

# Biyoelektriksel Potansiyeller

Yrd. Doç. Dr. Aslı Aykaç  
YDU Tıp Fakültesi  
Biyofizik AD

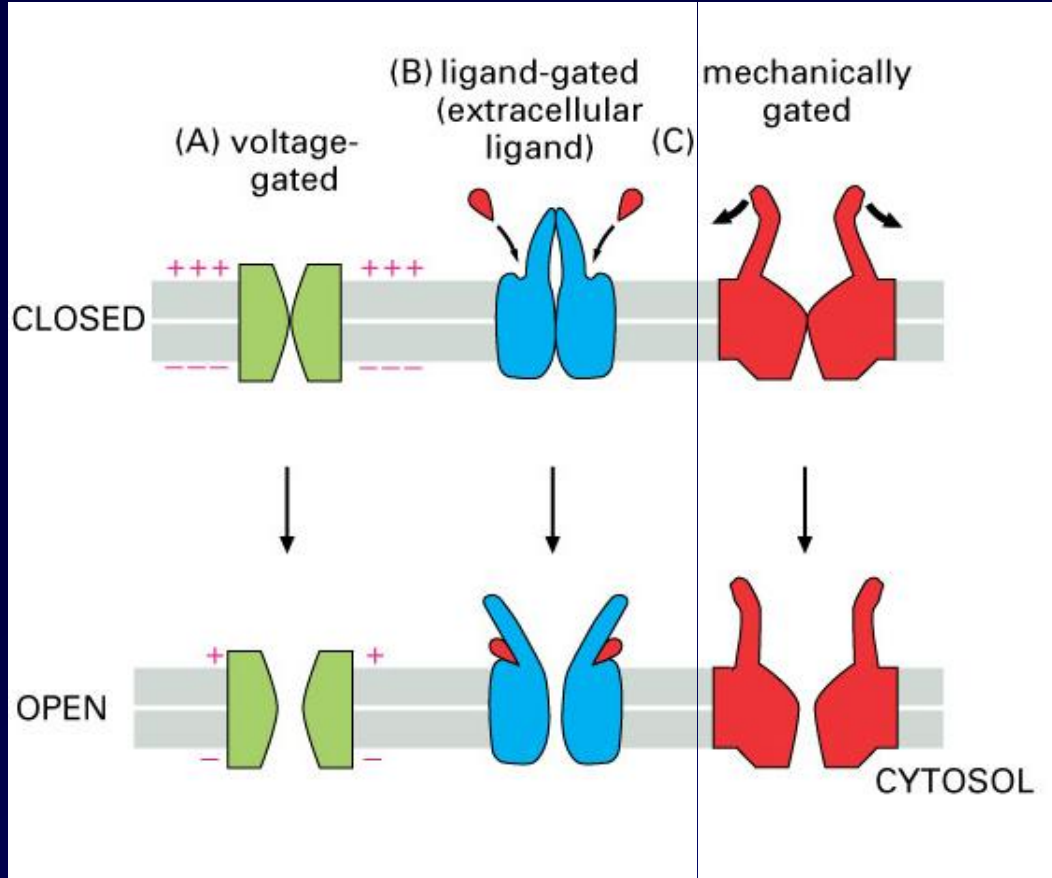
# Hücrede yük dağılımı

- Hücrede iyon dağılımı dengesizdir
  - Zar seçici geçirgen
  - İyonlara karşı geçirgenlik farklı
  - Bir iyonla karşı geçirgenlik değişken
- Elektrokimyasal gradient
- Potansiyel farkı
- Sinyal üretimi ve iletimi

## Plazma zarı üzerinde görülen elektriksel olayların sebebi:

- Hücre dışı sıvıda  $\text{Na}^+$  ve  $\text{Cl}^-$
- Hücre içi sıvıda  $\text{K}^+$ , Fosfat bileşikleri ve – yüklü yan zincirlere sahip proteinler

