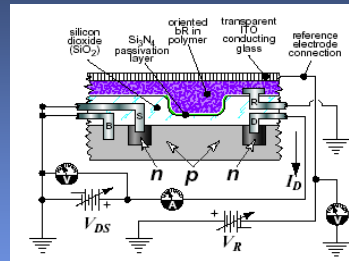


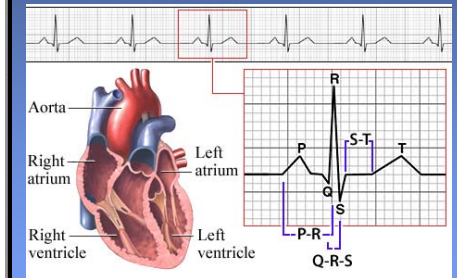
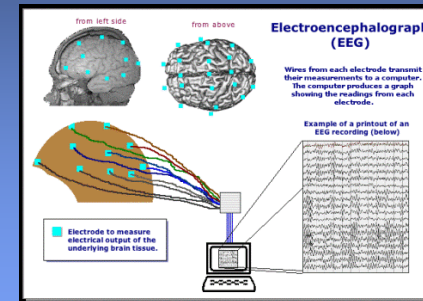
# Bioelektronika



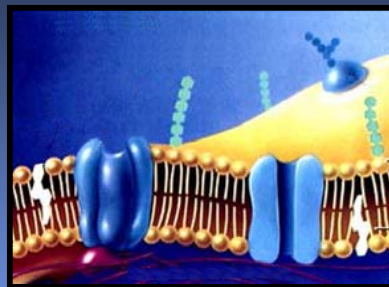
Dér András  
MTA SZBK Biofizikai Intézet

# Bioelektronika I

## Jelátvitel, energiaátalakítás



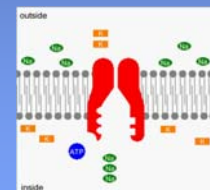
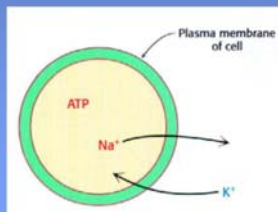
# Biológiai membránok



Elválasztó-  
összekötő szerep  
(lipidek-fehérjék)

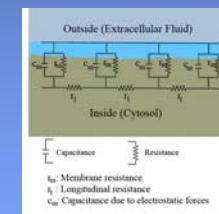
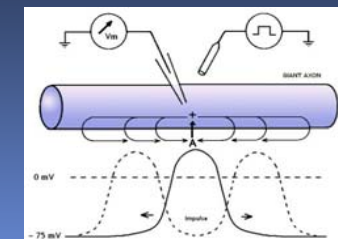
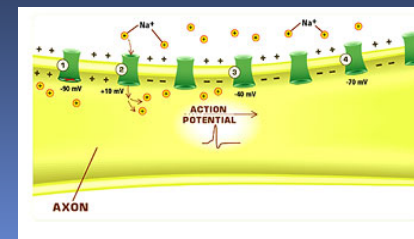
Csatornák, pumpák

Aszimmetria



# Biológiai jelátvitel

## Az idegimpulzus terjedése

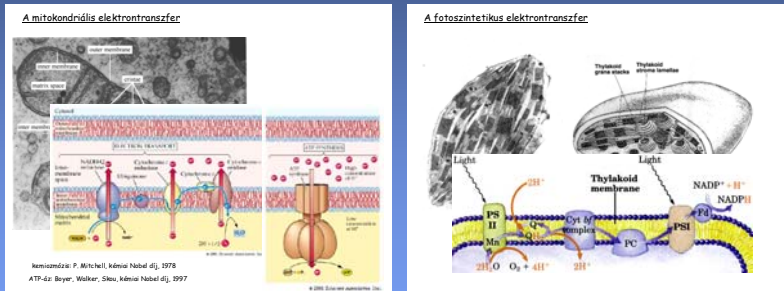


Hodgkin, Huxley, Katz

Nobel-díj (1963)

# Biológiai energiaátalakítás

## Kemiozmotikus hipotézis



Peter Mitchell

## Kísérleti alátámasztás



Anyagvizsgálati módszerek:

