:
milyen, hol, mennyi, meddig?



Receptor felépítése

Primer receptor



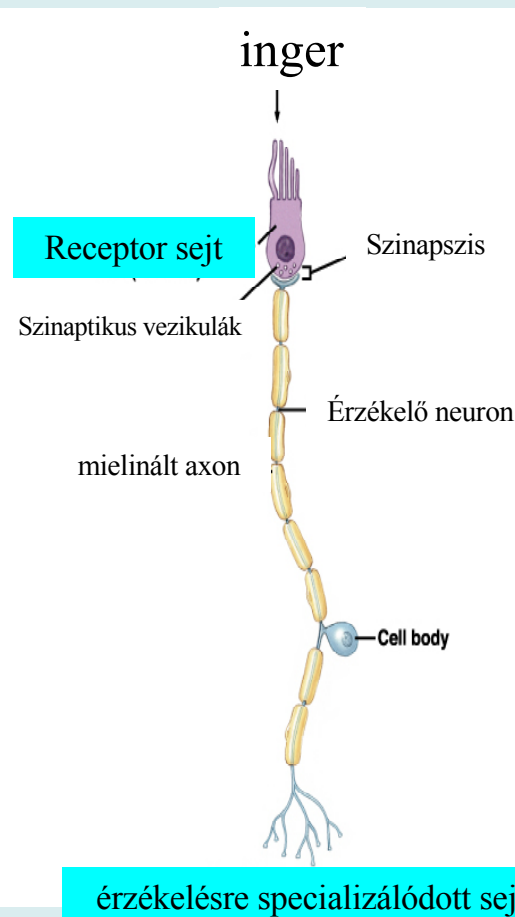
egyszerű neurális receptor

pl. bőrrceptorok

komplex neurális receptor

pl. izomorsó

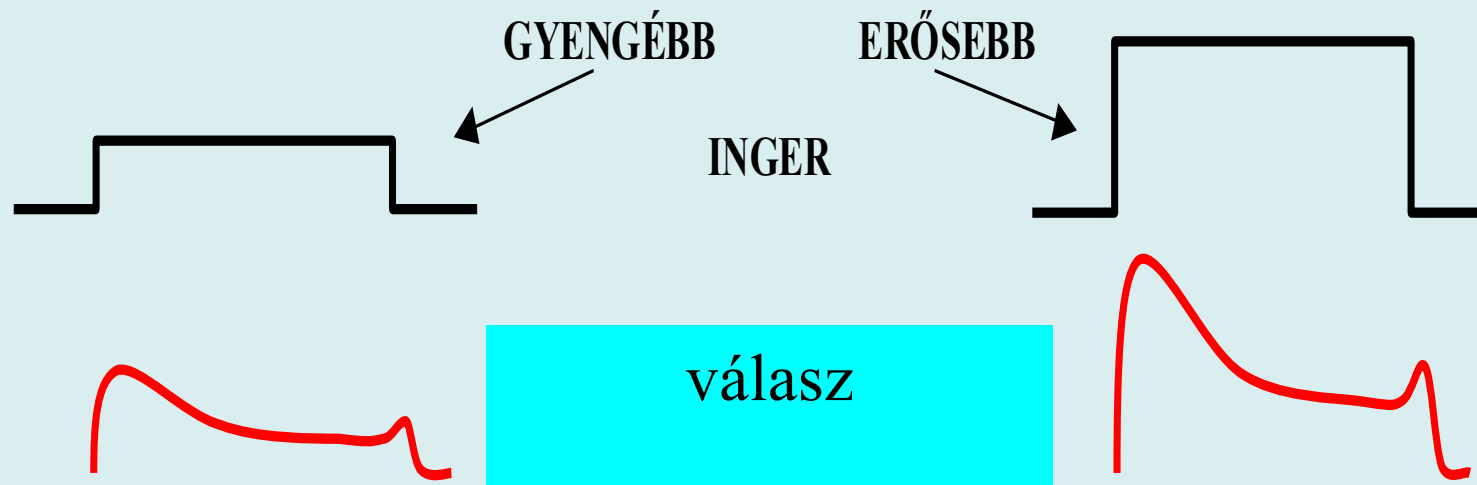
Szekunder receptor



érzékelésre specializálódott sejt

pl. hallás, látás

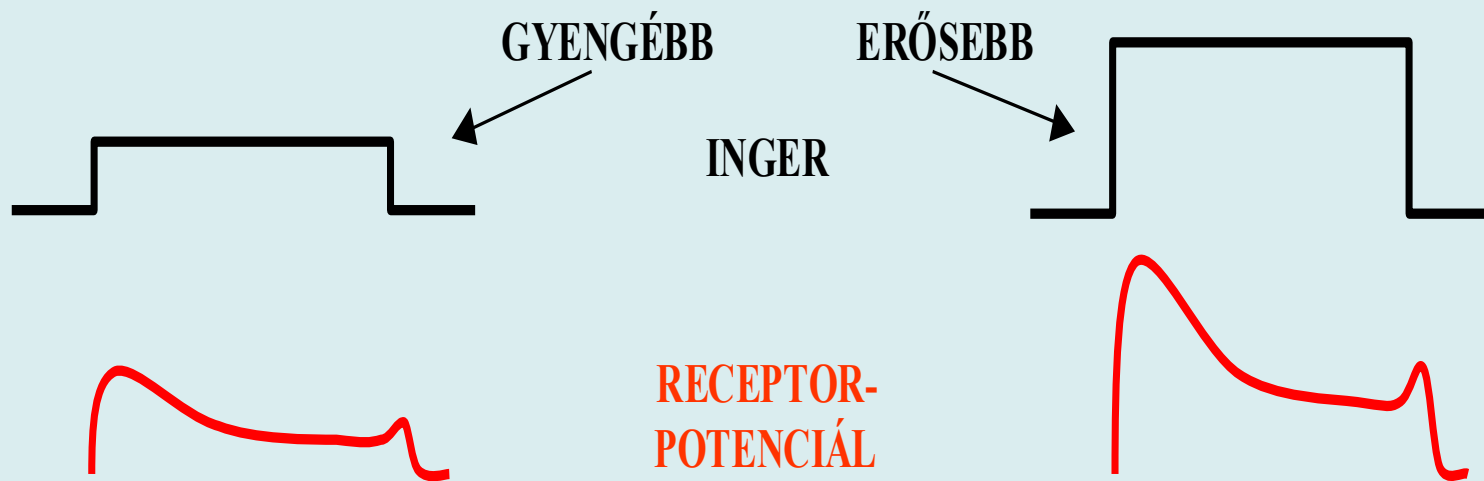
Receptor válasza az adekvát ingerre



Az általános receptorválasz:

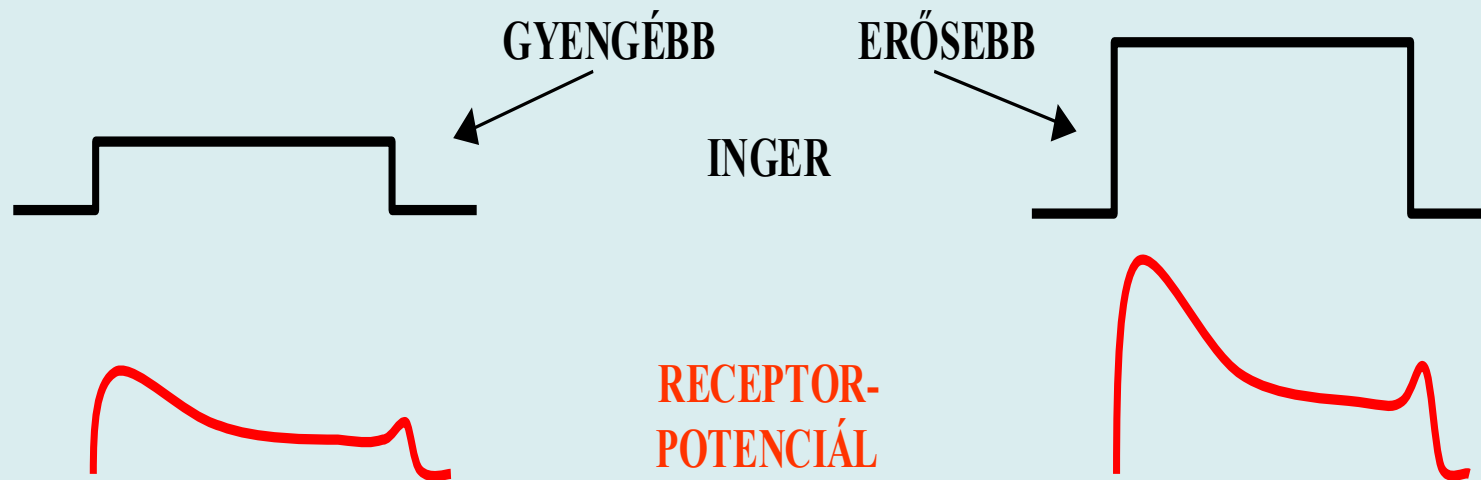
*a receptor nyugalmi potenciáljának
megváltozása*

RECEPTORPOTENCIÁL



amplitúdója arányos az inger amplitúdójával
időtartama azonos az inger időtartamával
helyi potenciálváltozás