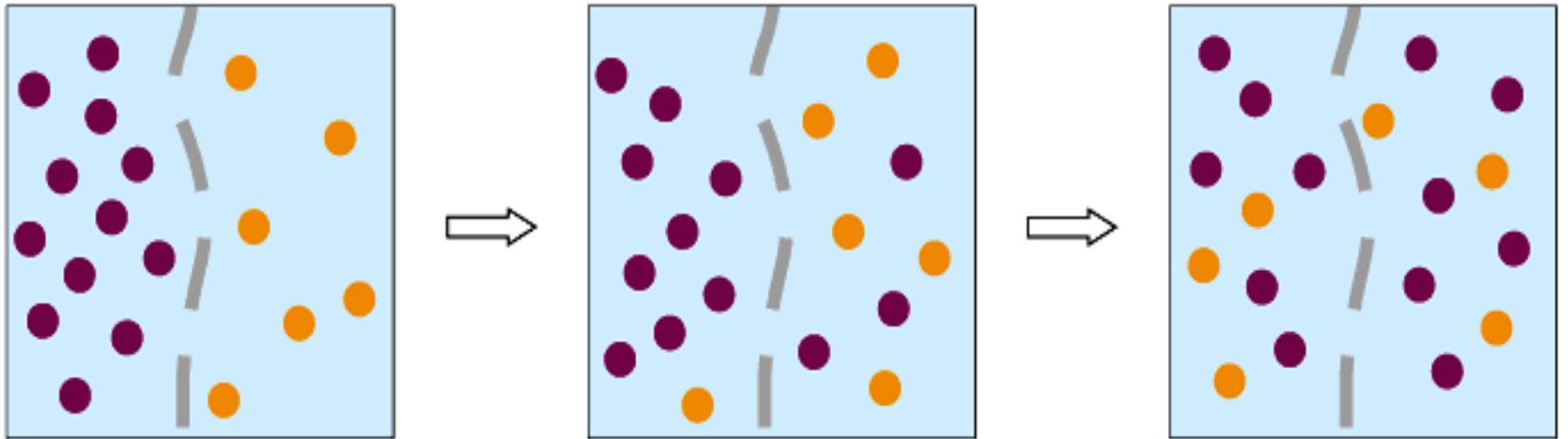
# İyon kanalları ile madde taşıma



- Voltaj Kapılı
- Kimyasal kapılı
- Mekanik

Elektro-kimyasal gradient farkı

# Zar Potansiyellerine Difüzyonun Etkisi



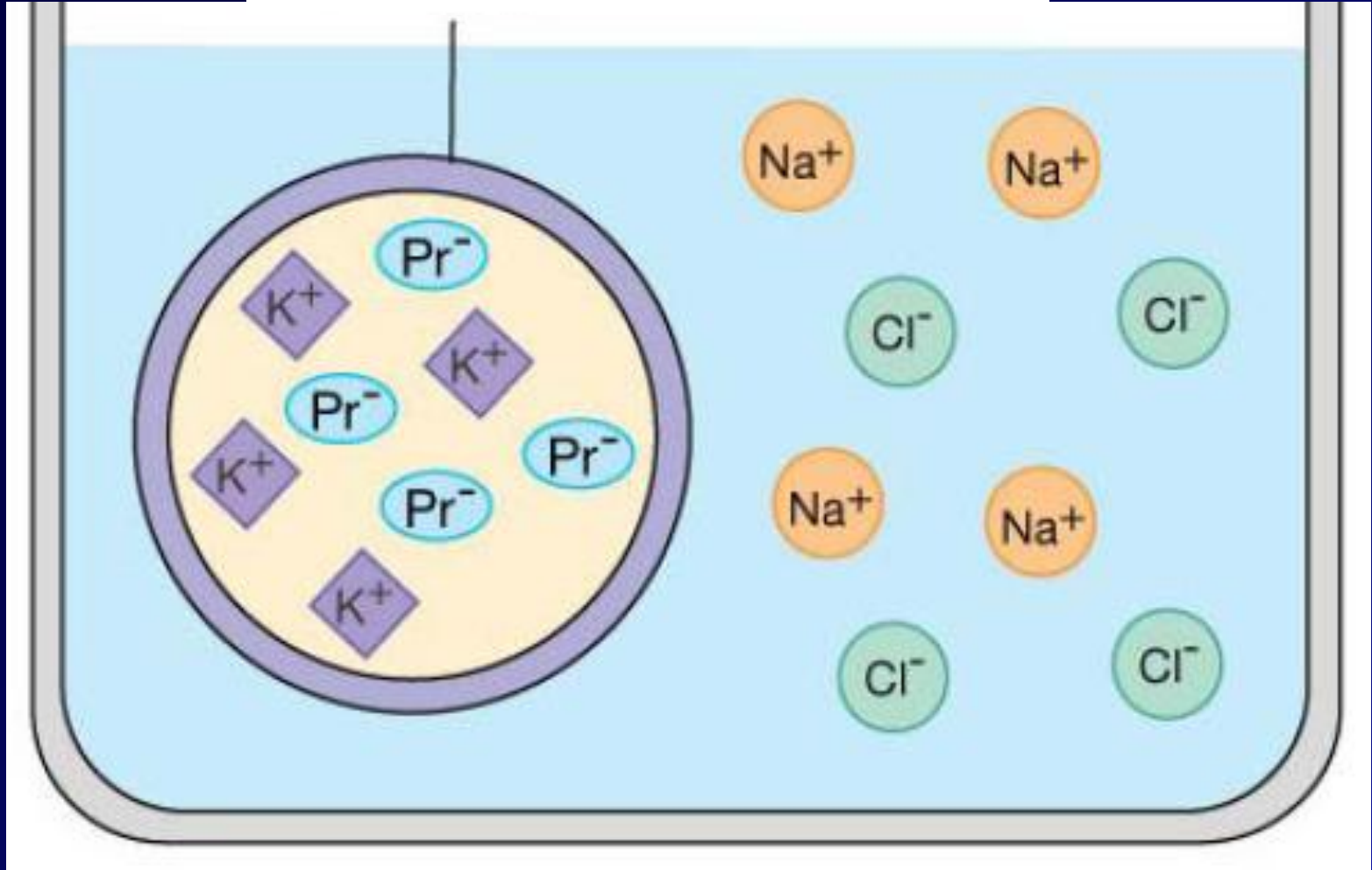
(b) Diffusion of two solutes

Equilibrium

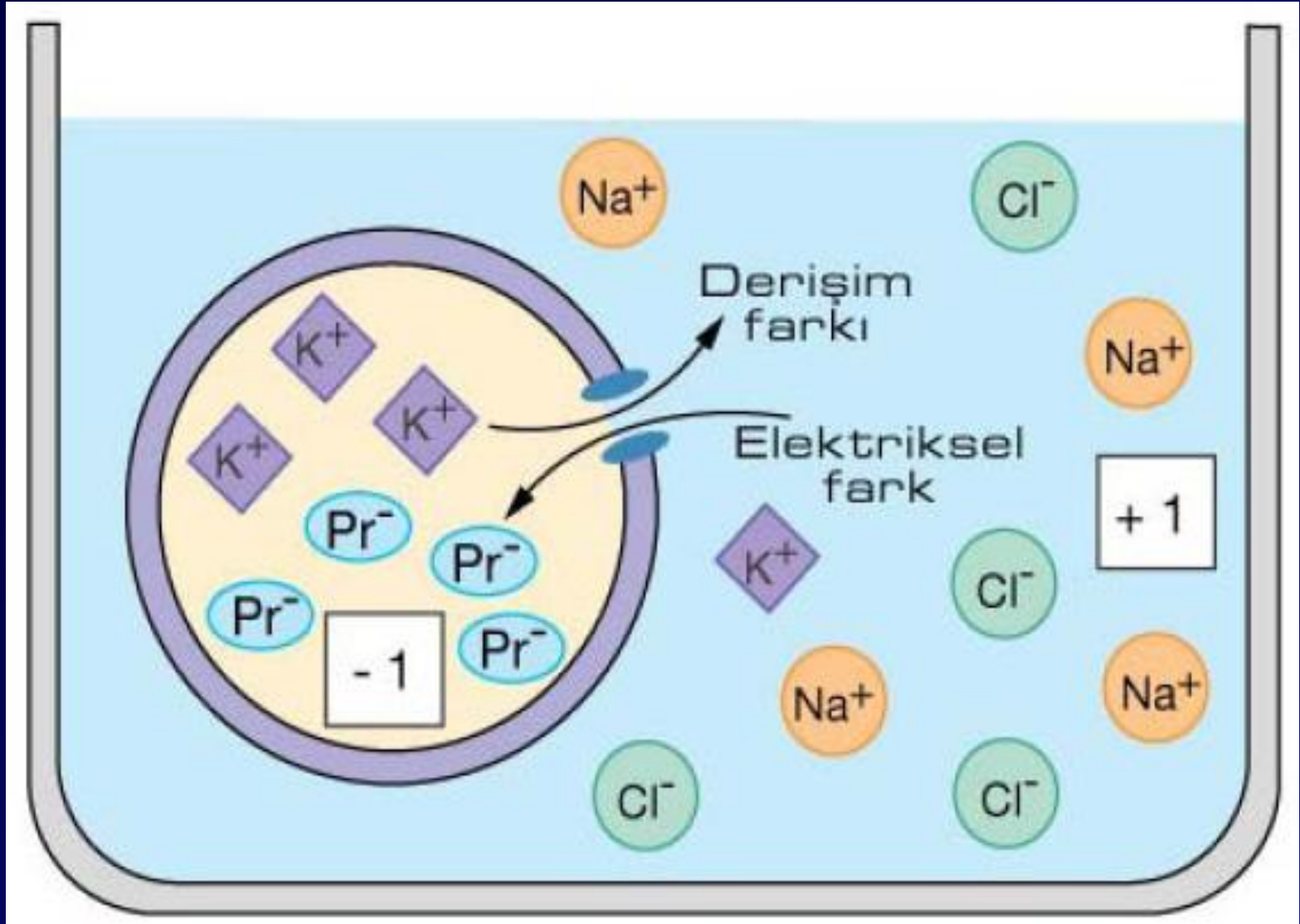
**Kimyasal gradient farkı yaratır**

# Difüzyonun Etkisi

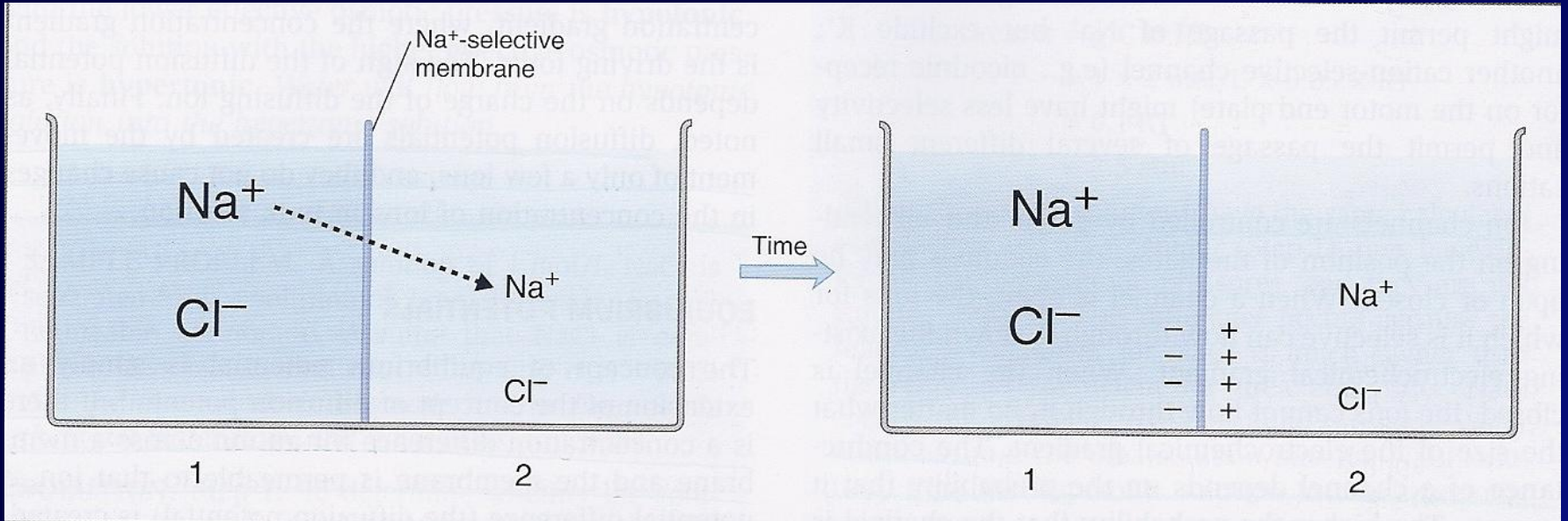
Yapay hücre



# Difüzyonun Etkisi



# Denge Potansiyeli



## Nernst Denklemi

$$EMF (mV) = \frac{RT}{FZ} \log \frac{[C_i]}{[C_d]}$$

R: Gaz sabiti

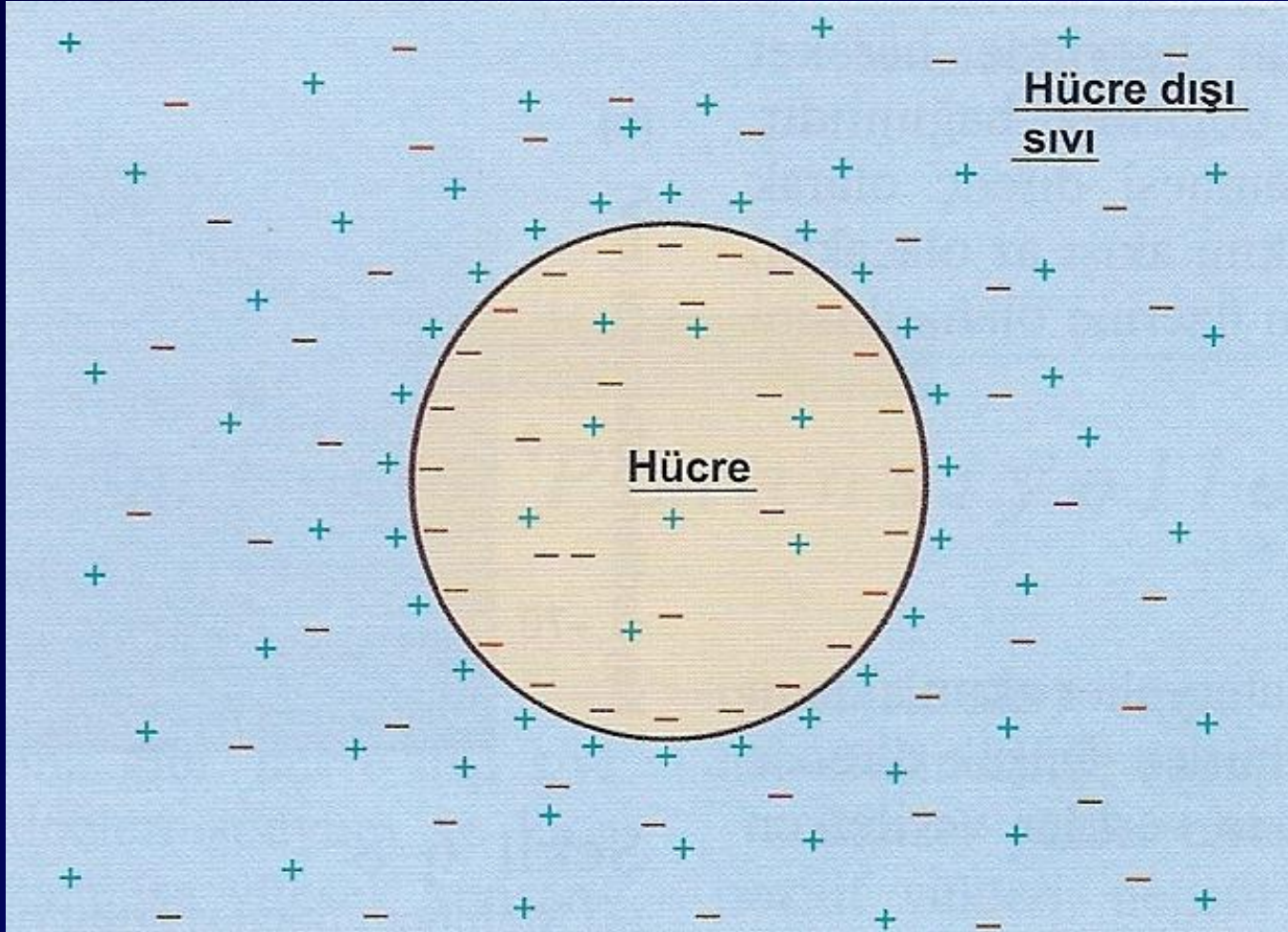
T: Mutlak sıcaklık

F: Faraday sabiti

Z: İyon yükü (+/-)



# Denge Durumunda İyon Dağılımı



- Dinlenim durumunda bulunan tüm hücrelerin plazma zarları üzerinde, h.içi h.dışına göre – yapacak potansiyel fark vardır. Bu potansiyele **dinlenim zar potansiyeli** denir.
- Dinlenim zar potansiyeli -5 ila 100 mV arasında değişir.
- Elektrik akımı potansiyeli değiştirene kadar dinlenim zar potansiyeli devam eder.
- İki nokta arasındaki yük miktarı farkına **elektriksel potansiyel** denir.