FTIR, x-ray, NMR, spektroszkópia

Elektromos mérések

## Miért mérjük elektromos jeleket?

Közvetlen információ a kinetikáról és az ionspecifitásról

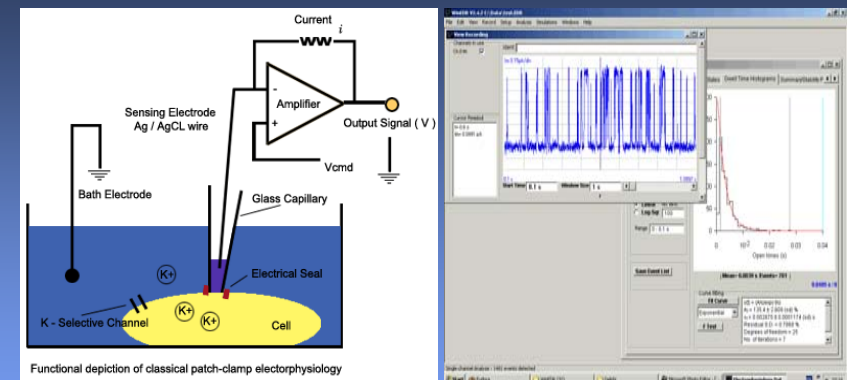
A transzportfolyamat molekuláris mechanizmusainak részleteire lehet következtetni

Fizikusi megközelítés: atomi szintű leírás

- lehetőség mesterséges fehérjemolekulák tervezésére

## Hogyan mérjük elektromos jeleket?

Patch clamp; Nobel-díj, 1991: Neher és Sackmann



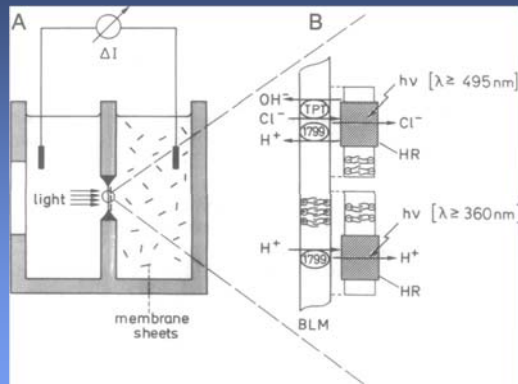
A mikroelektróda technikák pumpafehérték vizsgálatára nem ideálisak

Alternatív módszerek: elektromosan aszimmetrikus minta

# 1. Felületi módszerek

## BLM módszer

(Dancsházy és mtsi., 1976; Bamberg és mtsi., 1980)

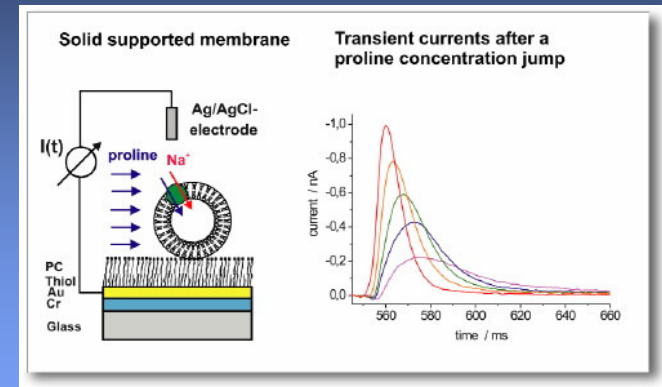


Előny: ionspecifitás

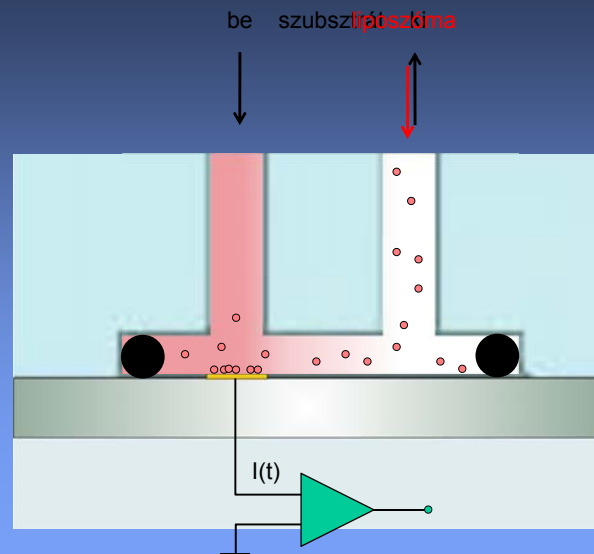
Hátrány: időfelbontás, membránhatás, instabilitás