Jelátalakítás = TRANSZDUKCIÓ




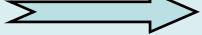


nem-elektromos jel átalakítása elektromos jellé

a receptor mint transzducer működik

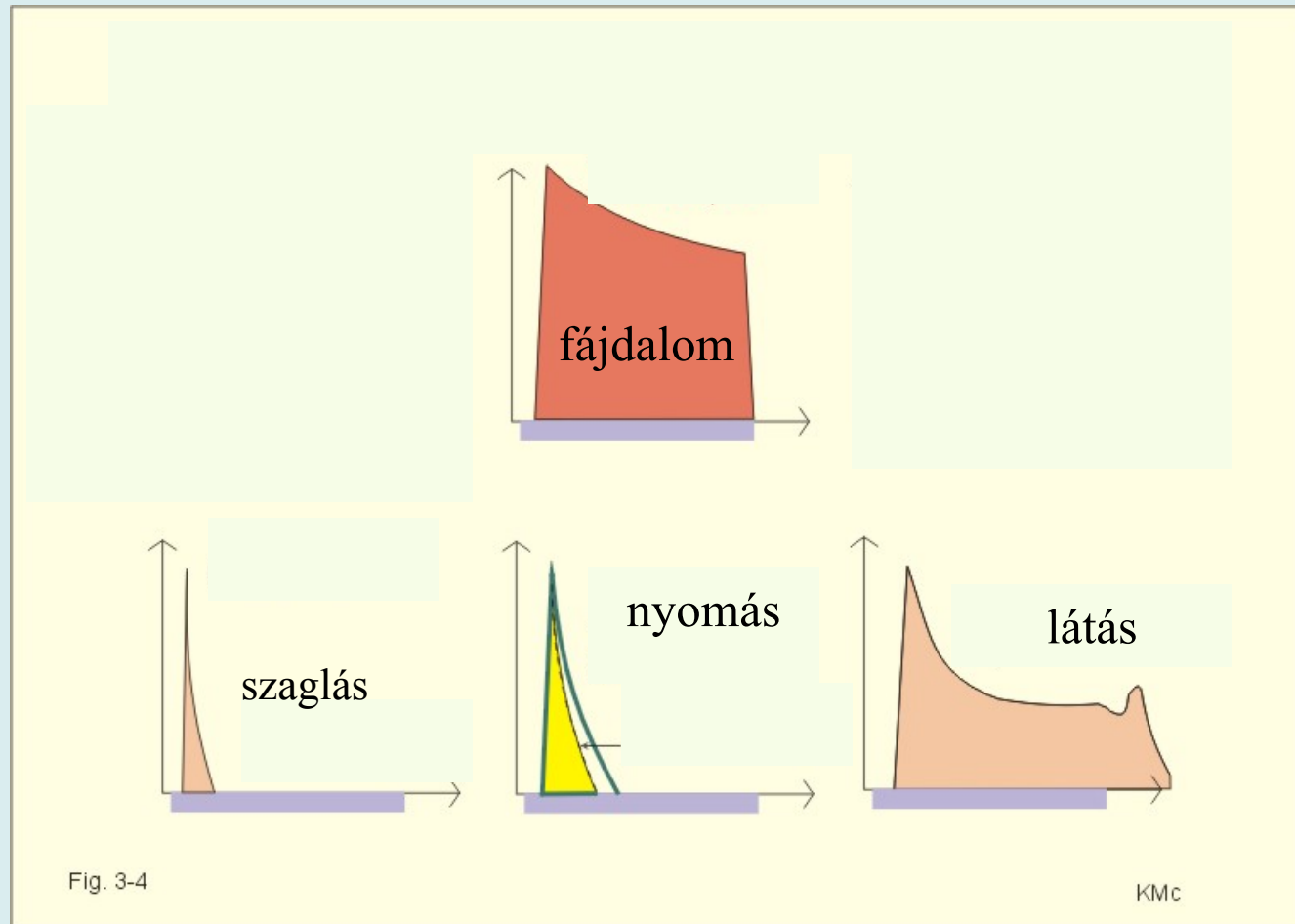
INGER

KÓD

MILYEN?		A receptor típusa
HOL?		A receptormező lokalizációja
MENNYI?		A receptorpotenciál amplitúdója
MEDDIG?		A receptorpotenciál időtartama

Adaptáció:

a receptorpotenciál amplitúdójának csökkenése



Gyorsan adaptálódó receptorok : pl. tapintás, szaglás, hőérzet

Lassan / nem adaptálódó receptorok (pl. fájdalomérzékelők - fogfájás)

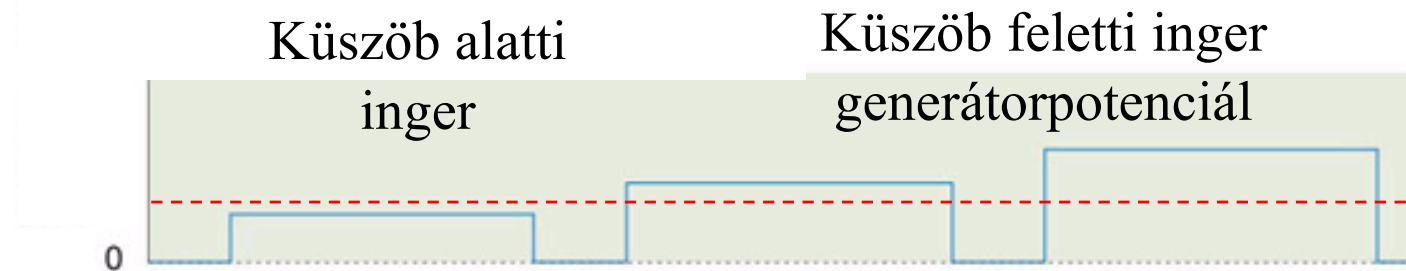
Az információ továbbítása a receptorról a neuronra / axonra

Szekunder receptor \Rightarrow szinapszis \Rightarrow axon
receptorpotenciál neurotranszmitter
 mennyisége
 minősége

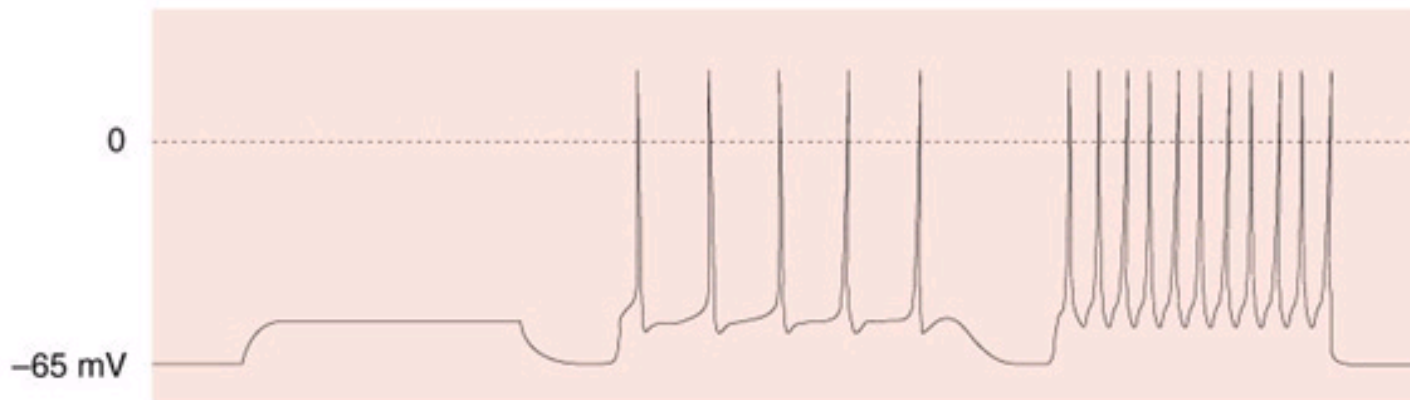
Primer receptor \Rightarrow helyi áramok \Rightarrow axon
receptorpotenciál áramerősség

A receptorpotenciál hatása az ingerelhető membránra

Receptor-
potenciál



Axon
membrán-
potenciálja



depolarizáció
(gátló szinapszisoknál
hiperpolarizáció)

