

Biyoelektriksel Potansiyeller

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

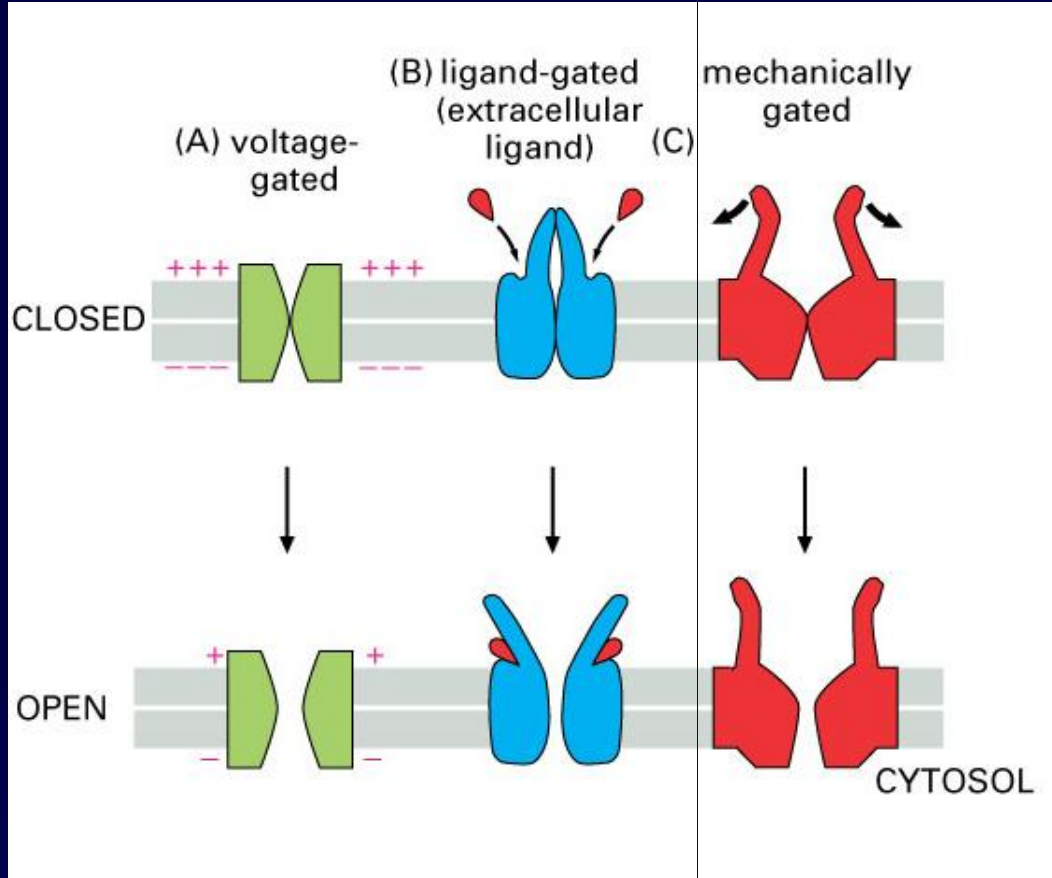
Hücrede yük dağılımı

- 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 Na^+ ve Cl^-
- Hücre içi sıvıda K^+ , Fosfat bileşikleri ve – yüklü yan zincirlere sahip proteinler