## SSM módszer

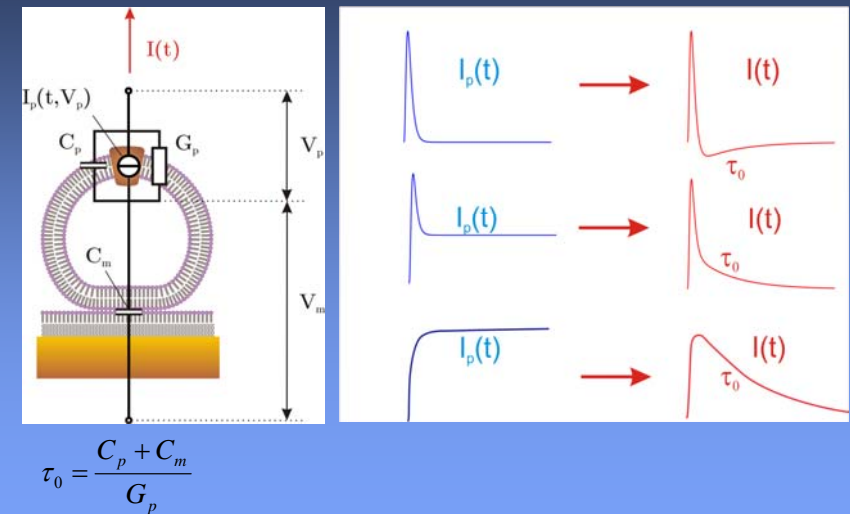
(Fendler és mtsi., 1992)



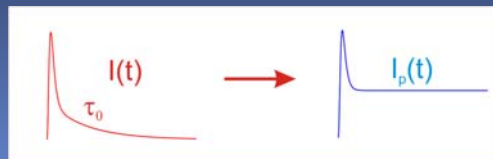
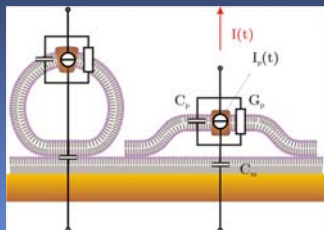
## A minta abszorpciója és a transzporter aktiválása



## A kapacitív csatolás miatt a pumpáram alakja torzul



## A transzportáramok rekonstruálása



$$I_p(t) = \left(1 - \frac{C_p}{C_m}\right) \left\{ I(t) + \frac{1}{\tau_0} \int_0^t I(t) dt \right\}$$

Borlinghaus, Apell & Läuger, 1987

## Mikor hasznos a módszer?

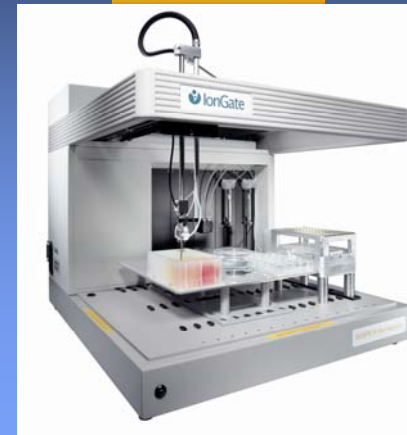
Ha a hagyományos elektrofiziológias mérés nehézségekbe ütközik