akciós potenciál
*Állandó amplitúdójú,
frekvencia modulált jel*

küszöbinger



1.6 x küszöbinger

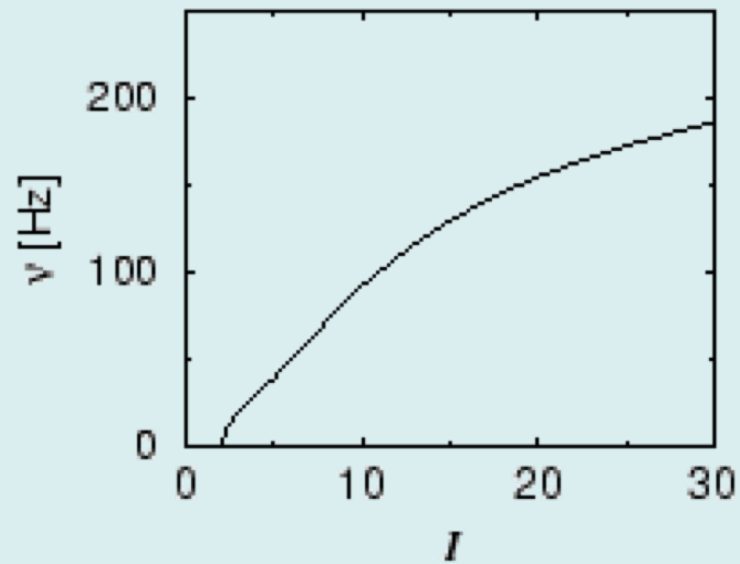


2.7 x küszöbinger

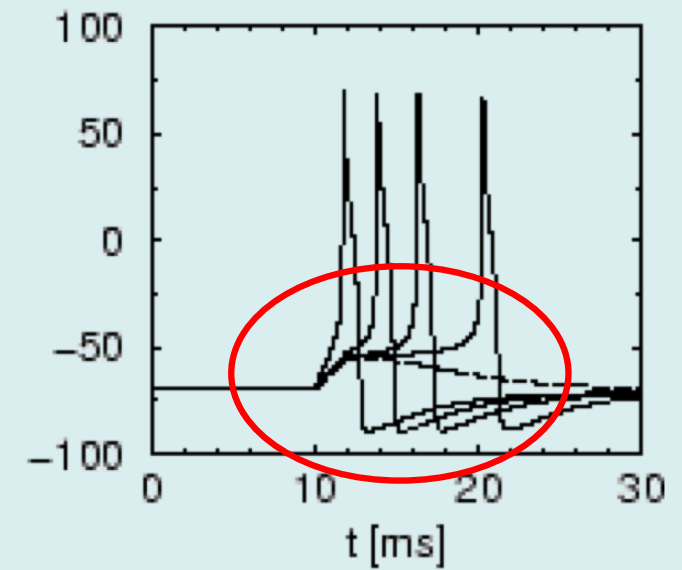


500 msec

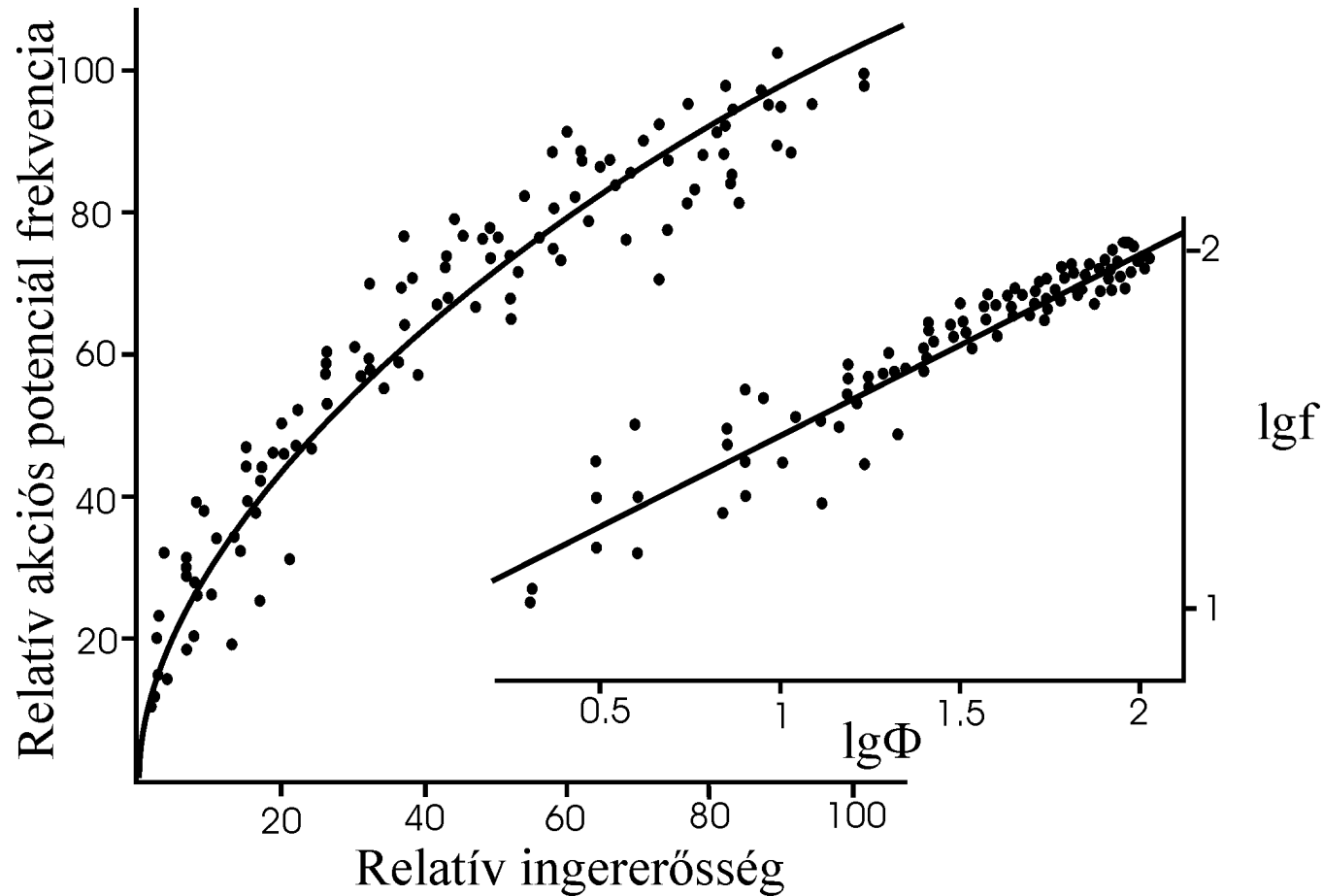
A



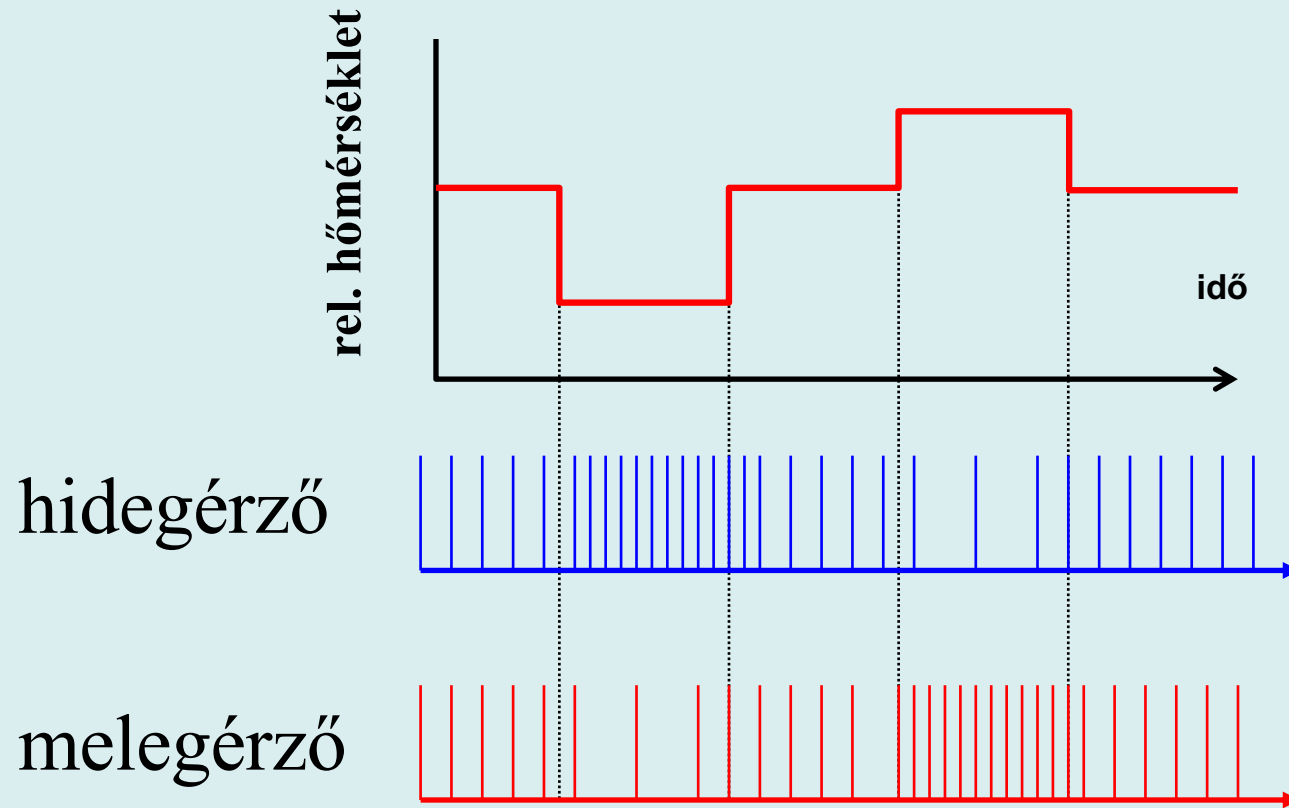
B



Az AP-frekvencia és az ingererősség kapcsolata

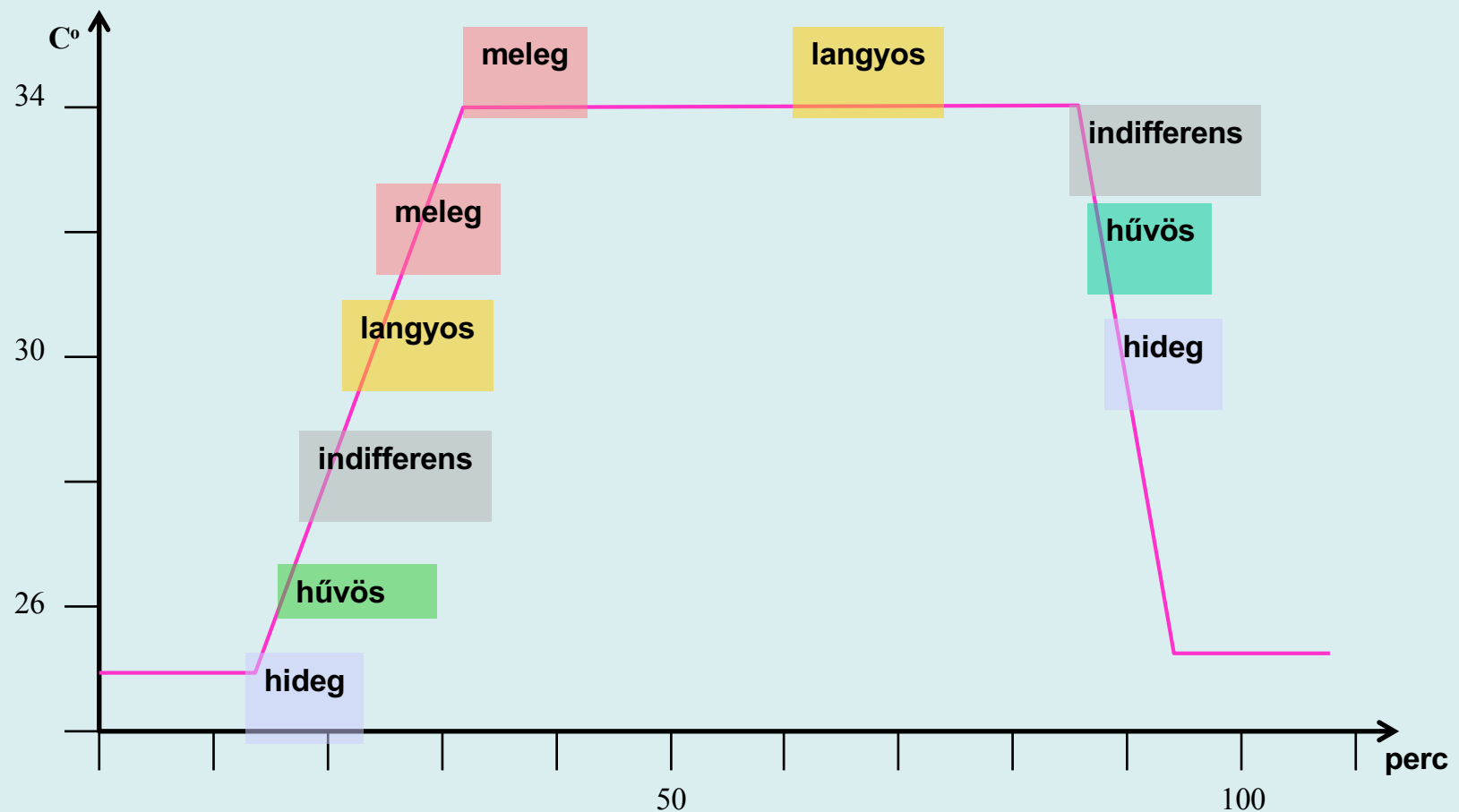


Folytonos működésű receptorok



Változatlan körülmények között állandó frekvenciájú akcióspotenciálsorozatot generálnak. Az adekvát paraméter változása frekvencia-csökkenést vagy -növekedést idéz elő.