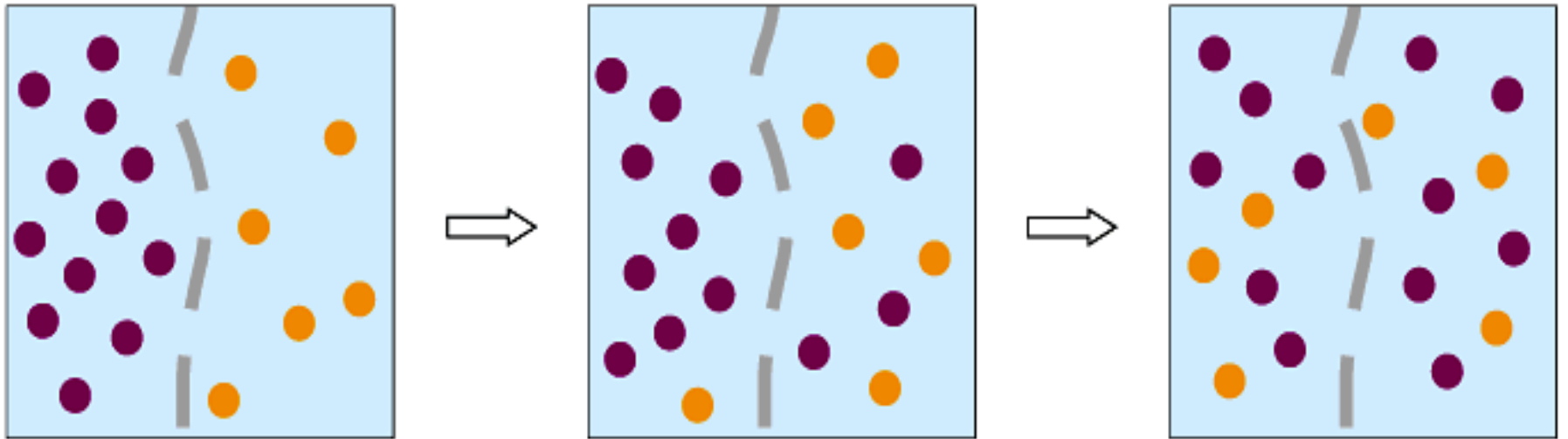
İyon kanalları ile madde taşıma



- Voltaj Kapılı
- Kimyasal kapılı
- Mekanik

Elektro-kimyasal gradient farkı