• Proteoliposzómák, membrán vezikulák, membrán fragmentumok

• Bacteriális és intracelluláris membrántranszport vizsgálata

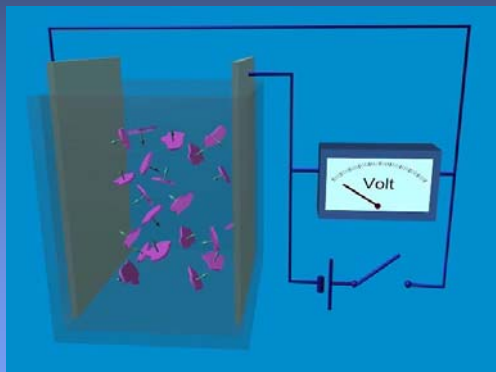
• Gyors oldatkicserélődés ( $< 2$  ms)

• Szenzorok, automatizálás, miniaturizálás



## 2. Térfogati módszerek

Szuszpenziós módszer (Keszthelyi and Ormos, 1980)  
Gél módszer (Dér et al., 1985)  
Száras minták (Nagy, 1978; Váró, 1983)  
Fénygradiens módszer (Kok, 1976; Witt, 1977)



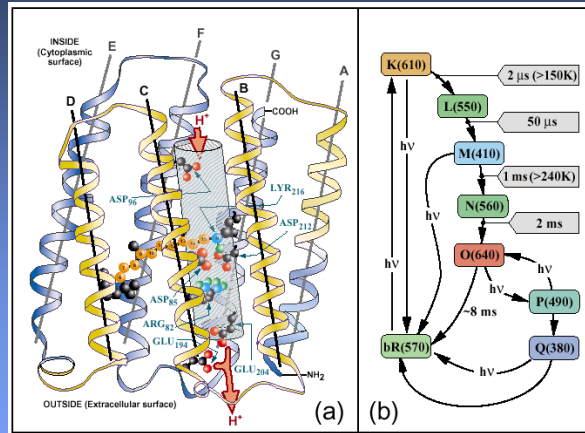
Előny: gyors kinetikai és abszorpciós mérések lehetősége

## Bakteriorodopszin



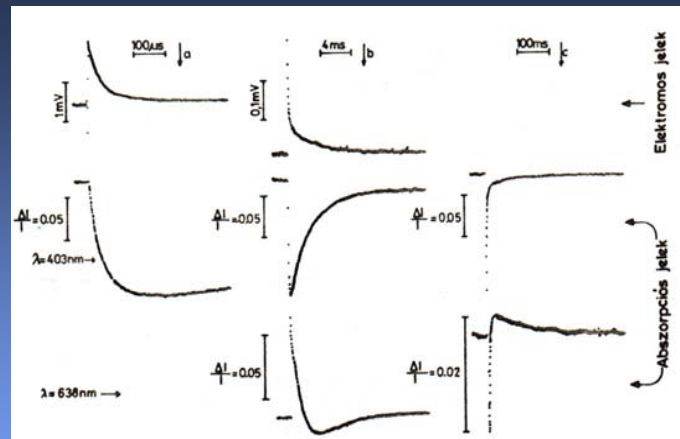
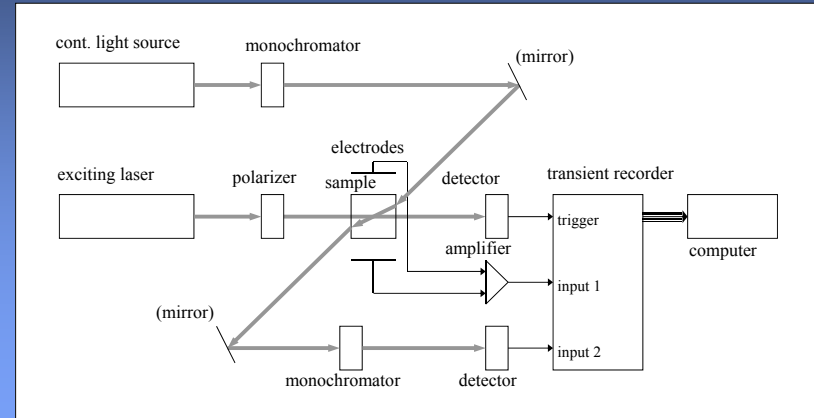
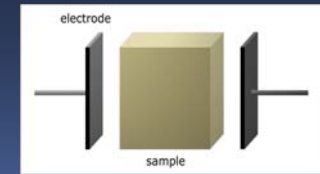
# Modellobjektum