A hőérzet változása lassú melegítés majd hűtés során



A központi idegrendszerben módosulhatnak a jelek:

serkentés

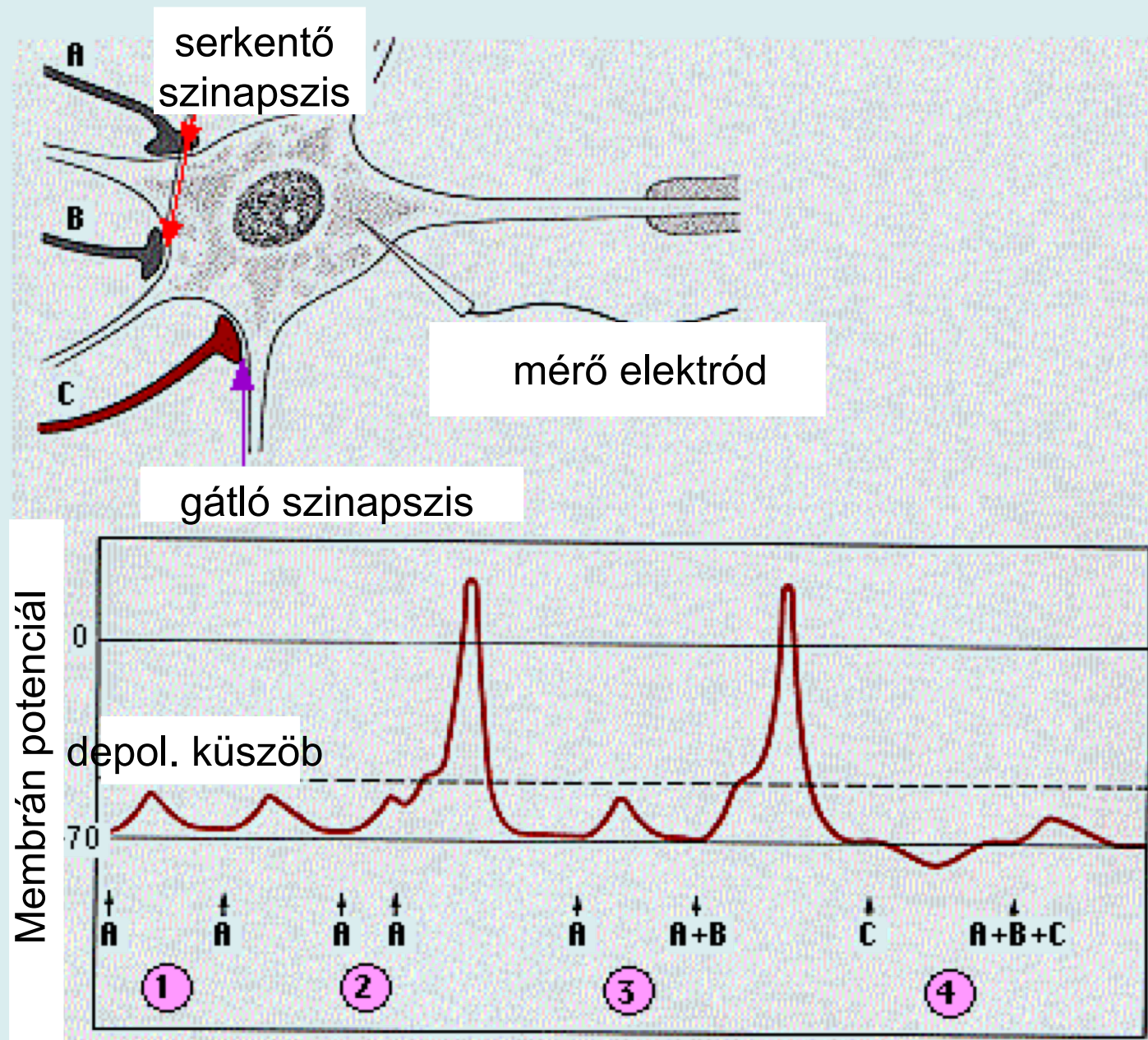
facilitálás

gátlás

konvergencia

divergencia

Időbeli és térbeli szummációra

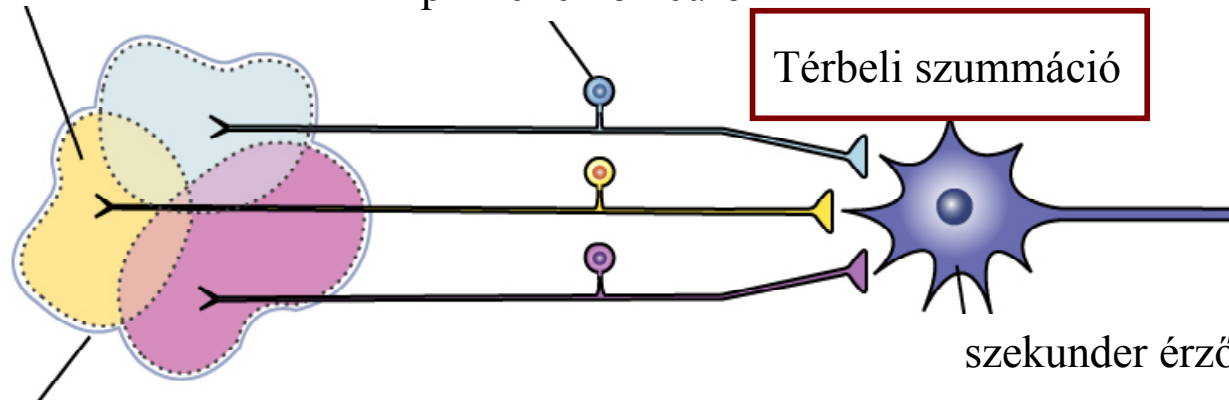


Az információ módosulása a feldolgozás során (1)

receptív mező neuron1

primer érző neuron

Térbeli szummáció



szekunder érző neuron

receptív mező neuron2

20 mm

Pl. ujjbegy

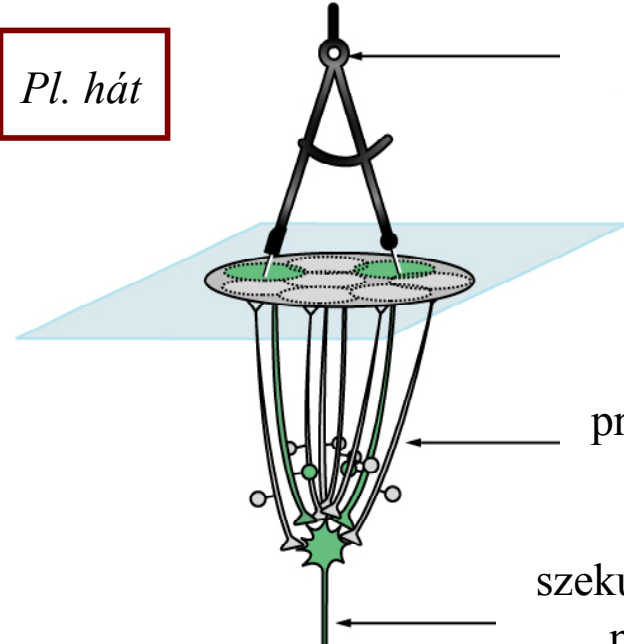
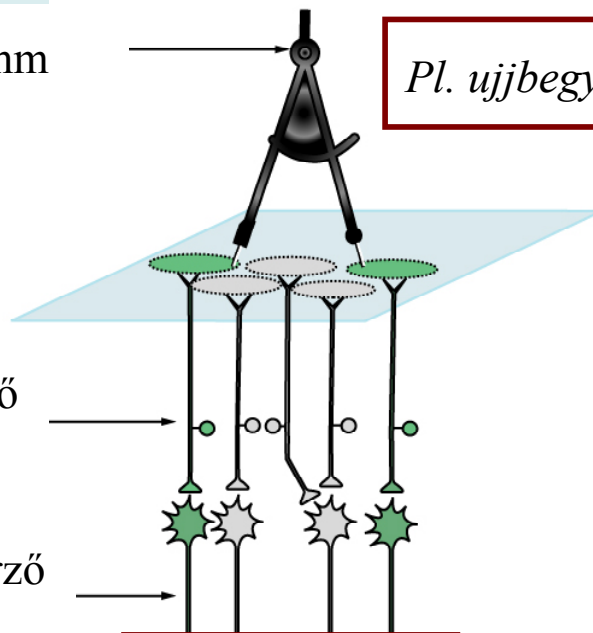
Pl. hát