- Dinlenim zar potansiyeli esas olarak iki etmene bağlıdır:
  - Hiçi ve hdişı sıvılardaki iyon derişim farkına
  - Plazma zarında farklı iyonlara ait açık kanalların sayısını yansıtmak üzere zarın farklı iyonlara olan geçirgenliğinin farklı oluşuna

# Denge Potansiyeli

$$EMF (mV) = \pm 61 \log \frac{[C_i]}{[C_d]}$$

37 °C

$$E_{Na^+} = +65 \text{ mV}$$

$$E_{K^+} = -85 \text{ mV}$$

$$E_{Cl^-} = -90 \text{ mV}$$

$$E_{Ca^{2+}} = +120 \text{ mV}$$

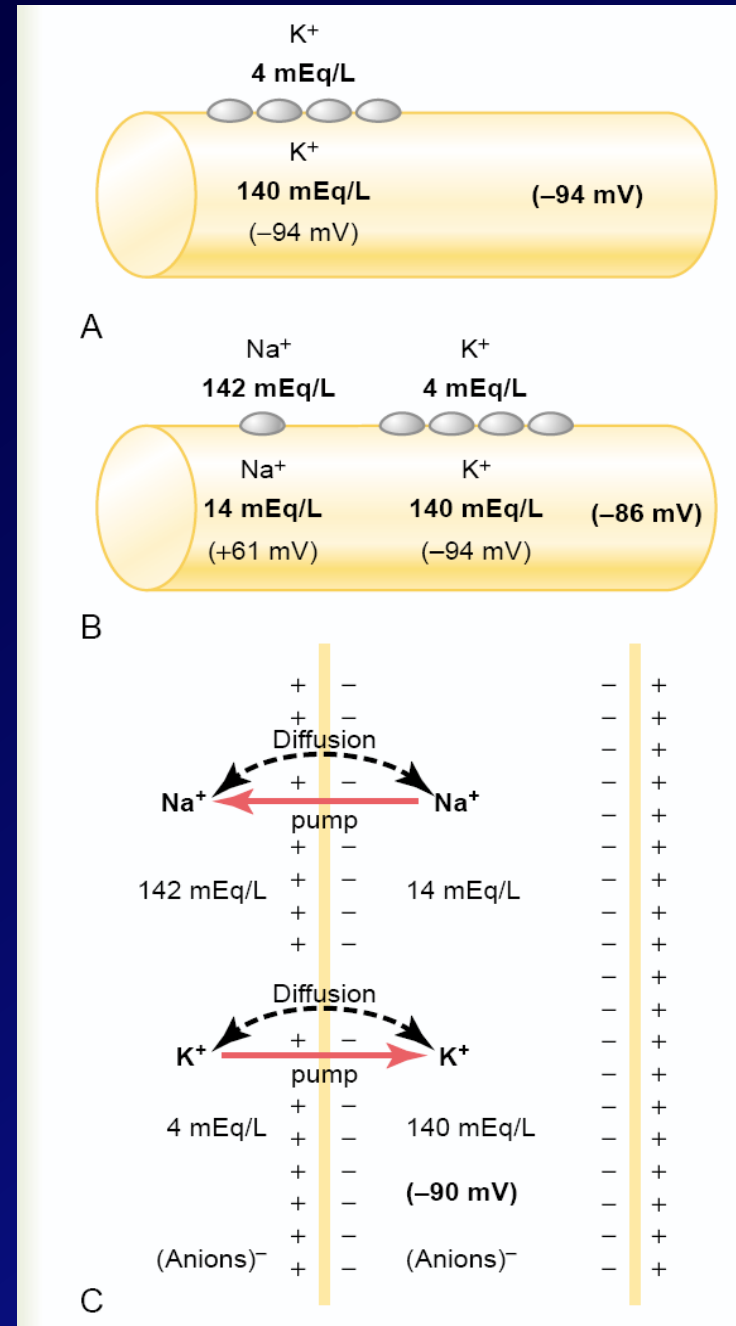
	EXTRACELLULAR FLUID	INTRACELLULAR FLUID
Na <sup>+</sup>	142 mEq/L	10 mEq/L
K <sup>+</sup>	4 mEq/L	140 mEq/L
Ca <sup>++</sup>	2.4 mEq/L	0.0001 mEq/L
Mg <sup>++</sup>	1.2 mEq/L	58 mEq/L
Cl <sup>-</sup>	103 mEq/L	4 mEq/L
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	28 mEq/L	10 mEq/L
Phosphates	4 mEq/L	75 mEq/L
SO <sub>4</sub> <sup>=</sup>	1 mEq/L	2 mEq/L
Glucose	90 mg/dl	0 to 20 mg/dl
Amino acids	30 mg/dl	200 mg/dl ?
Cholesterol	} 0.5 g/dl	} 2 to 95 g/dl
Phospholipids		
Neutral fat		
PO <sub>2</sub>	35 mm Hg	20 mm Hg ?
PCO <sub>2</sub>	46 mm Hg	50 mm Hg ?
pH	7.4	7.0
Proteins	2 g/dl (5 mEq/L)	16 g/dl (40 mEq/L)

# Dinlenim Zar Potansiyeli

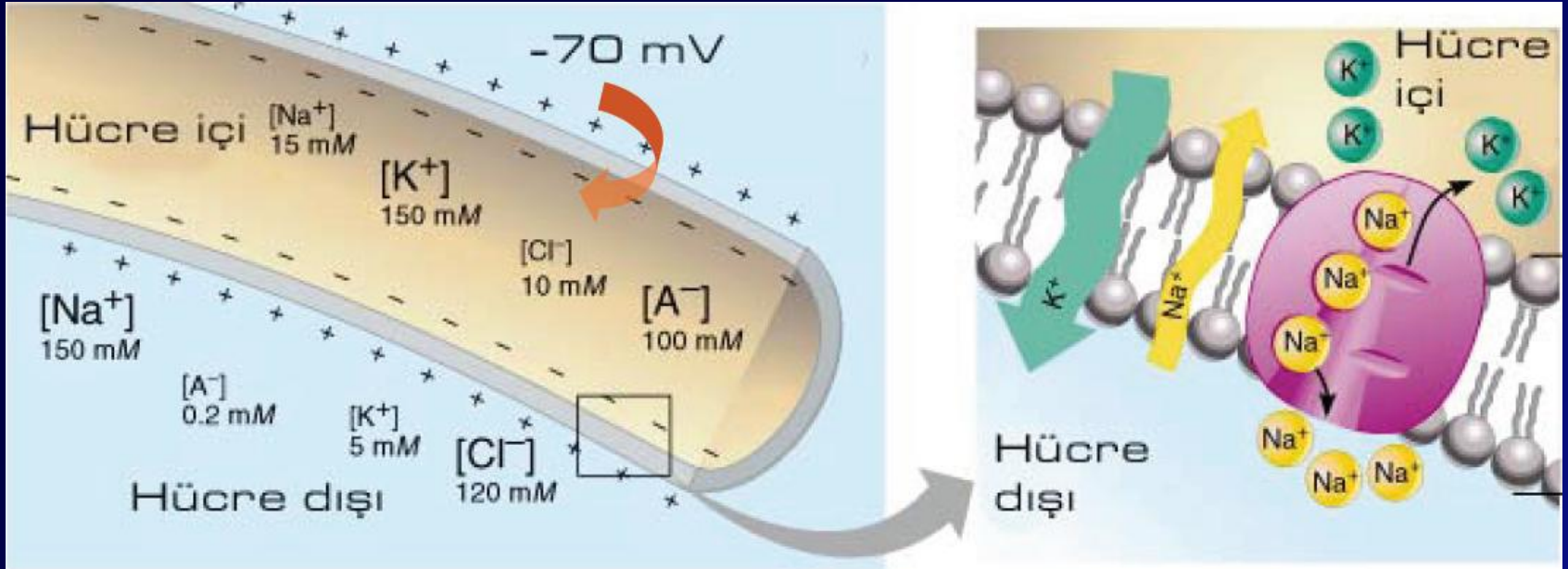
~ -70 mV

## Goldman-Hodgkin-Katz Denklemi

$$= -61 \cdot \log \frac{C_{Na^+}_i P_{Na^+} + C_{K^+}_i P_{K^+} + C_{Cl^-}_o P_{Cl^-}}{C_{Na^+}_o P_{Na^+} + C_{K^+}_o P_{K^+} + C_{Cl^-}_i P_{Cl^-}}$$