## bakteriorodopszin



stabilitás, abszorpcióváltozások

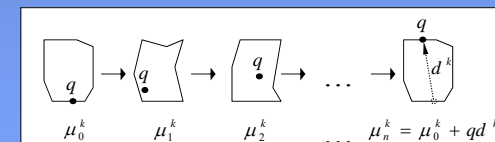
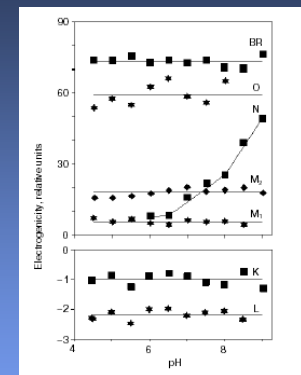
# Gél módszer



Kinetikai korreláció az elektromos és optikai jelek között

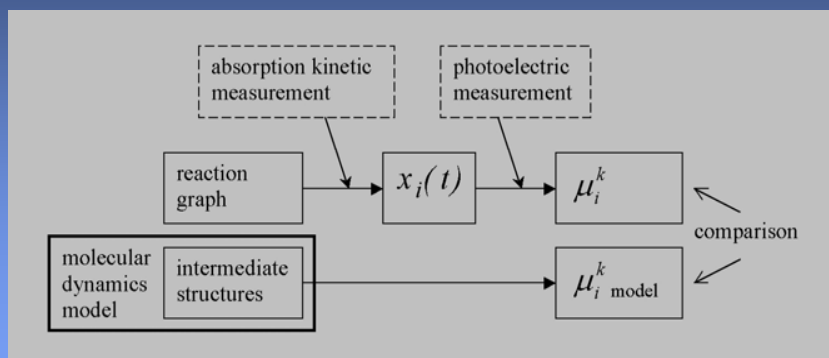
Értelmezés:  $i(t) = B \sum_j \mu_j dC_j(t)/dt$

# Dipólmomentumok



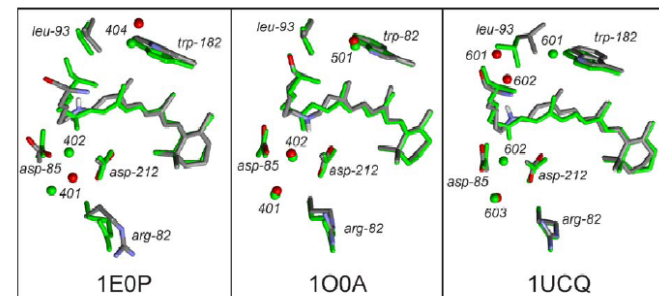


## Hogyan használhatjuk ezt fel?



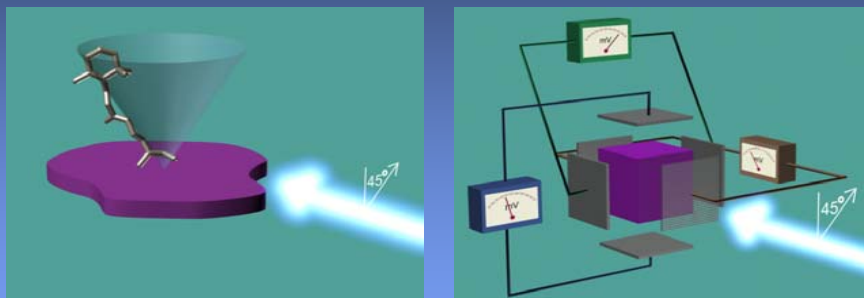
„L”