20 mm

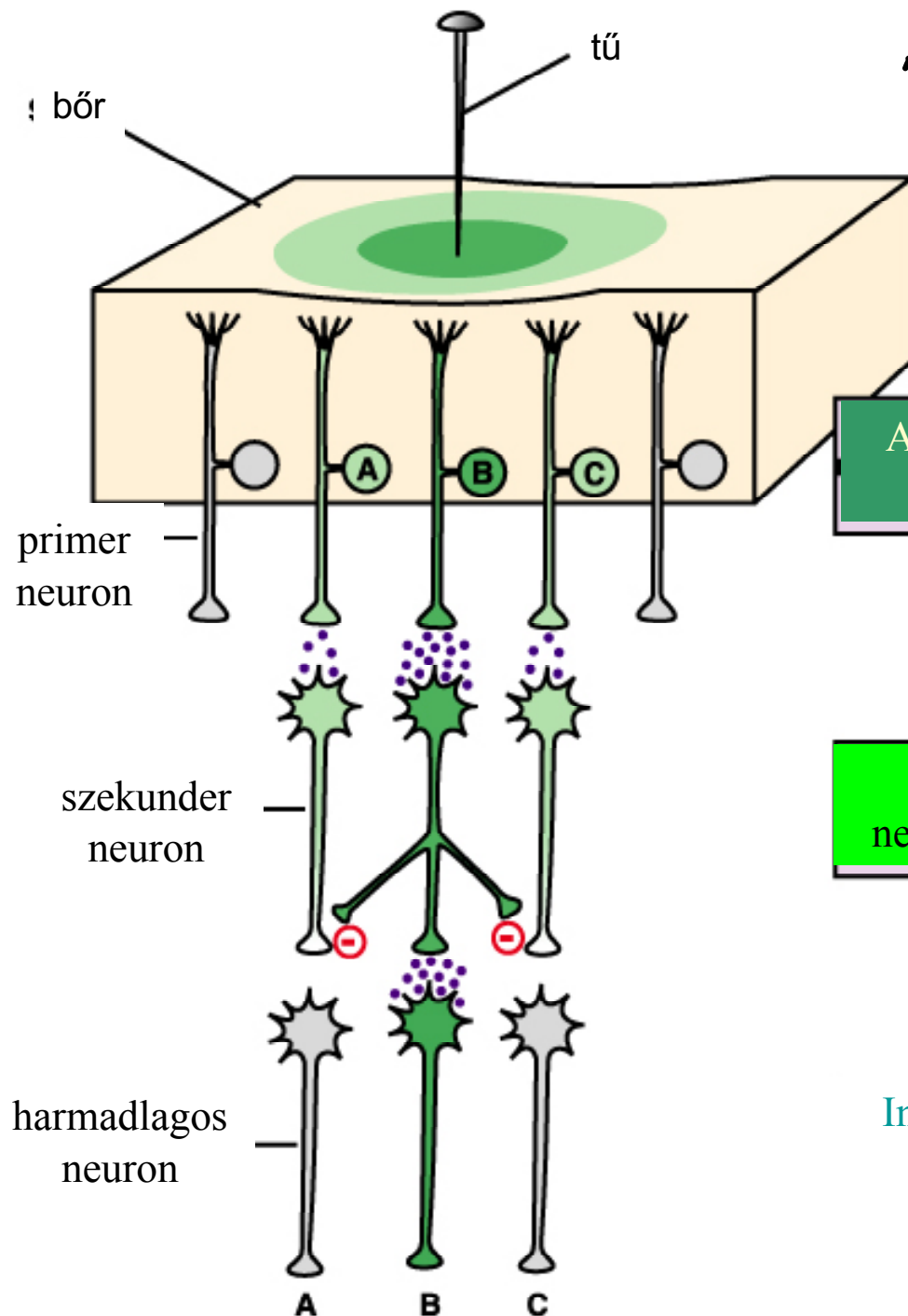
primer érző neuron

szekunder érző neuron

két jelet érzékel



egy jelet érzékel



Az információ módosulása a feldolgozás során (2)

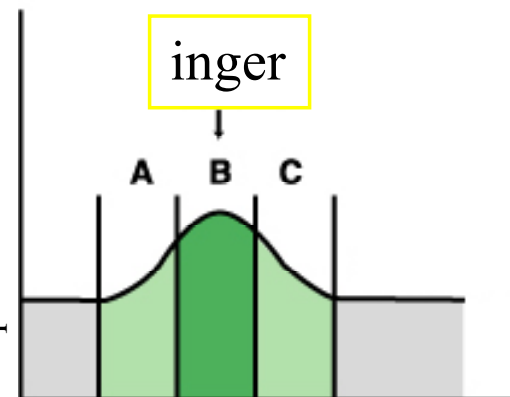
inger

AP frekvencia ~
ingererősség

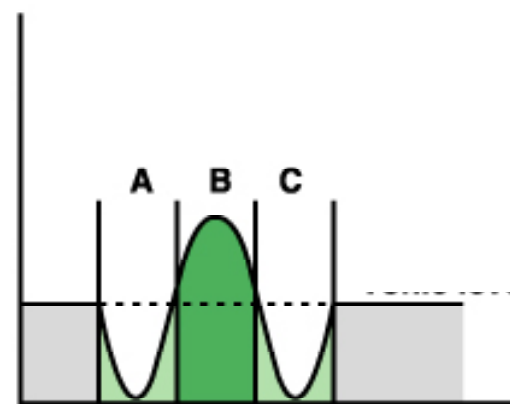
Szomszédos
neuronok gátlása

Ingerület csak a
"domináns"
neuronon

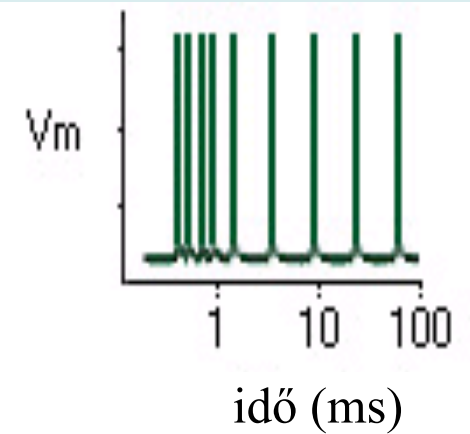
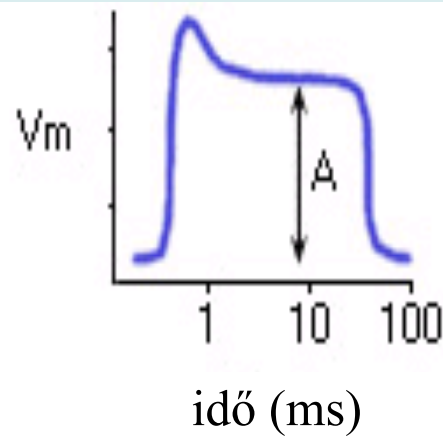
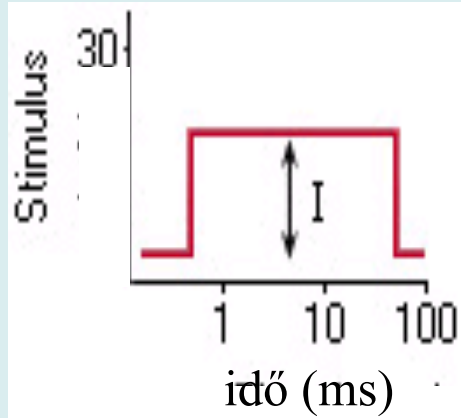
Akciós potenciál frekvencia



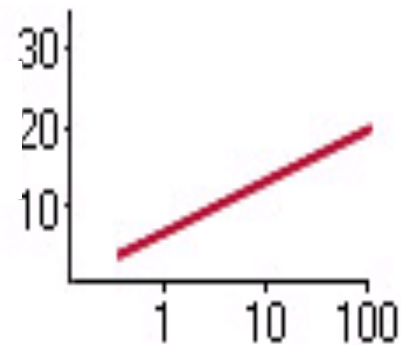
Akciós potenciál frekvencia



Összefoglalva

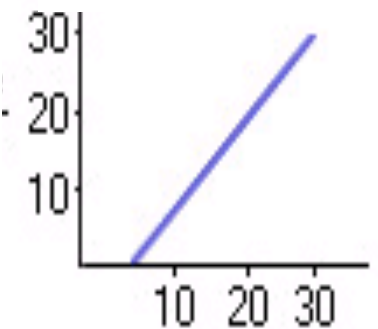


$\lg \Delta U_{rec}$



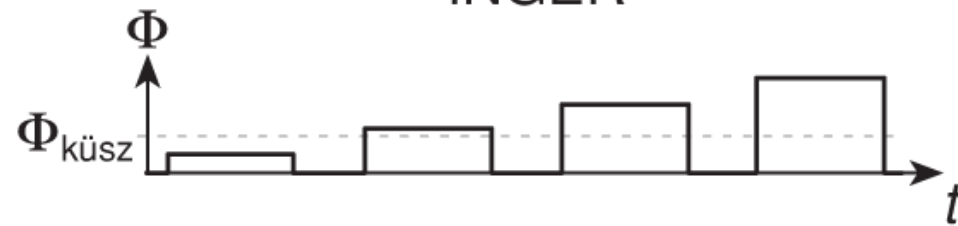
$\lg (\text{ingererősség})$

f_{AP}

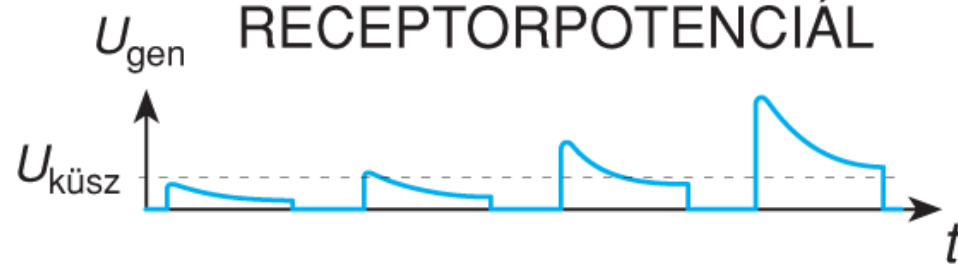


ΔU_{rec}

INGER



RECEPTORPOTENCIÁL



AKCIÓS POTENCIÁL



Pszichofizika

kapcsolat az inger mennyiségi jellemzői és a
szubjektív tapasztalás között

az érzeterősség mennyiségi jellemzése, mérése

Az érzékelési küszöb vizsgálata

Abszolút küszöb – *az inger felismeréséhez szükséges legkisebb ingererősség*

Döntés módszere – igen - nem válasz

Beállítás módszere (lásd gyakorlat)

Különbségi küszöb : *két inger megkülönböztetéséhez szükséges legkisebb különbség nagysága*

Kényszerített döntés módszere – választani muszáj

Különbségi küszöb : a megkülönböztetéshez szükséges

különbség nagysága

$$\text{legkisebb érzékelhető különbség} = I - I_0$$

különbözőnek
felismert intenzitás

háttér intenzitás

$$\text{LÉK} = I - I_0$$





Ernst Weber (1795-1878)