# Dinlenim Zar Potansiyeli

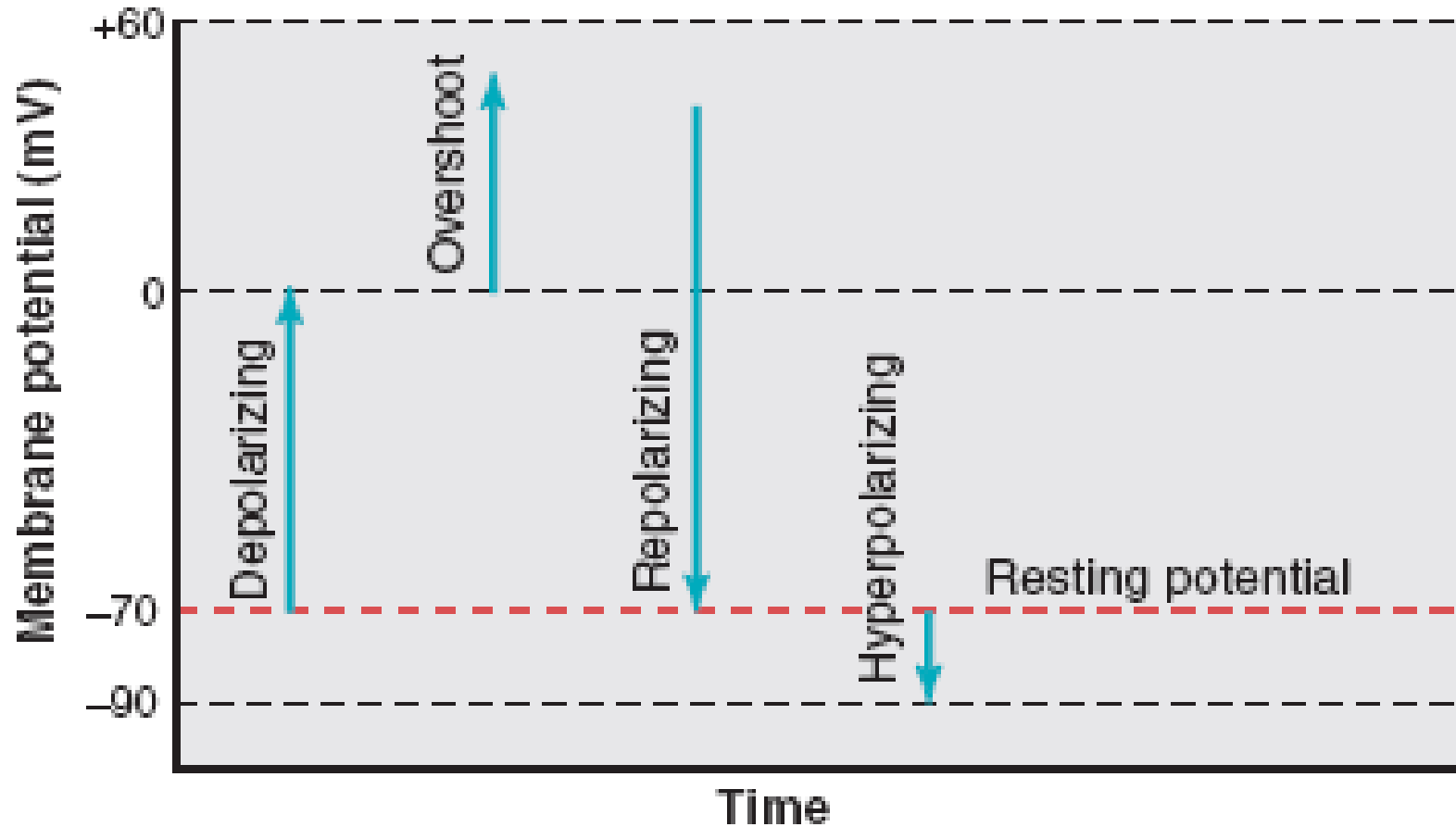


$K^+$  sızma kanalları

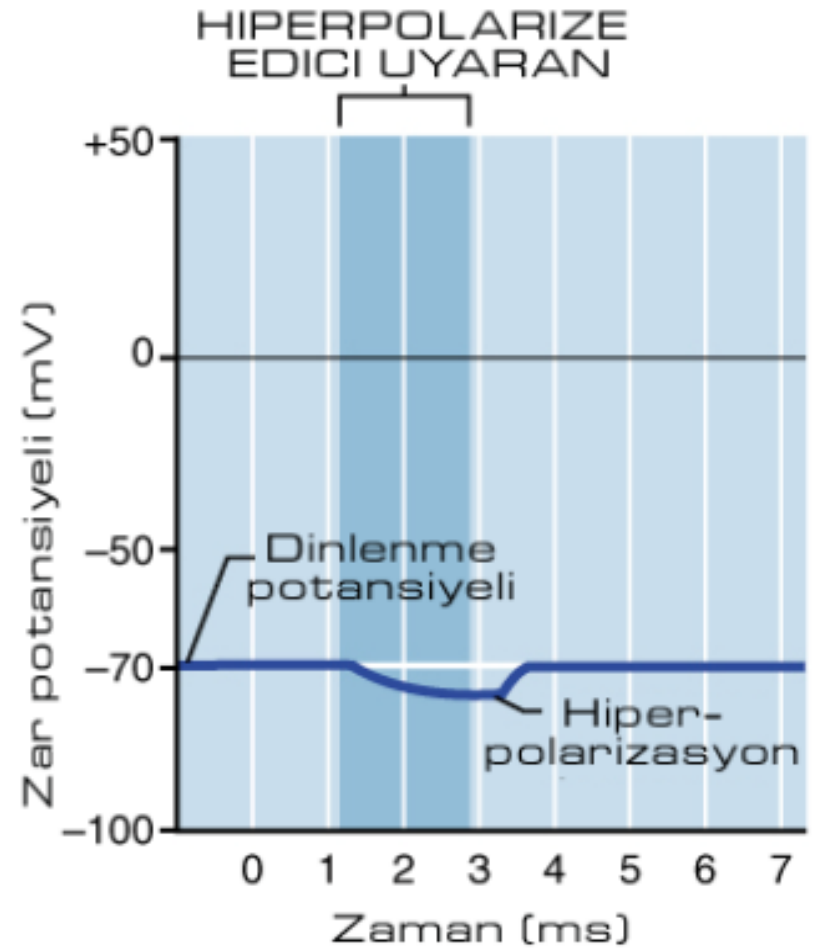
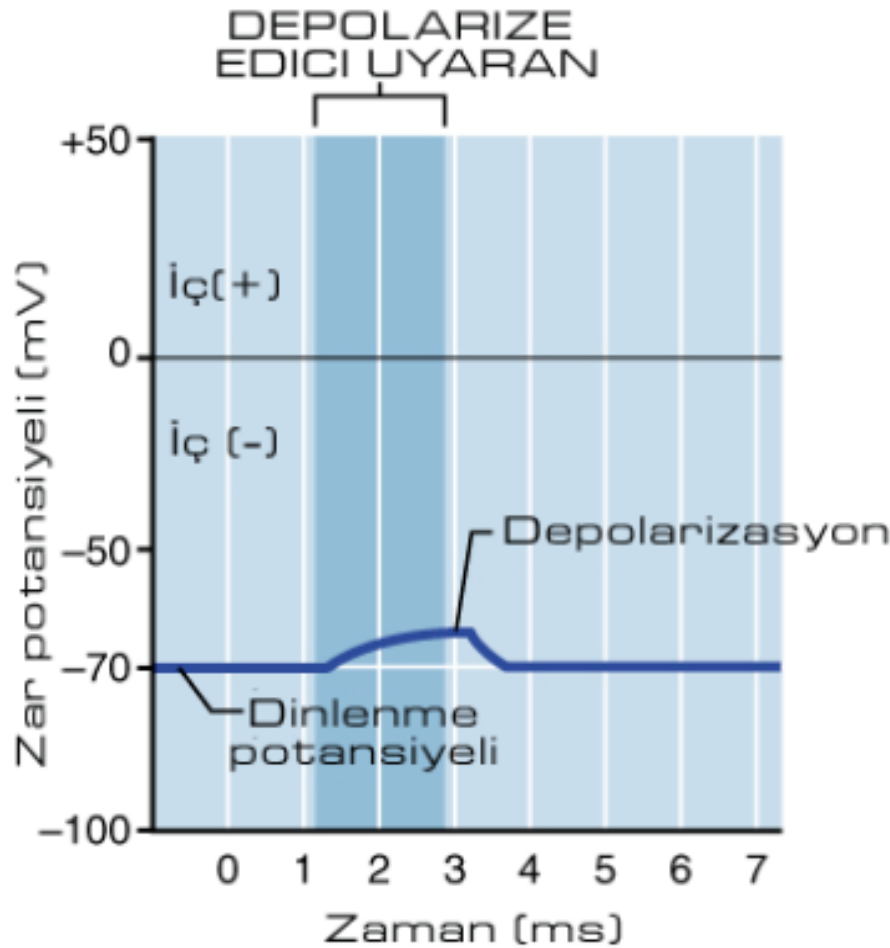
$Na^+$  sızma kanalları

$Na^+ - K^+$  ATPaz

# Terminoloji



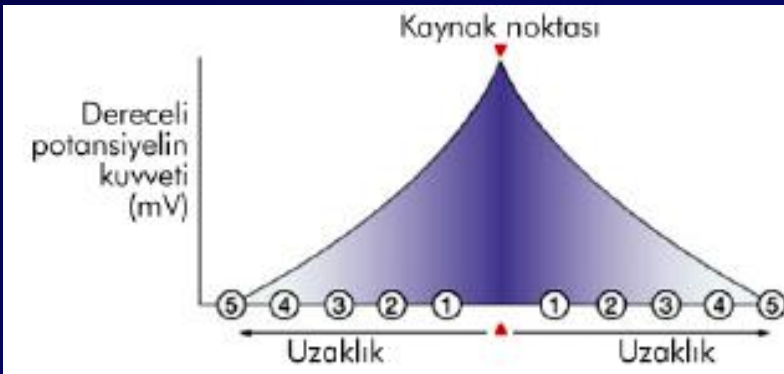
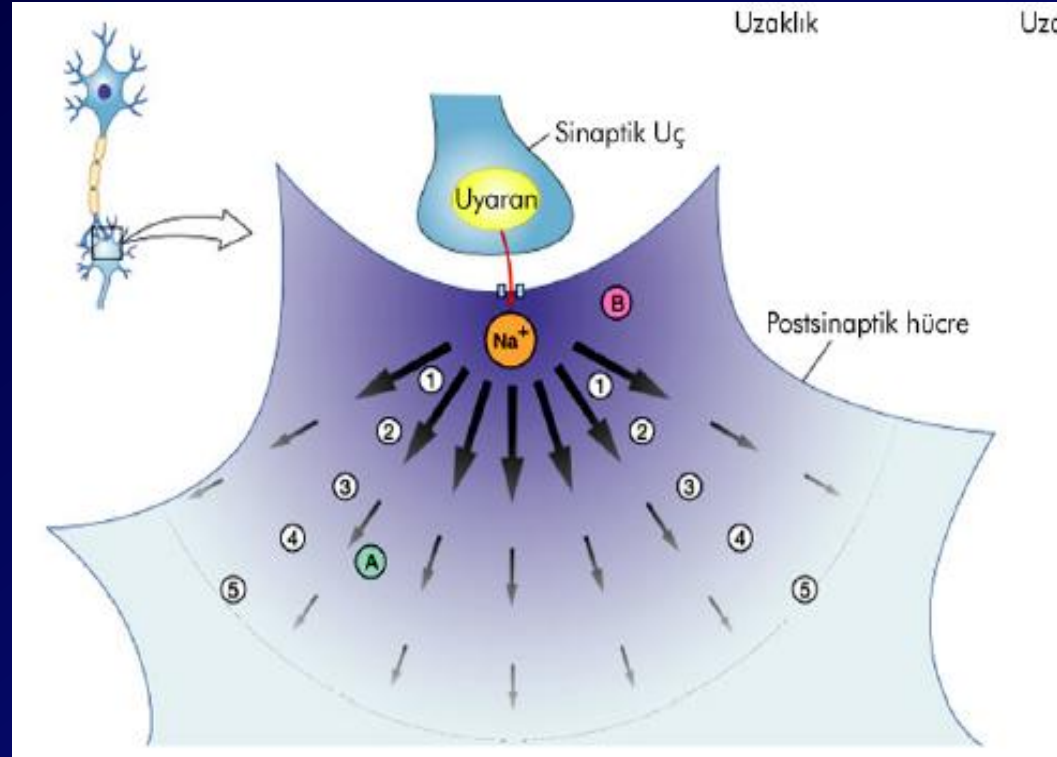
# Zar Potansiyeli Değişimleri