J.K. Lanyi / Biochimica et Biophysica Acta 1658 (2004) 14–22

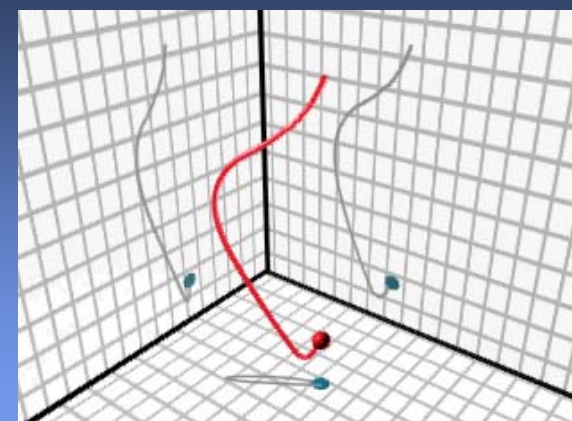


	Arg82	Asp85	Leu93	Trp182	Asp212	Lyr	Prot	Prot+wat
1E0L	-2.1734	0.1631	0.0125	0.1189	0.2184	0.5451	-1.1154	-0.3404
	-1.8833	0.1532	0.0174	0.0602	0.2025	0.6250	-0.8250	-0.0500
1O0A	0.6143	-0.2344	-0.0171	-0.0059	-0.1918	-0.2212	-0.0560	0.7190
	0.6145	-0.2395	-0.0154	-0.0001	-0.2299	-0.3889	-0.2593	0.5157
1UCQ	0.2224	0.0608	-0.0061	0.0486	-0.2201	0.2448	0.3504	1.1254
	0.2078	0.0704	-0.0056	0.0314	-0.2422	0.2319	0.2937	1.0687

## 3D elektromos jelek mérése

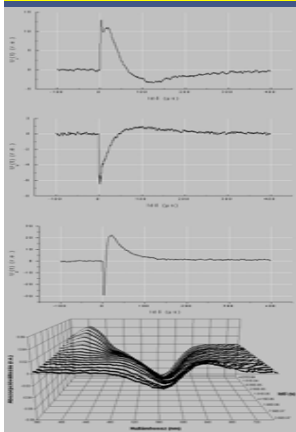


Dér et al. (1999)

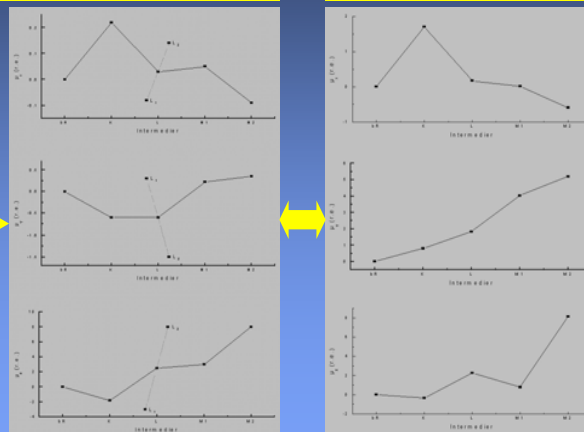


## MD modellek tesztelése

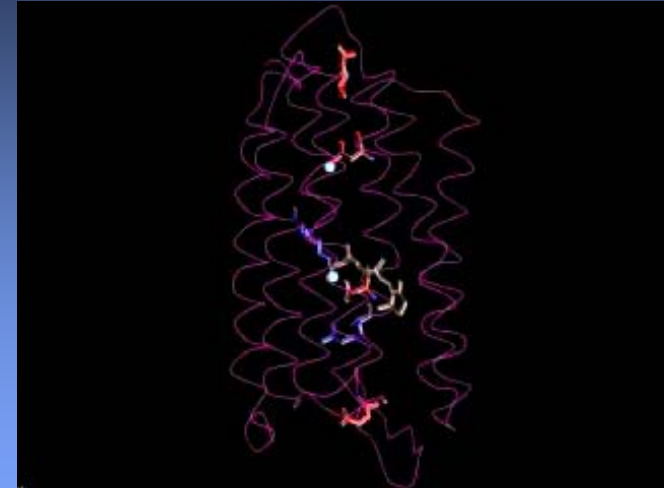
Measurement



Model



## A bR molekula működése



## Példák a módszer további alkalmazásaira

Ionpumpálás

(halorodopszin, bakteriorodopszin, proteorodopszin)