"just-noticeable difference" (JND)

$$\mathbf{LÉK} = I - I_0$$

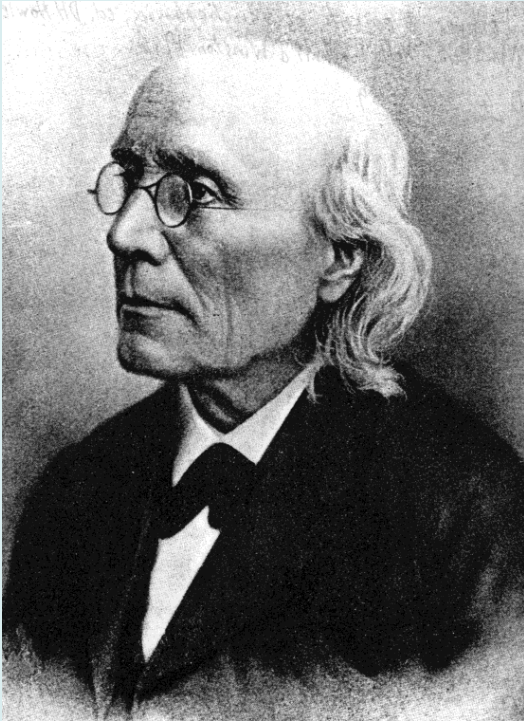
A **LÉK** nem állandó érték, nagyobb I_0 esetén nagyobb LÉK-re van szükség

Ernst Weber - I_0 és a LÉK (ΔI) viszonya

$$\frac{\Delta I}{I_0} = k$$

k : Weber-tört – meghatározása mérések alapján

<i>inger</i>	<i>Weber-tört</i>
Fényesség	0,079
Hangosság	0,048
Tapintás	0,022
Nyomás	0,02
Ízlelés (sós)	0,083
Elektromos sokk	0,013



Gustav Theodor Fechner
(1801-1887)

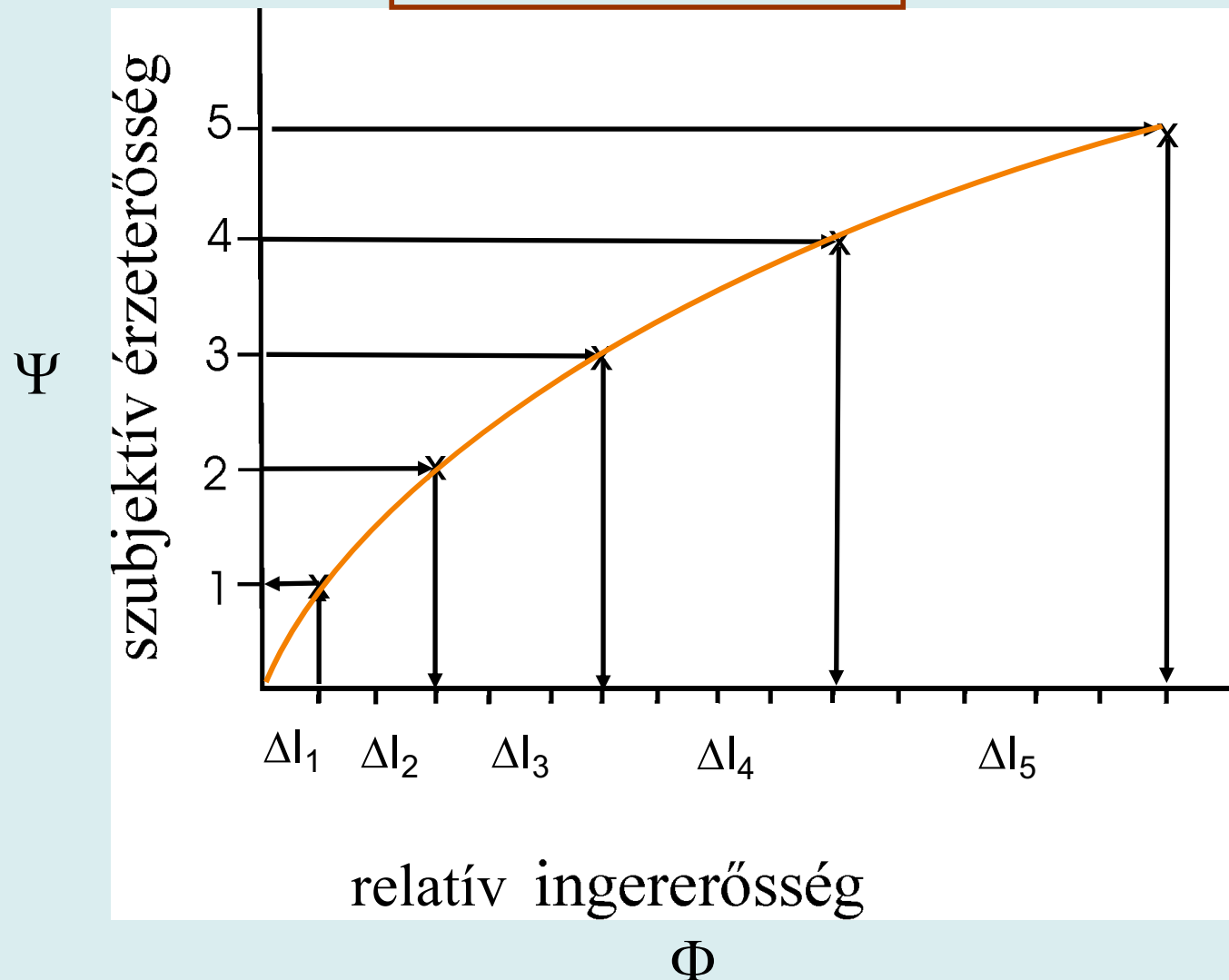
$$\Delta I = I - I_0$$

ΔI egy függvény

ΔI az ingererősség függvénye

Feltételezte (DE NEM MÉRTE), hogy az ingererősség minden ΔI változása azonos mértékben változtatja az érzeterősséget.

$$\Phi = \Delta I / I \sim \Delta \Psi$$



$$\Psi \sim \lg \Phi$$

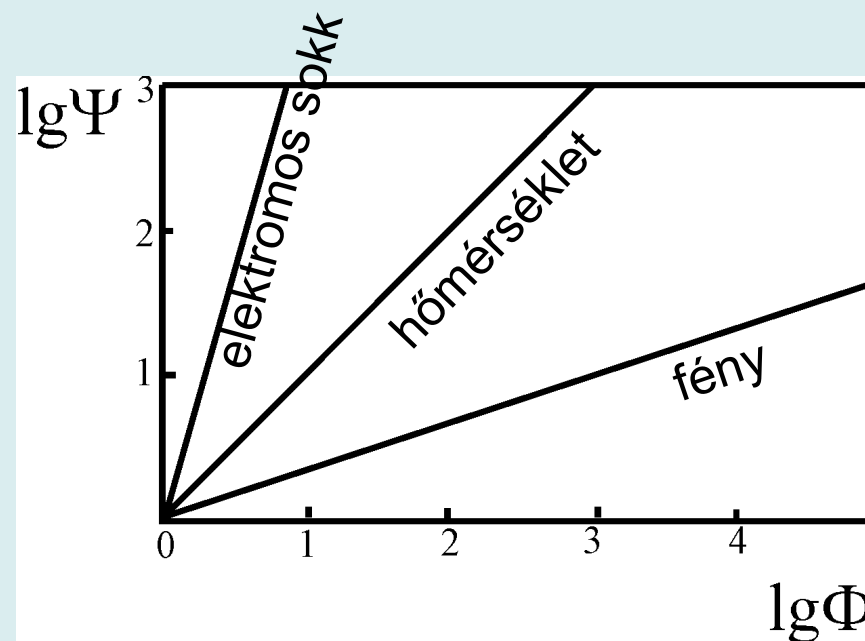
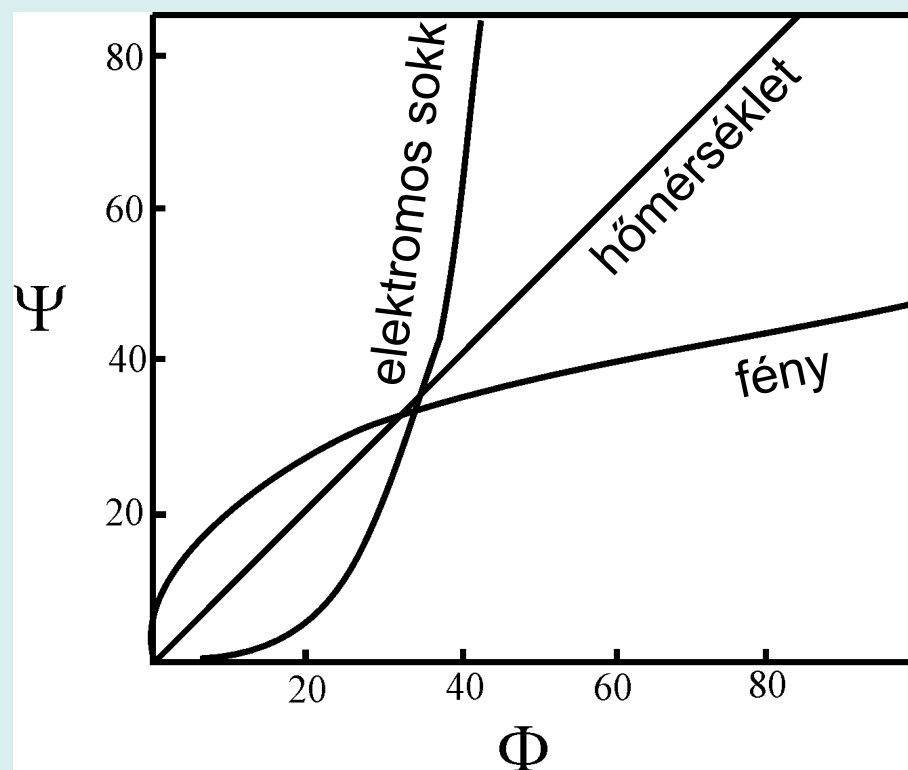


Kapcsolatot keres az ingererősség és az
érzeterősség között.