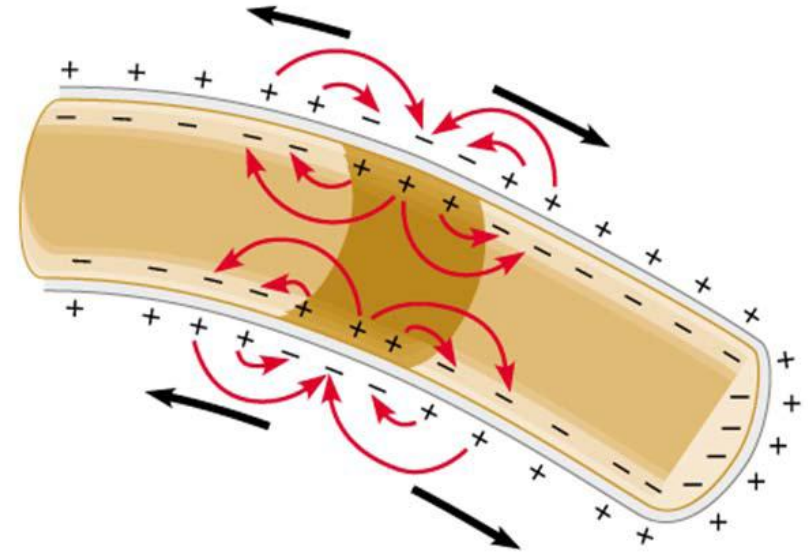
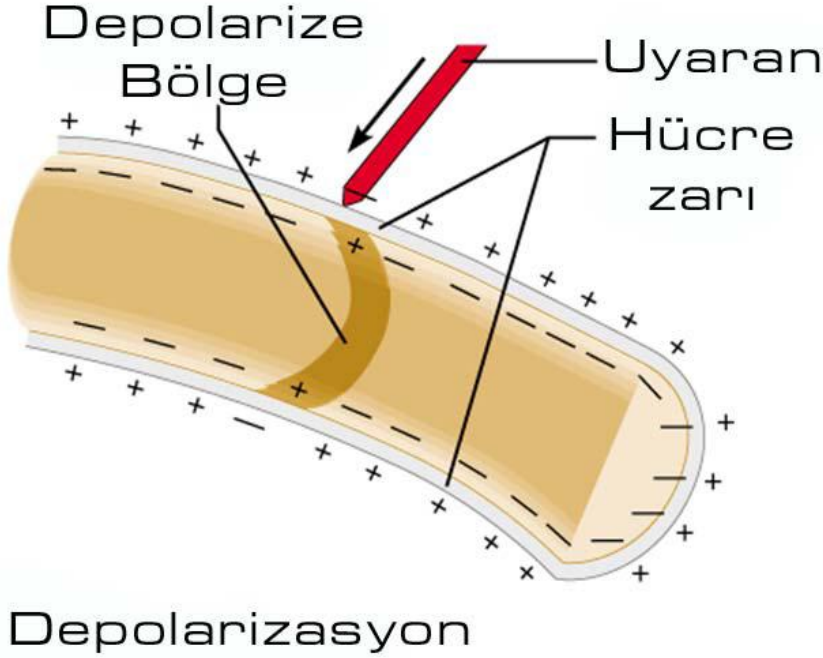
# Dereceli potansiyeller

- Genliđi değişken
- Mesafe ile azalır
- Birikebilir
- Eşiği yoktur
- Süresi değişken
- Depolarizan
- Hiperpolarizan



**Reseptör potansiyeli**  
**Sinaptik potansiyeller**

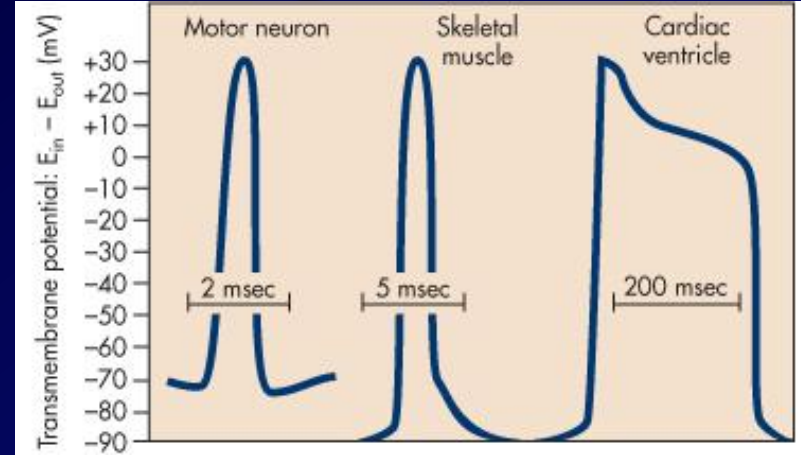
# Dereceli potansiyeller



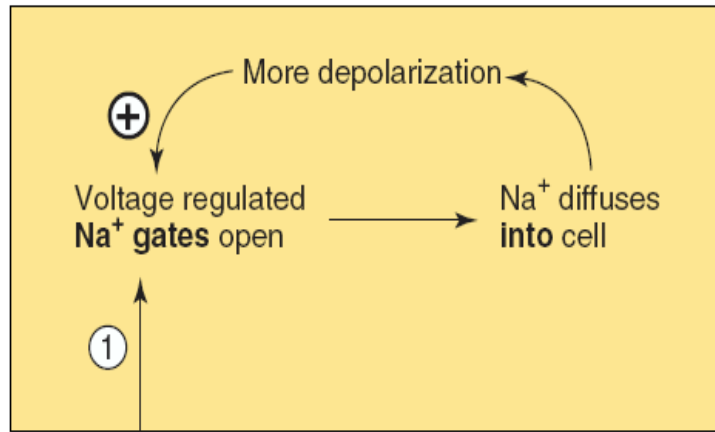
Depolarizasyonun yayılması

# Aksiyon potansiyeli

- Eşiği vardır (-55mV)
- Genliđi sabit
  - ✓ Hep ya da hiç
- Genlik mesafe ile deđişmez
- Süresi belli bir hücre için sabit
- Birikemez
  - ✓ Dirençli (refraktör) period
- Depolarizan
- Voltaj kapılı kanallar