Zar Potansiyellerine Difüzyonun Etkisi



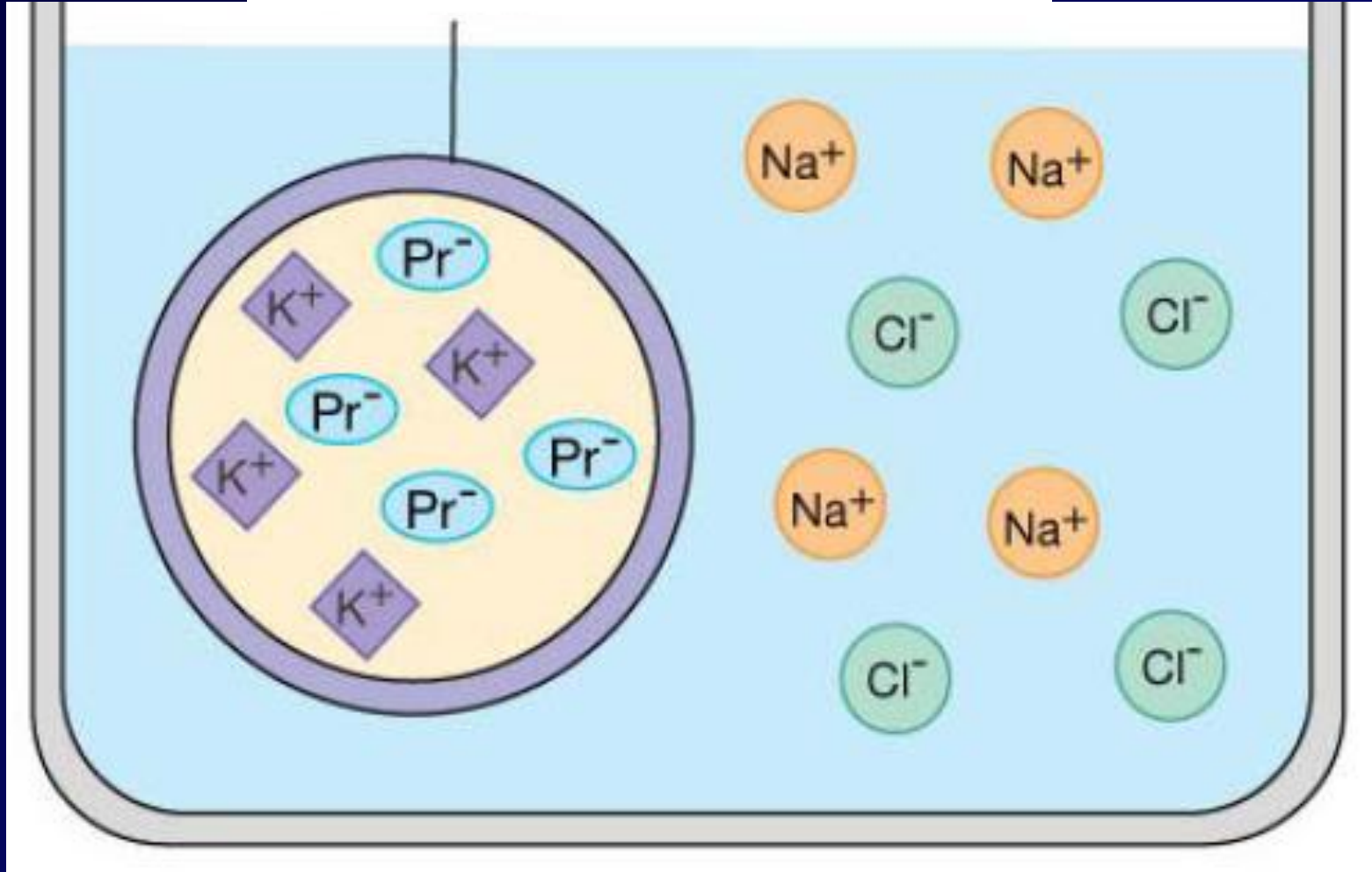
(b) Diffusion of two solutes

Equilibrium

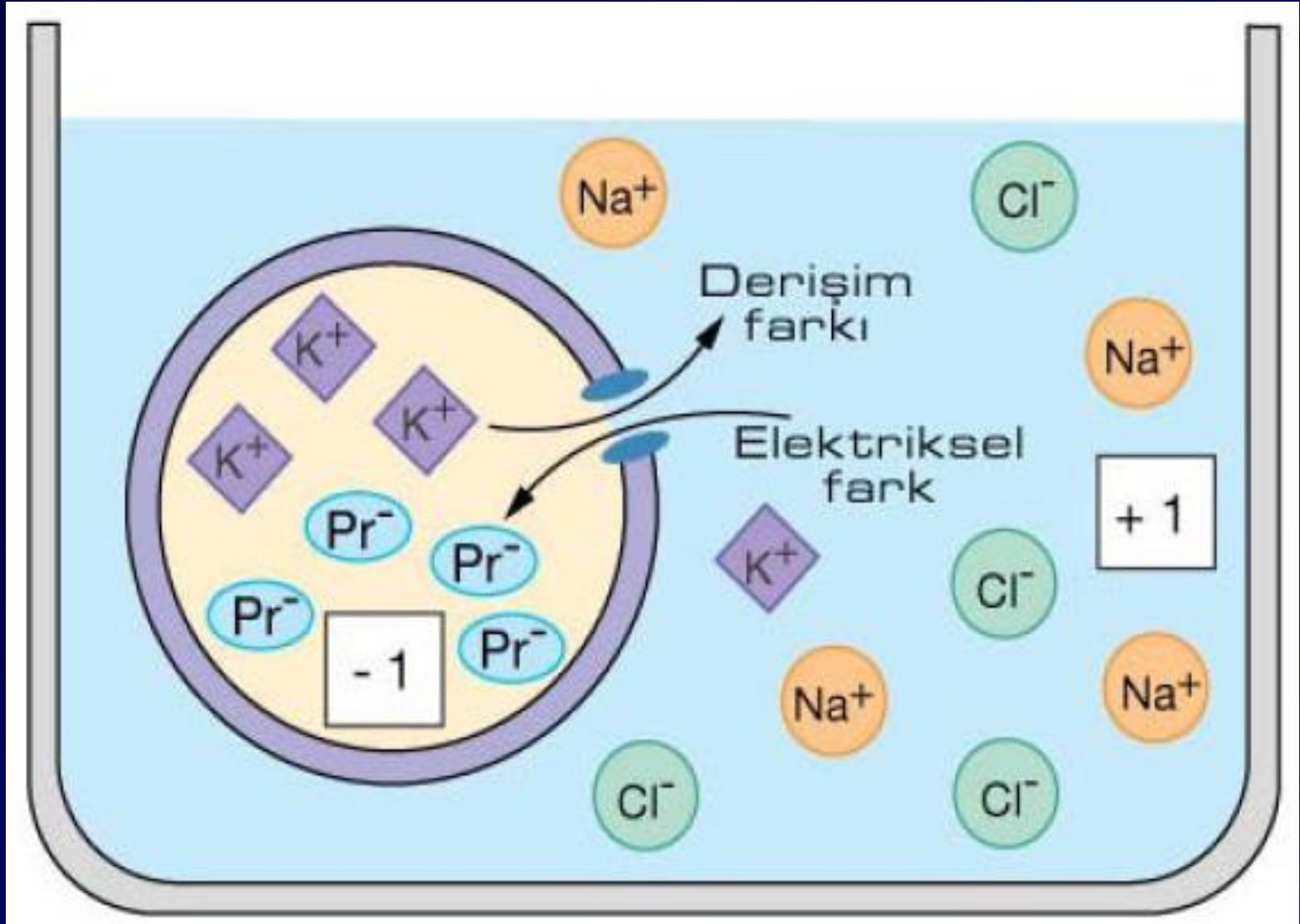