MÉRÉSEKET VÉGEZ

Stanley Smith Stevens
(1906-1973)

Kapcsolat az ingererősség és az érzeterősség között mérések alapján



$$\Psi \sim \Phi^n$$

$$\Psi \sim \Phi^n$$

<i>inger</i>	<i>hatványfüggvény kitevője</i>
rövid fényimpulzusok fényessége	0,5
szag (heptán)	0,6
Hangosság (1000 Hz)	0,3
környezeti hőmérséklet	1,00
ízlelés	1,30

A különböző modalitásoknak megfelelő hatványkitevő (n) értékek

MODALITÁS	„n”	MODALITÁS	„n”
HALLÁS, hangosság (1000 Hz)	0,3	HŐÉRZÉKEKLÉS, környezeti hőmérséklet	1,0
LÁTÁS, fényesség (5°-os fényfolt, sötétthez szokott szem)	0,33	LÁTÁS, hosszúságbecslé s	1,0
LÁTÁS (villanás fényessége)	0,5	NYOMÁS (nyomásérzet a tenyéren)	1,1
SZAGLÁS (kávéillat)	0,55	ÍZLELÉS (só)	1,3
Vibráció (ujj, 250 Hz)	0,6	NYOMÁS (súlyérzékelés)	1,45
NYOMÁS Vibráció (ujj, 60 Hz)	0,95	NYOMÁS Erő (kézi erőmérő)	1,7
SZAGLÁS (heptán)	0,6	ELEKTROMOS ÁRAMÜTÉS (bőr)	3,5
ÍZLELÉS (szacharin)	0,8	ELEKTROMOS ÁRAMÜTÉS (fog)	7.0

Összefoglalva

Kétféle megközelítés:

Weber – Fechner :

$$\Psi \sim \lg \Phi$$

Differencia-vizsgálatok esetén jobb megközelítés

Stevens :

$$\Psi \sim \Phi^n$$

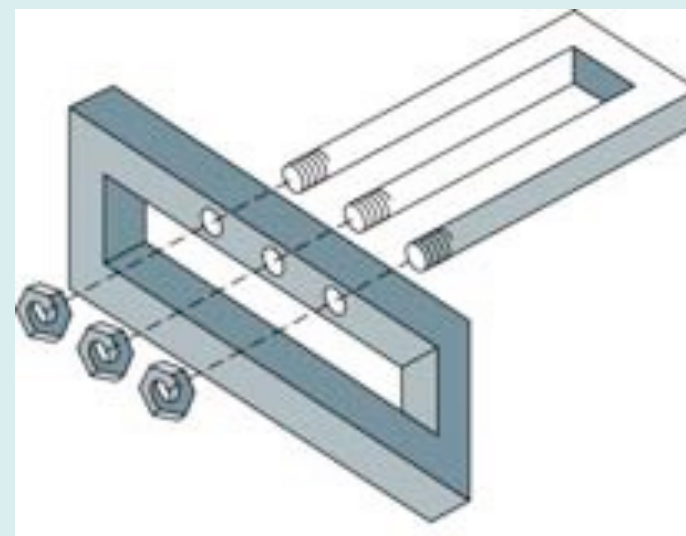
Érzeterősség becslése esetén jobb megközelítés

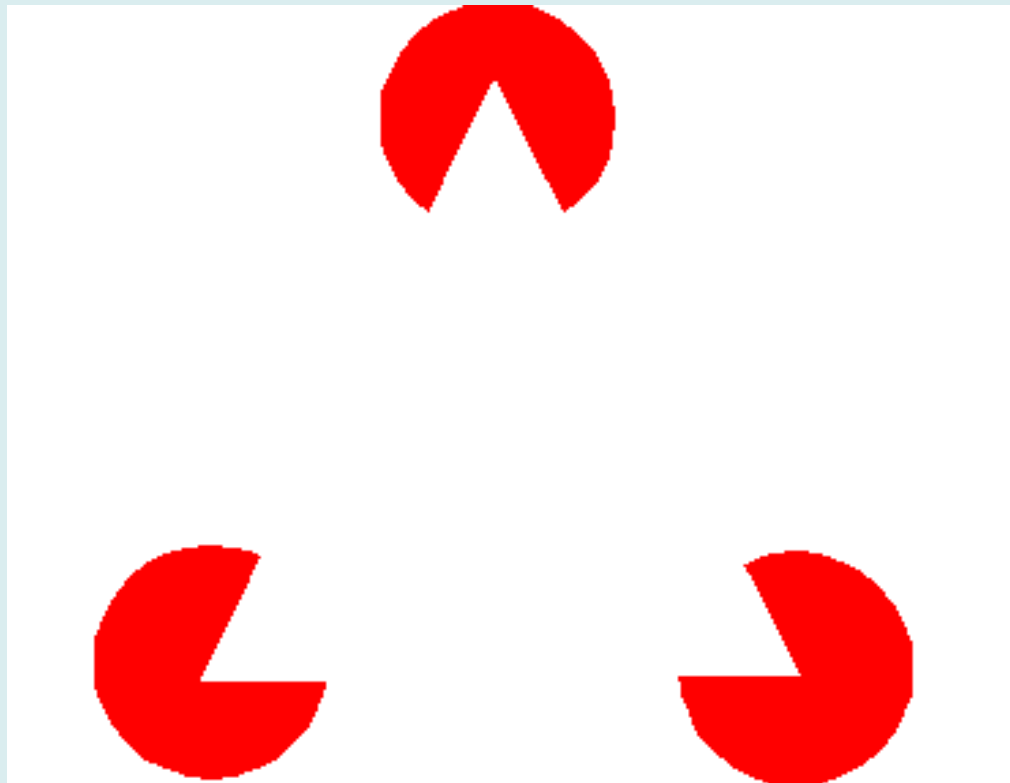
Percepció (észlelés) -

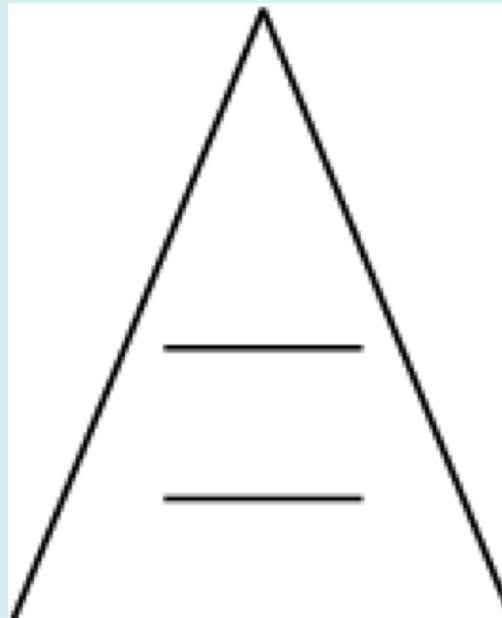
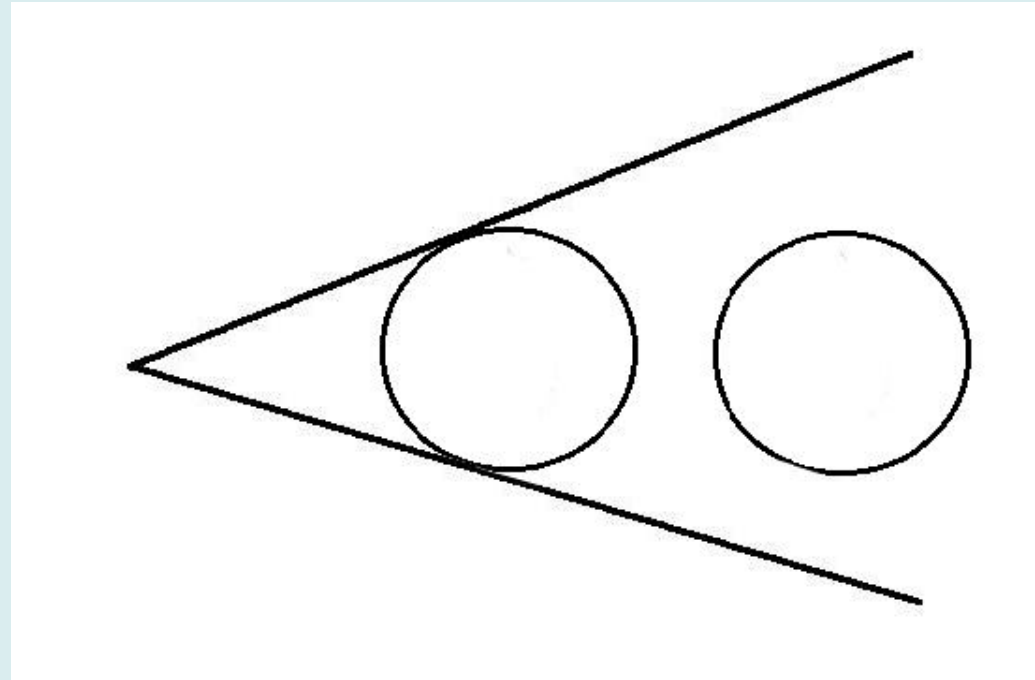
- a bejérkező ingerek (információ) elemzését
- a beérkező információ rendszerezését
- a rendszerbe foglalt információ megértését