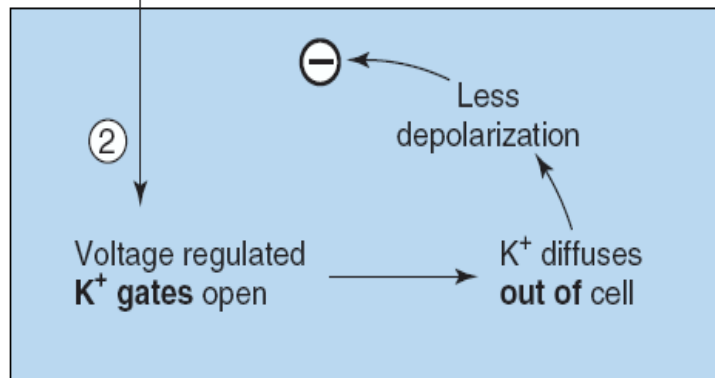


# Aksiyon potansiyeli

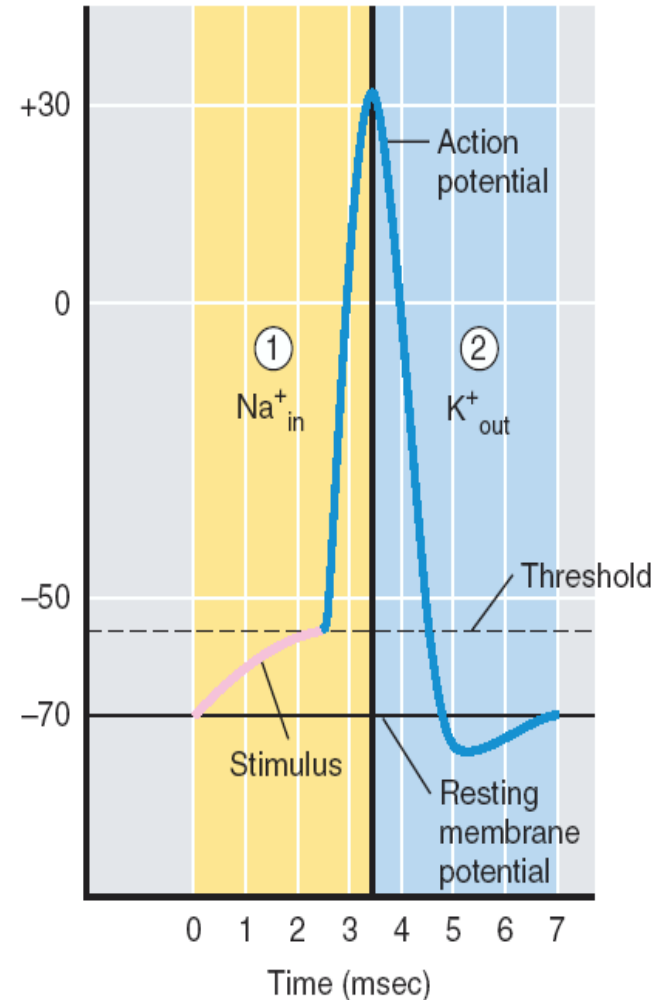


Membrane potential depolarizes from -70 mV to +30 mV

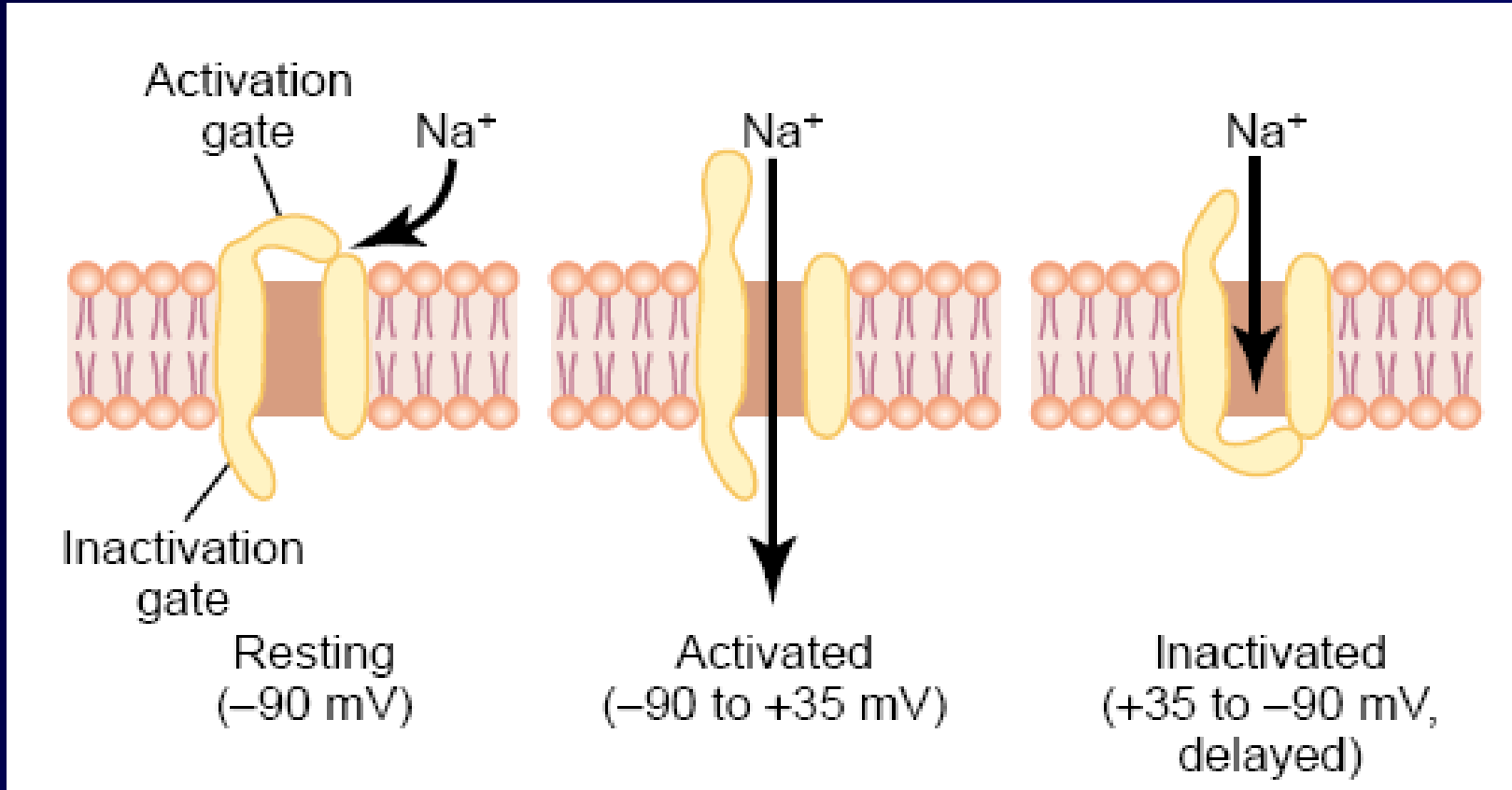
Depolarization stimulus



Membrane potential repolarizes from +30 mV to -70 mV

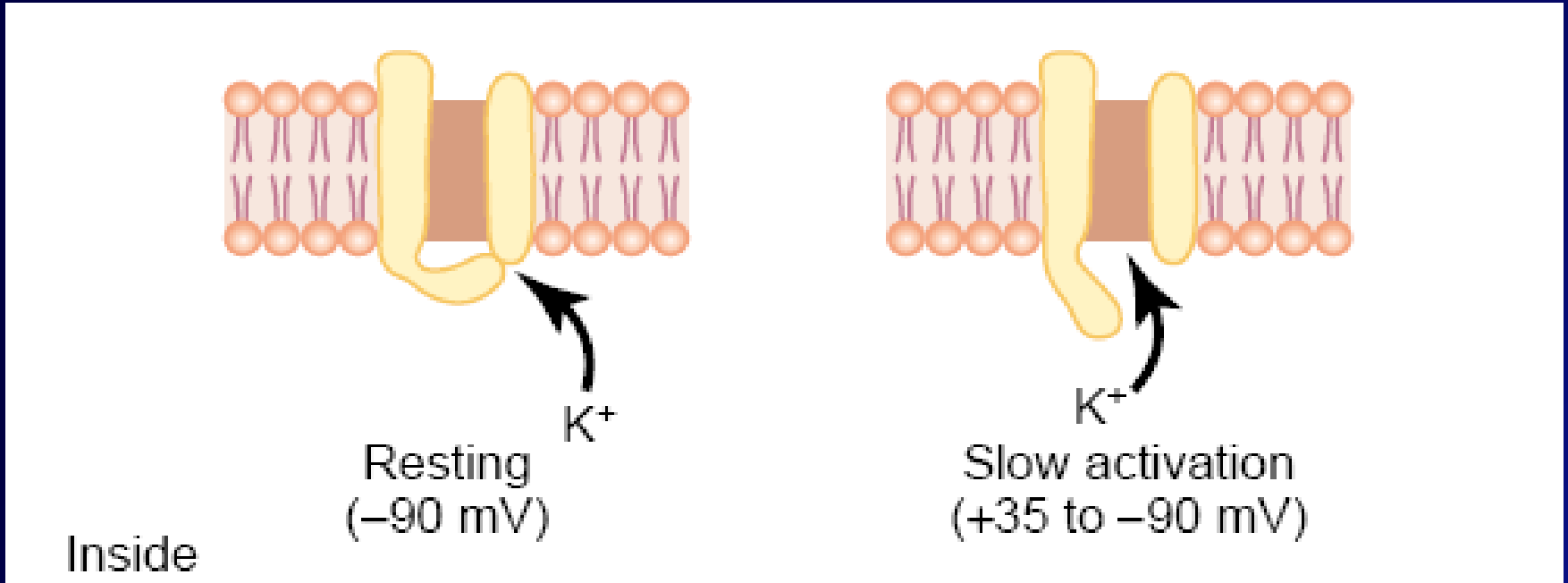


# Voltaj Kapılı Na<sup>+</sup> Kanalları



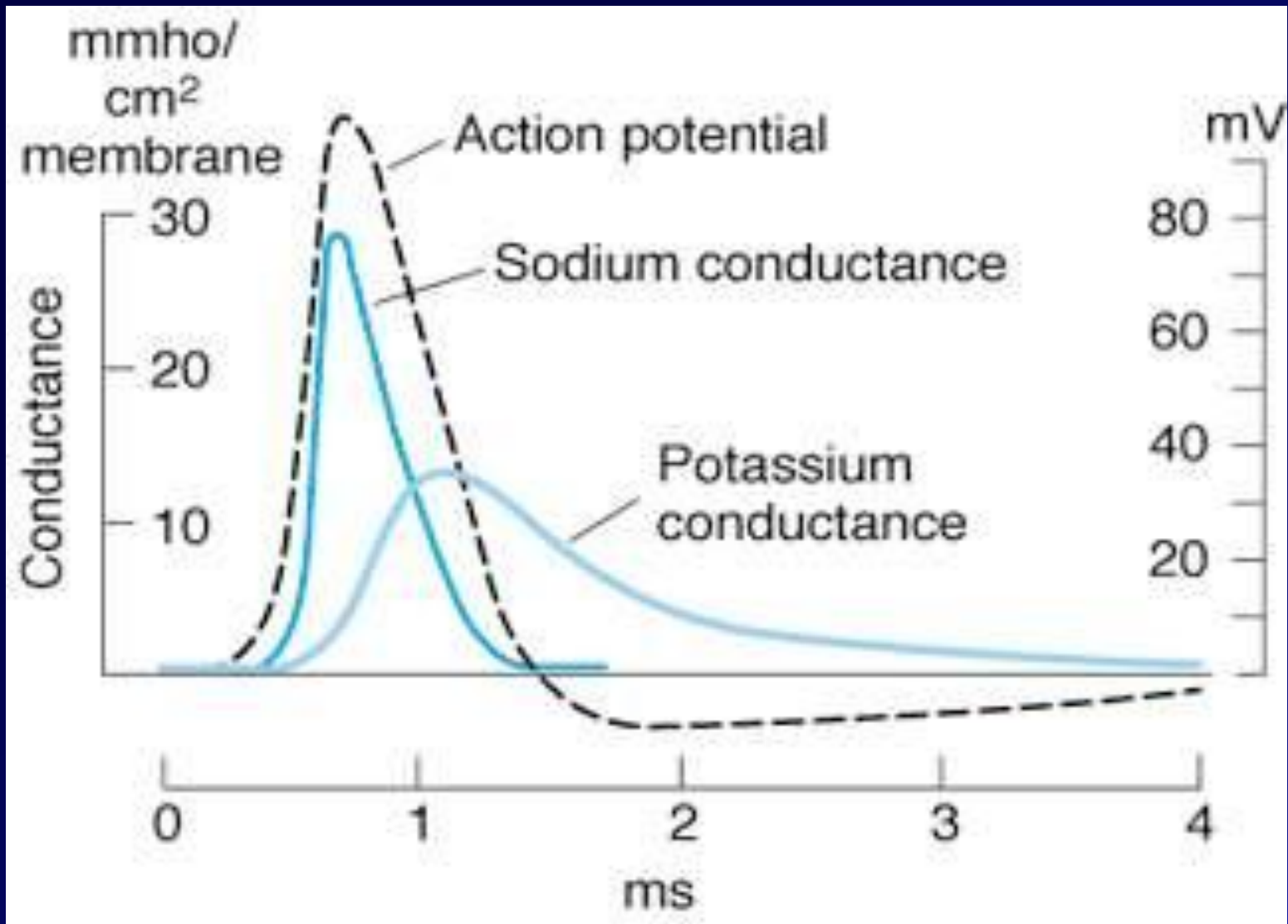
Lokal anestezik (lidokain) maddeler tetrodotoxin (TTX) ve saxitoksin (STX) tarafından bloke edilmektedir.

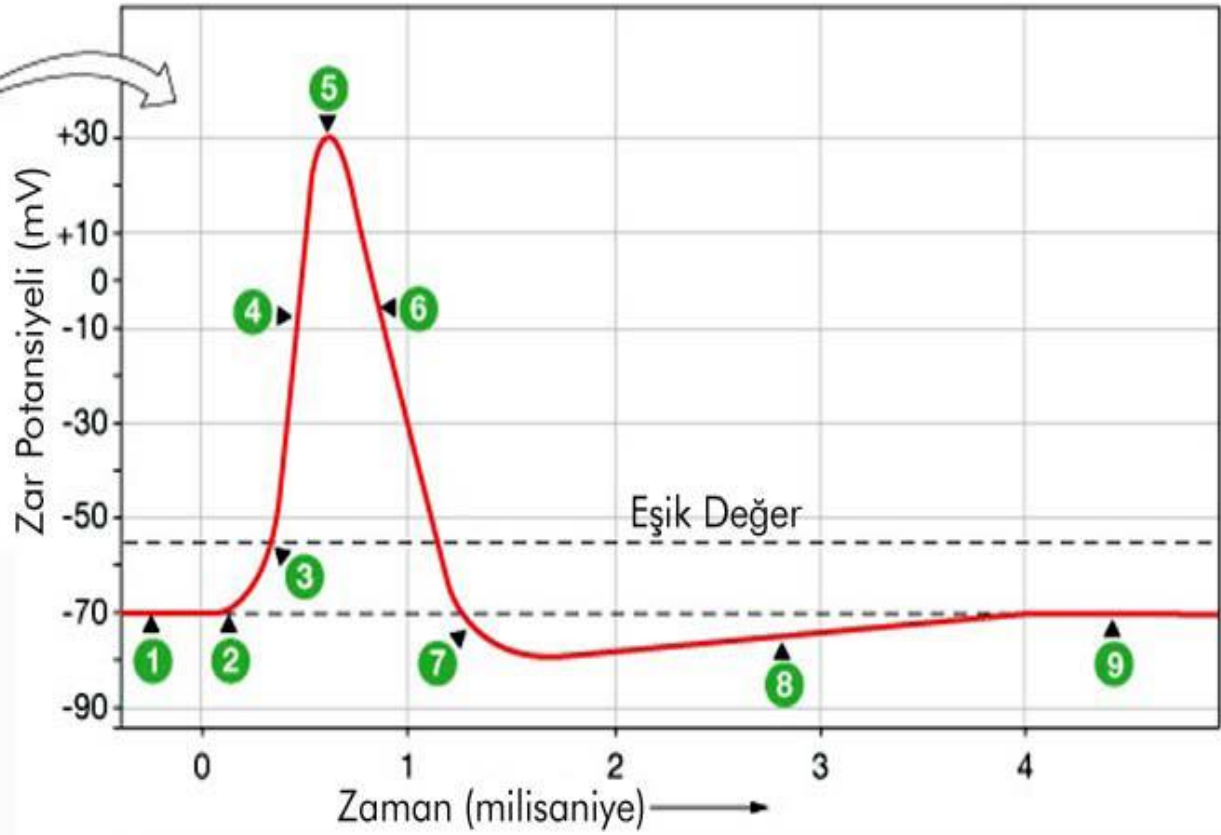
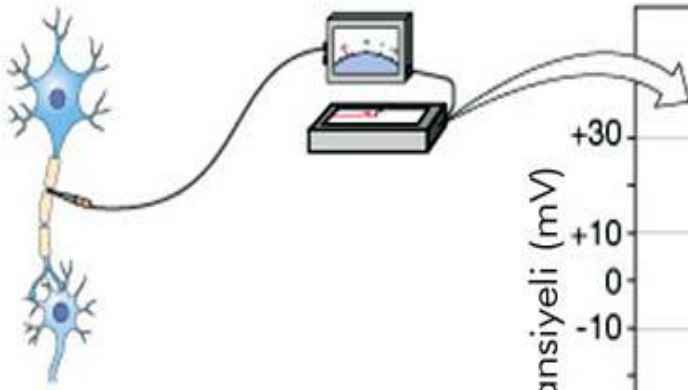
# Voltaj kapılı $K^+$ kanalları