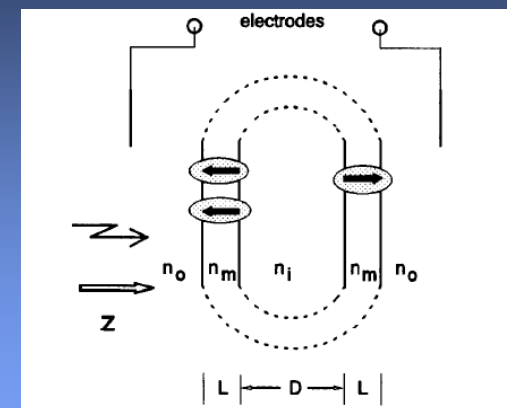
Jelátvitel

(Chlamydomonas rodopszin, squid rodopszin)

A fotoszintézis elsődleges folyamatai

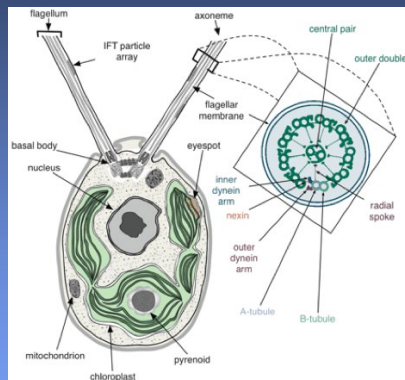
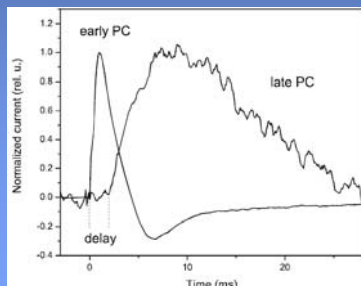
(növényi és bakteriális reakciócentrumok)

## Fénygradiens módszer



## Modellobjektum: *C. reinhardtii*

- Könnyen nevelhető sejtpopuláció
- Fototaktikus mozgás
- Szemfolt: 2 fajta rodopszin



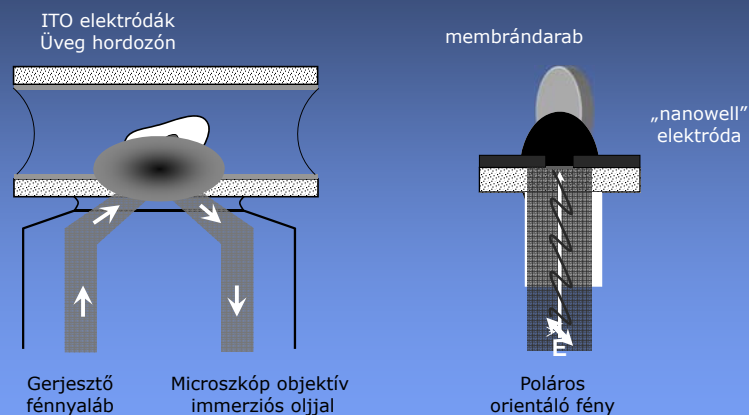
## Alkalmazások

- A fénygradiens módszer finomított változata lehetőséget ad algák fototaxisát kísérő fotoáramok tanulmányozására
- Mutáns channelrhodopsin törzsek funkcionális vizsgálatának egyszerű módja

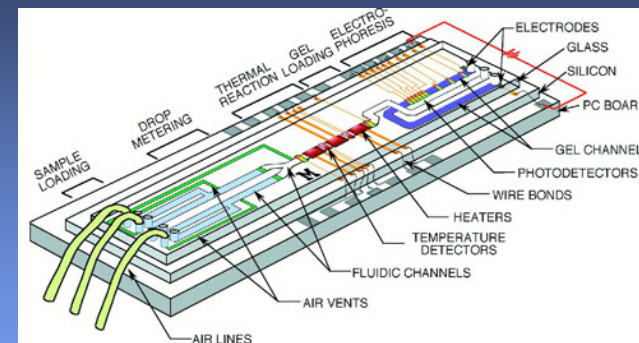
A channelrodopsinok alapvető szerepet játszanak az **optogenetikában**

Brain Prize, 2013

## Továbblépési lehetőségek - miniatürizálás



## „Lab on a chip”



Elektromos, optikai, mikrofluidikai (és mikromechanikai) elemek kombinálása egy hordozófelületen