Kimyasal gradient farkı yaratır

Difüzyonun Etkisi

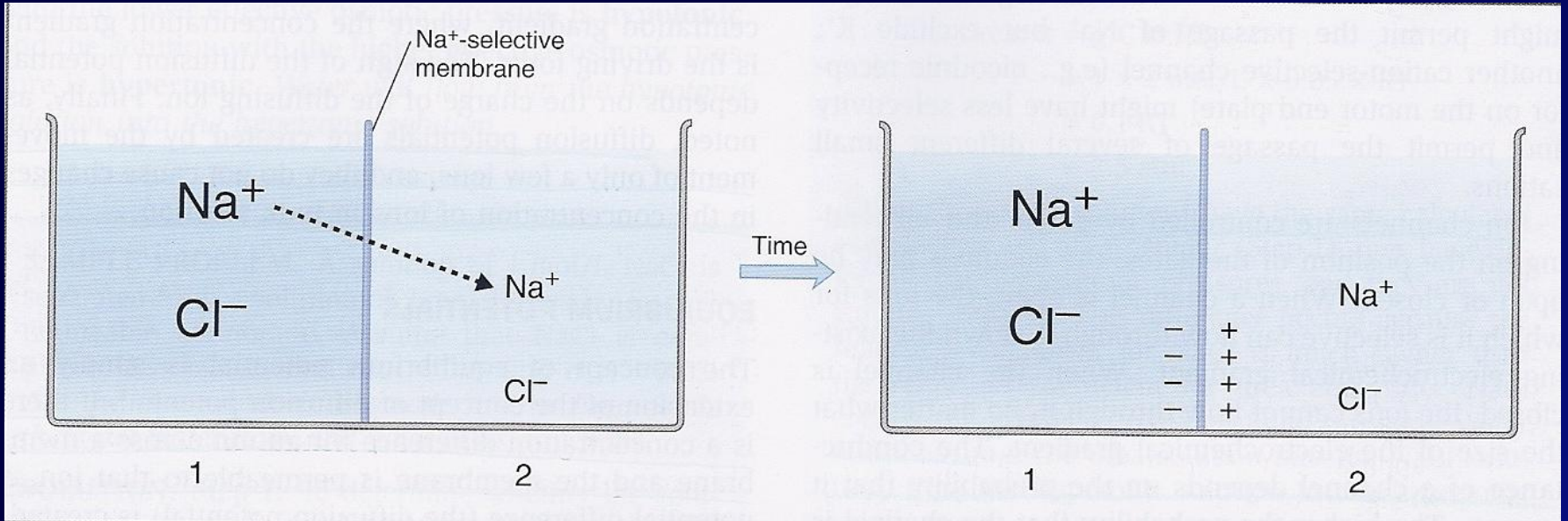
Yapay hücre



Difüzyonun Etkisi



Denge Potansiyeli



Nernst Denklemi