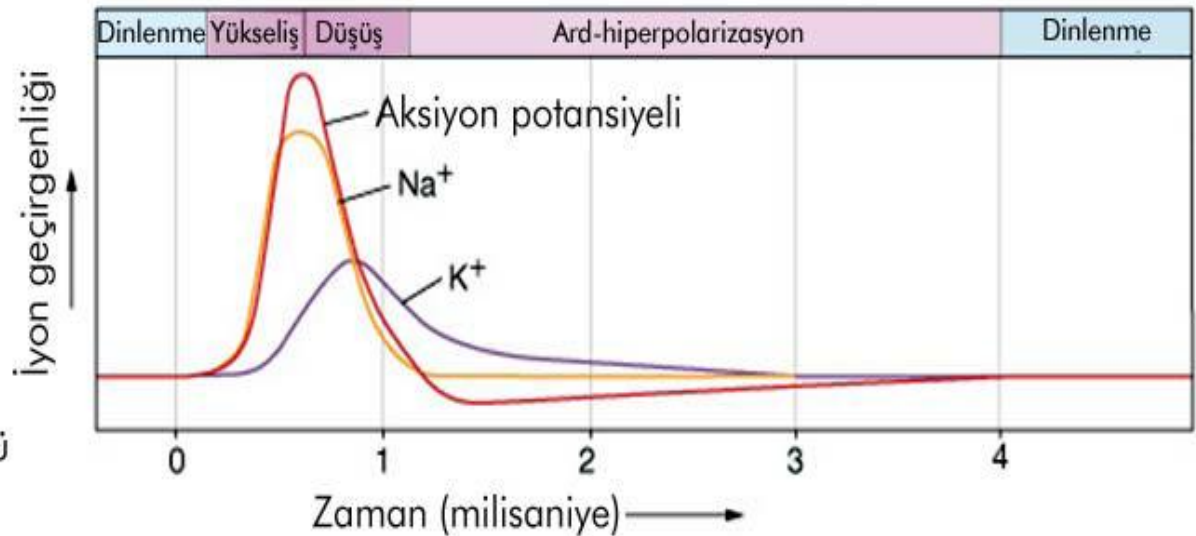
İnsülin eksikliği → Hiperkalemi → Depolarizasyon  
→ Uyarılabilirlik ?

# Pozitif ard potansiyel



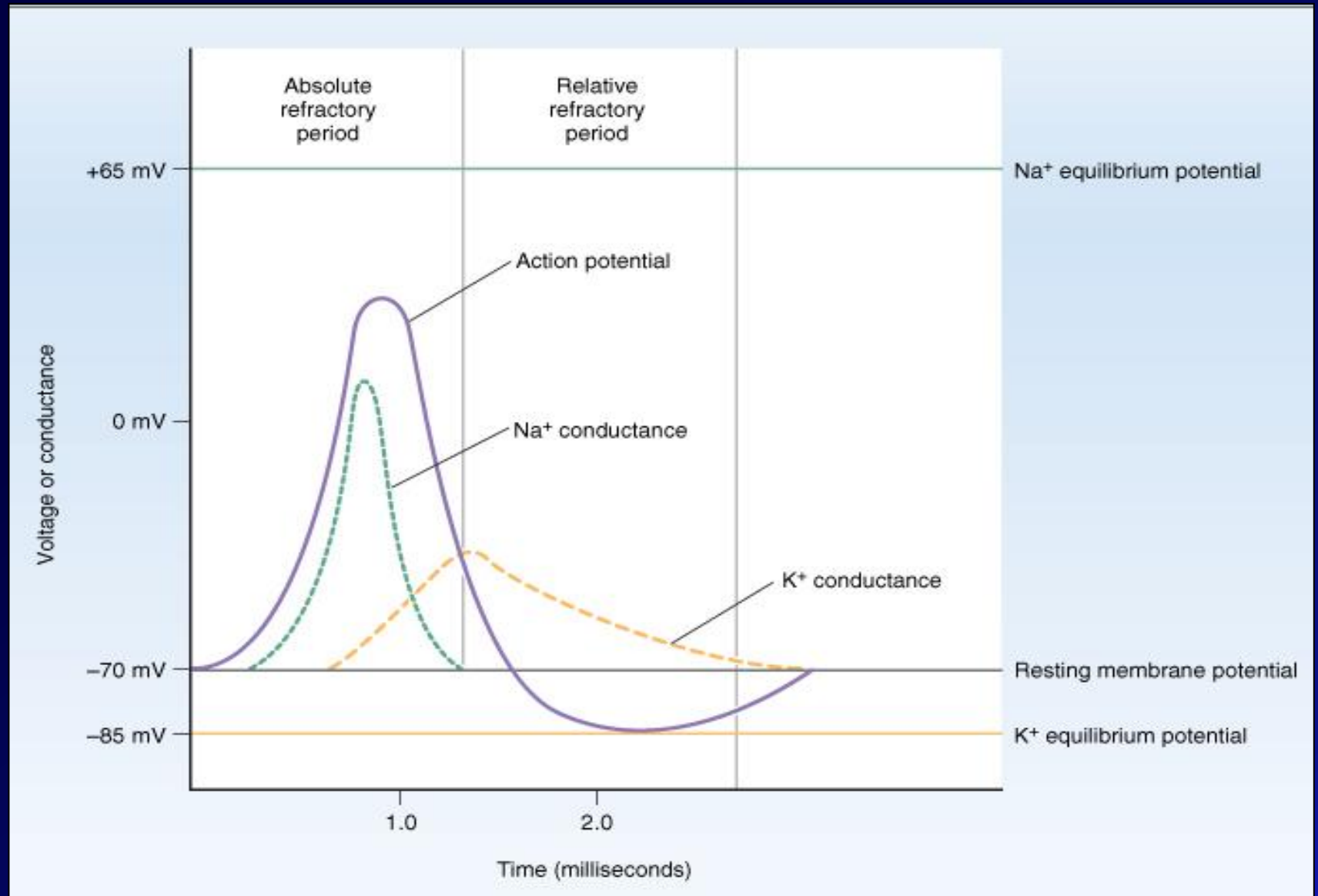


- 1 Dinlenme potansiyeli
- 2 Depolarizasyon
- 3 Voltaj kapılı hızlı sodyum kanallarının açılması, hücre içine Na girişi; voltaj kapılı K kanallarında yavaş açılma
- 4 Hızlı Na girişi ve depolarizasyon
- 5 Na kanallarının kapanması, yavaş K kanallarının açılması
- 6 Potasyumun HDS'ya hareketi
- 7 Potasyum kanallarının açık kalma dönemi (hiperpolarizasyon)
- 8 Voltaj kapılı potasyum kanallarının kapanması, K-sızma kanalları.
- 9 Hücrenin dinlenme durumuna dönüşü