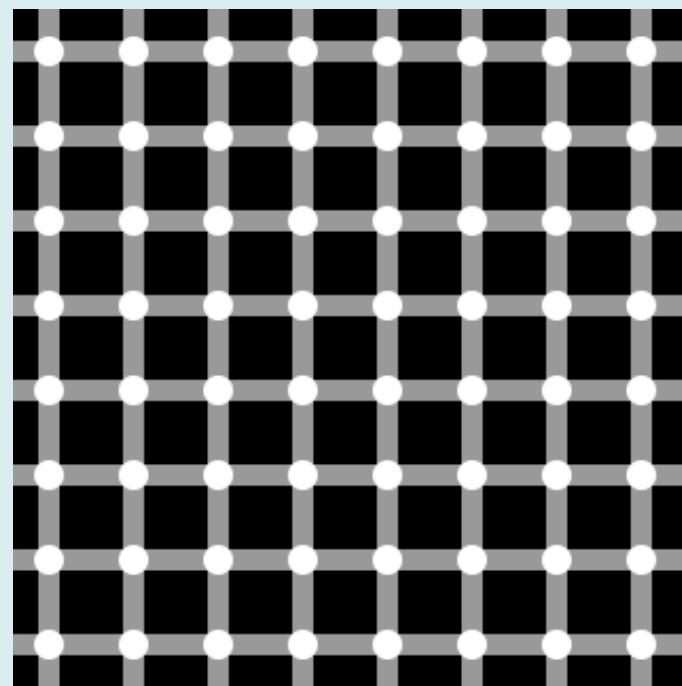
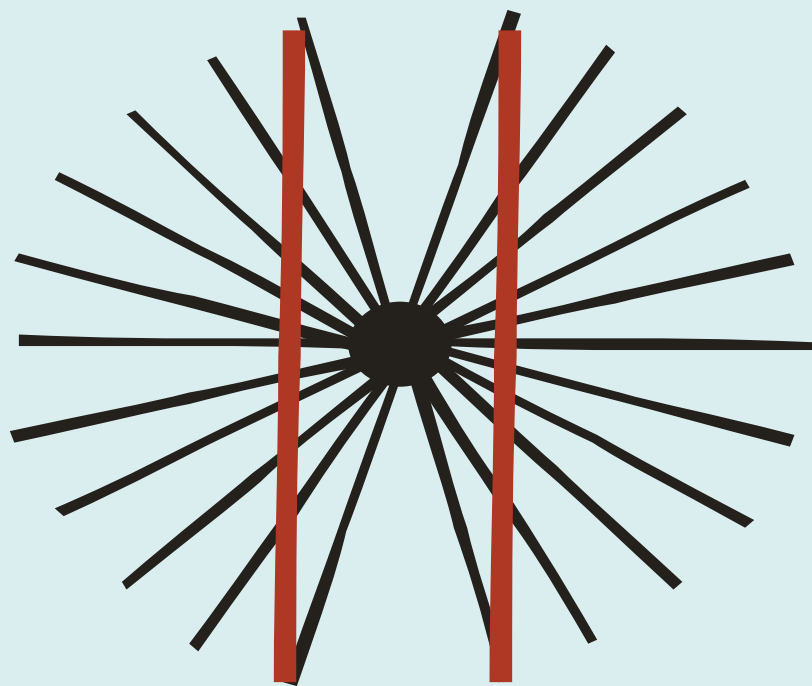
A percepció “téves” is lehet – az illúziók

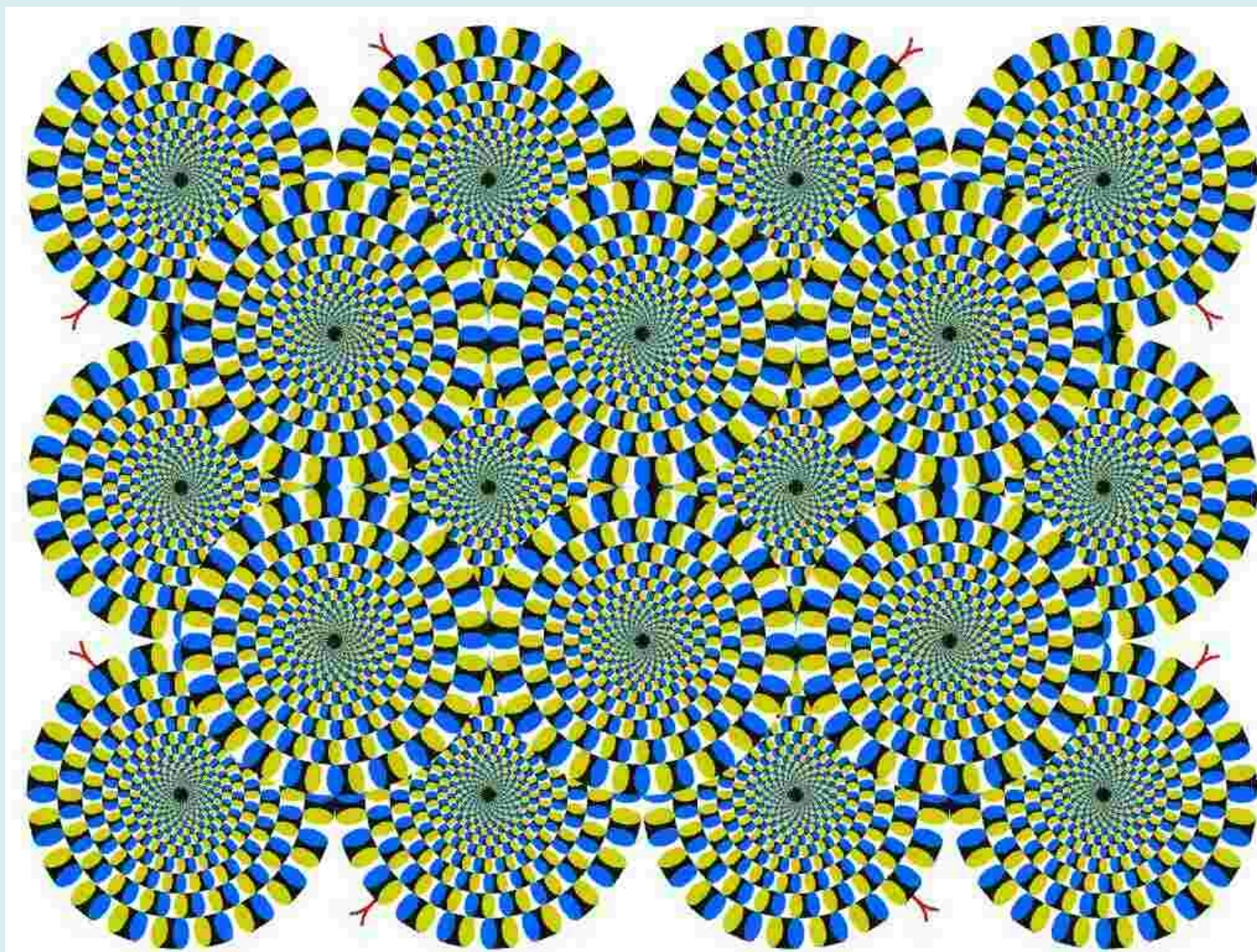
félreértelmezett vizuális ingerek

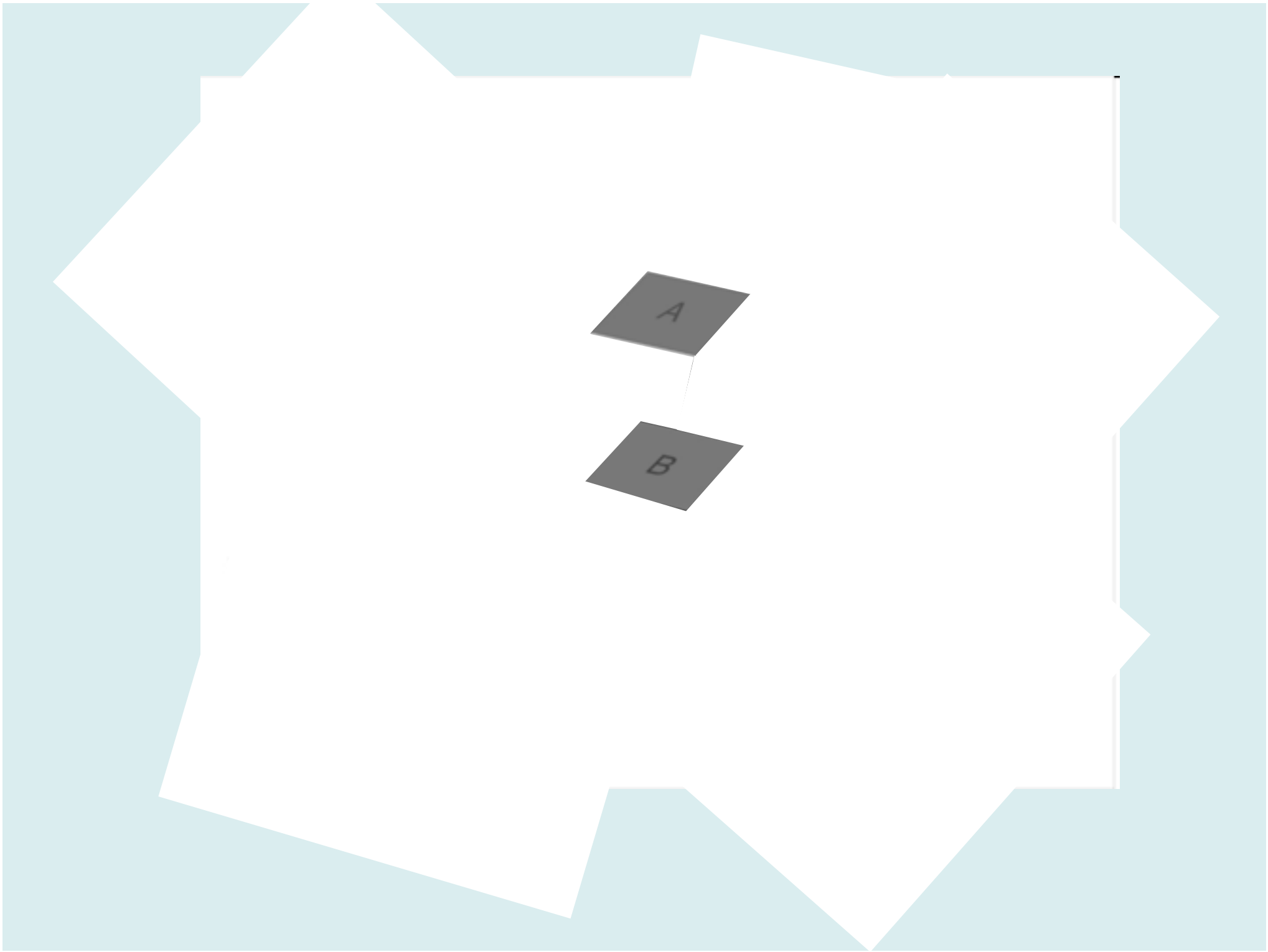












Kapcsolódó fejezetek:

Damjanovich, Fidy, Szöllősi: Orvosi Biofizika

IV. 1.

Gyakorlati jegyzet: Szenzor