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

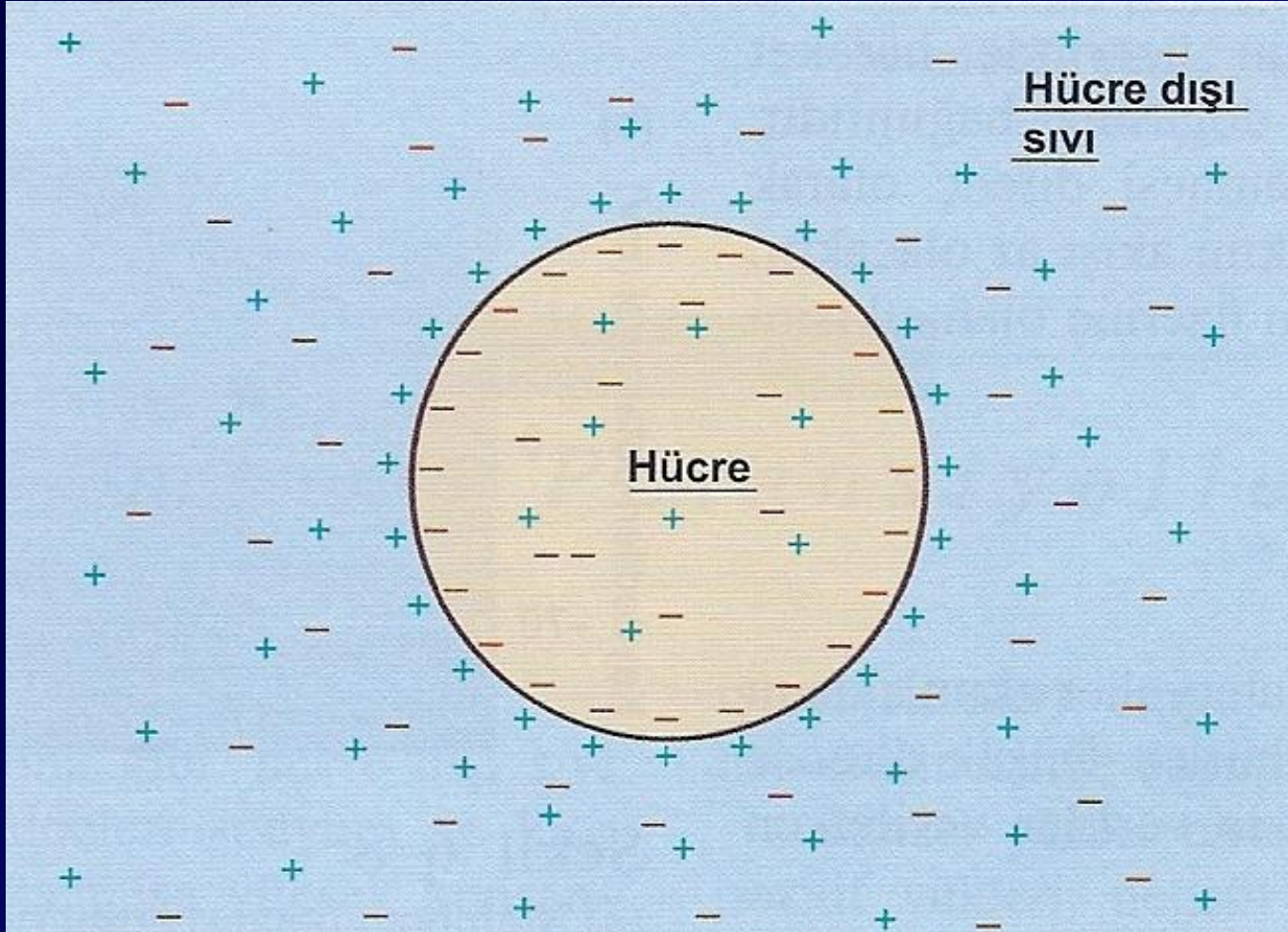
R: Gaz sabiti

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.