# Refraktör Dönem



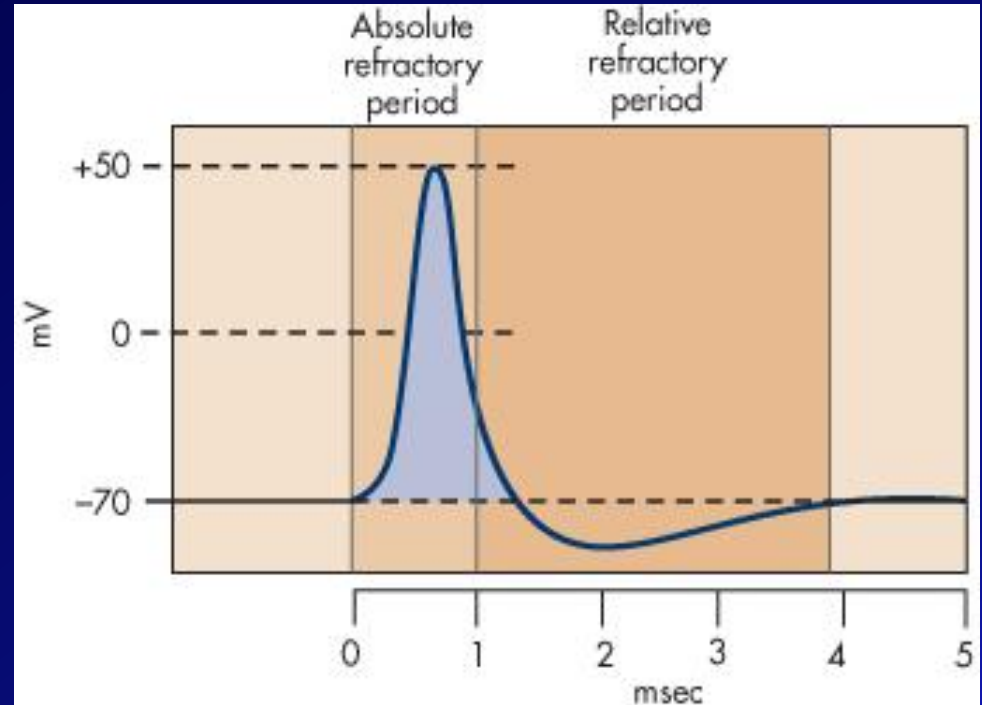
# Refraktör Dönem

## Mutlak refraktör dönem

- Na kapıları aktive edilemez
- Yeni bir AP oluşturulamaz

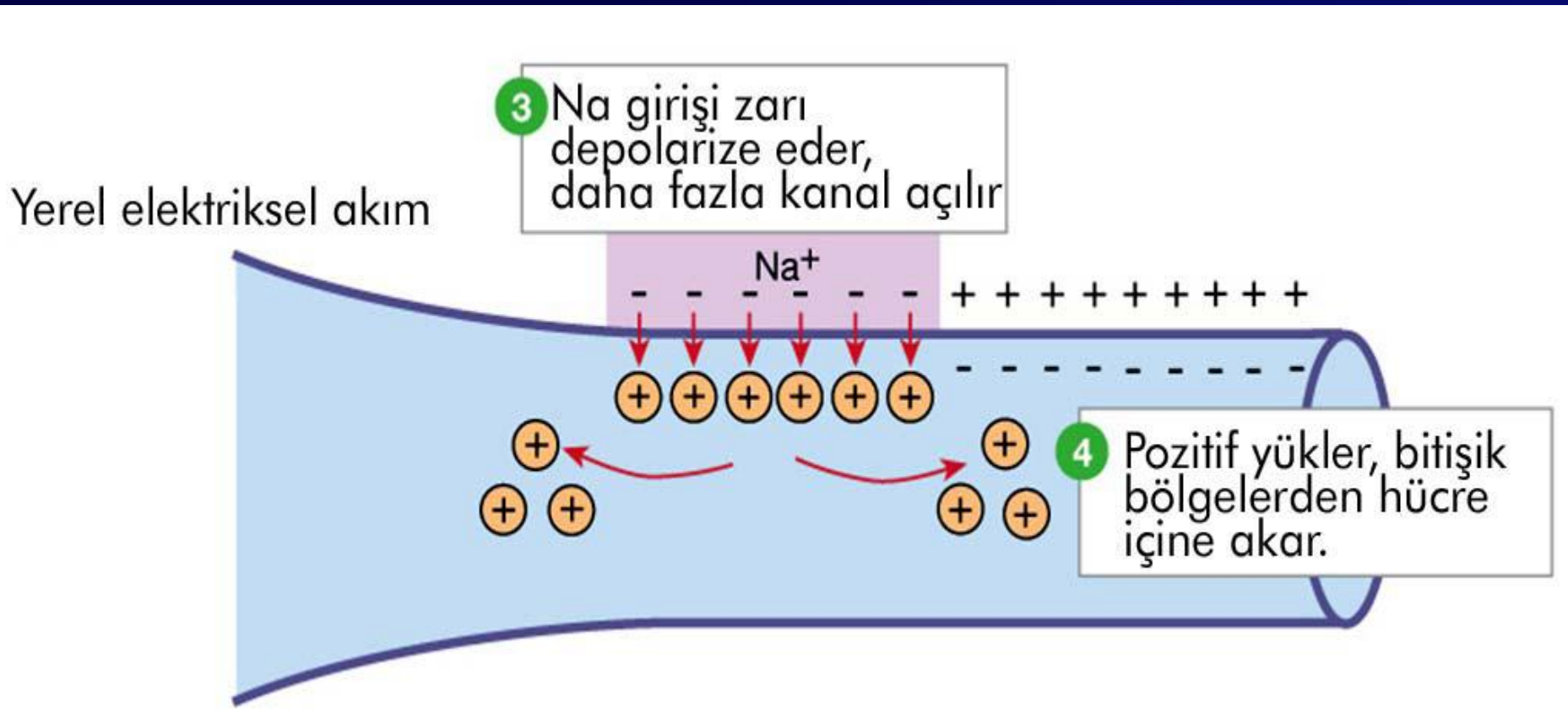
## Rölatif refraktör dönem

- Na kapıları açık
- K kapıları açık





# Aksiyon Potansiyelinin İletimi



# Aksiyon Potansiyelinin İletimi

Duyarsız dönem, A.P.'nin geri hareketini önler

Duyarsız bölüm

Aktif bölge

İnaktif bölge

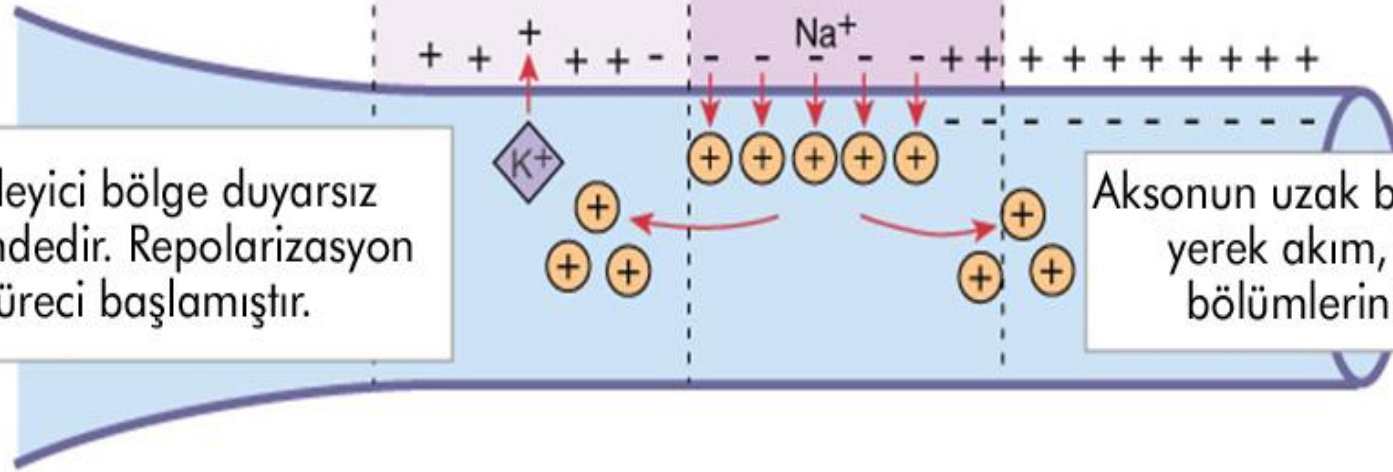
+ + + + + - - - - - + + + + + + + + + + +

Tetikleyici bölge duyarsız dönemdedir. Repolarizasyon süreci başlamıştır.

$K^+$

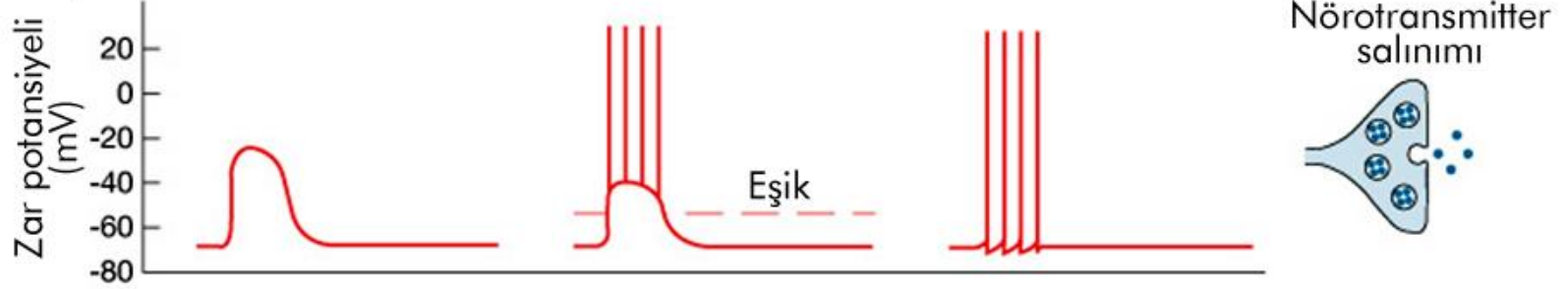
$Na^+$

Aksonun uzak bölümlerinde yerek akım, yeni zar bölümlerini uyarır.

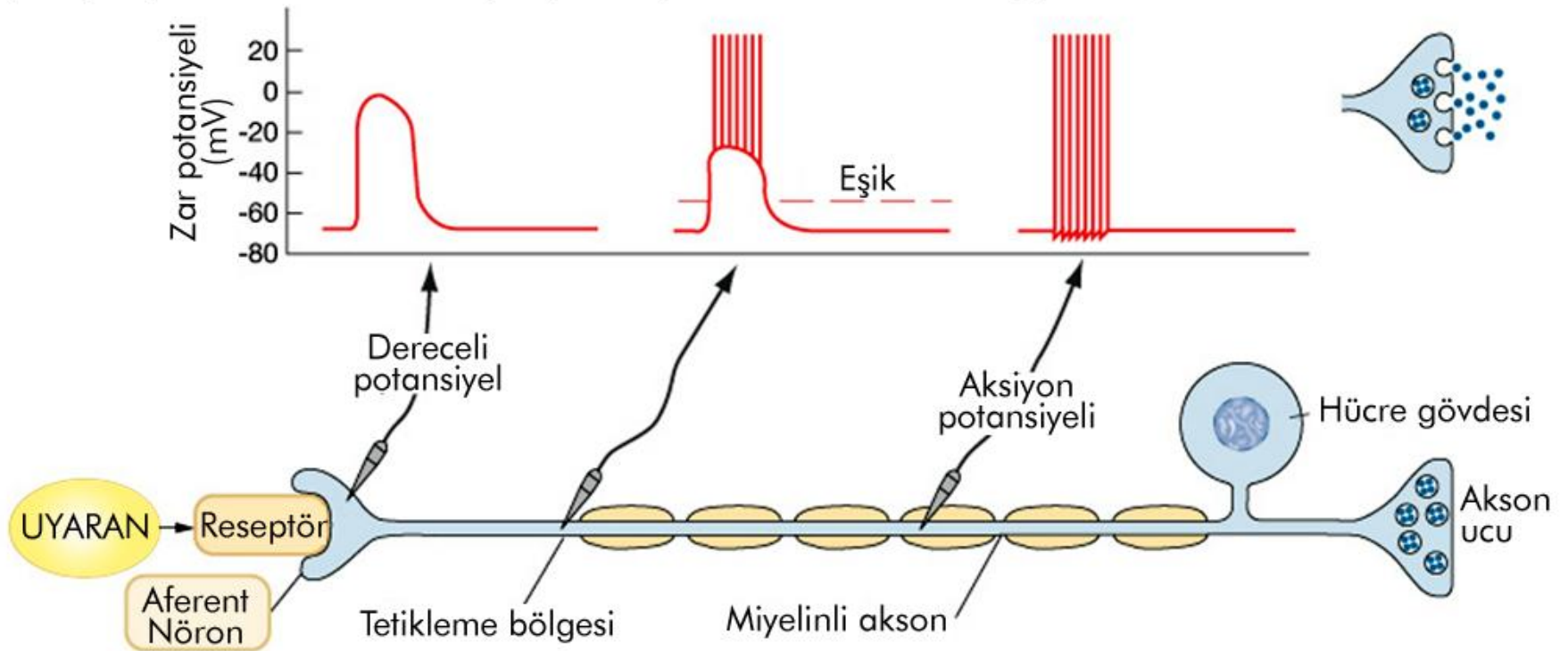


# Aksiyon Potansiyelinin Sıklığı

A) Zayıf uyarın, daha az nörotransmitter salınımına neden olur.



B) Güçlü uyarın, daha fazla aksiyon potansiyeline ve daha fazla salgıya neden olur.



# Uyarılabilen Hücreler

- **Sinir hücreleri**
- **Kas hücreleri**
- Nörosekretuar hücreler
- Bazı endokrin, immün ve üreme sistemi hücreleri