- Dinlenme zar potansiyeli esas olarak iki etmene bağlıdır:
 - İçi ve dışı 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

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

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

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

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

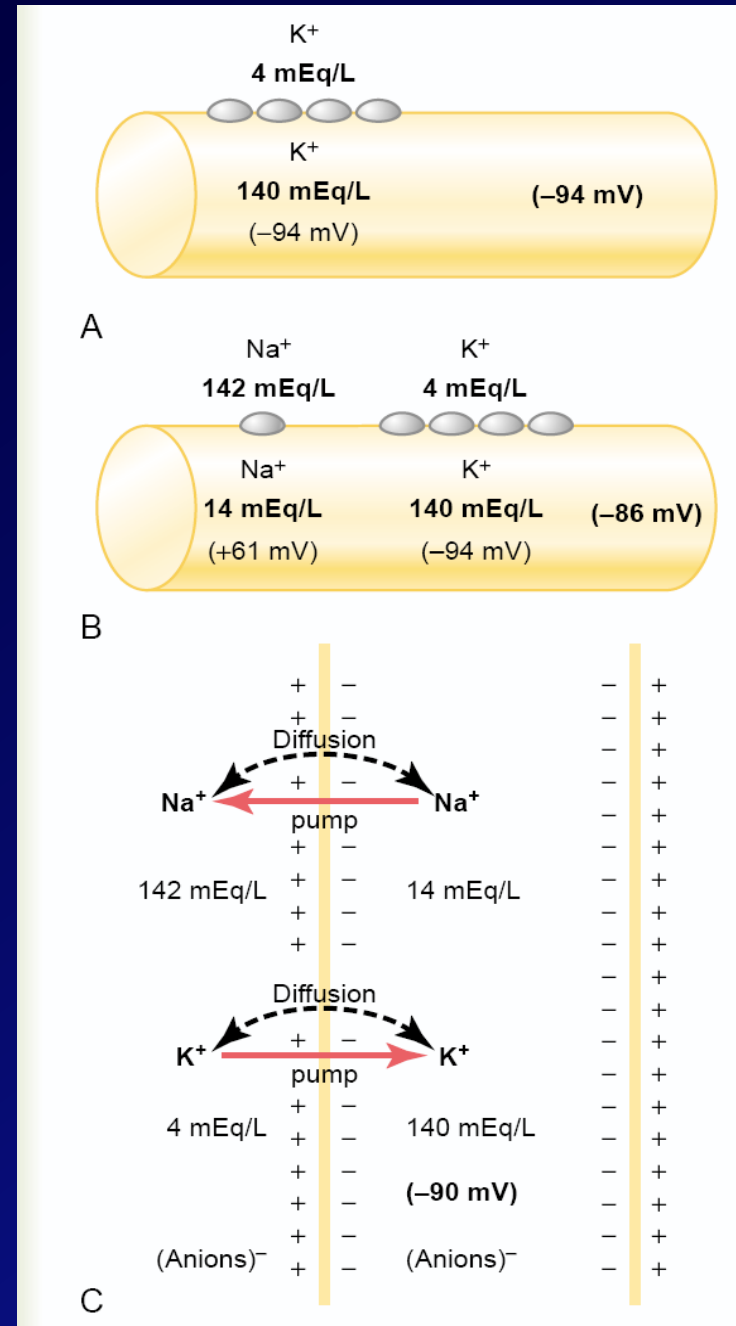
	EXTRACELLULAR FLUID	INTRACELLULAR FLUID
Na ⁺	142 mEq/L	10 mEq/L
K ⁺	4 mEq/L	140 mEq/L
Ca ⁺⁺	2.4 mEq/L	0.0001 mEq/L
Mg ⁺⁺	1.2 mEq/L	58 mEq/L
Cl ⁻	103 mEq/L	4 mEq/L
HCO ₃ ⁻	28 mEq/L	10 mEq/L
Phosphates	4 mEq/L	75 mEq/L
SO ₄ ⁼	1 mEq/L	2 mEq/L
Glucose	90 mg/dl	0 to 20 mg/dl
Amino acids	30 mg/dl	200 mg/dl ?
Cholesterol	} 0.5 g/dl	} 2 to 95 g/dl
Phospholipids		
Neutral fat		
PO ₂	35 mm Hg	20 mm Hg ?
PCO ₂	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

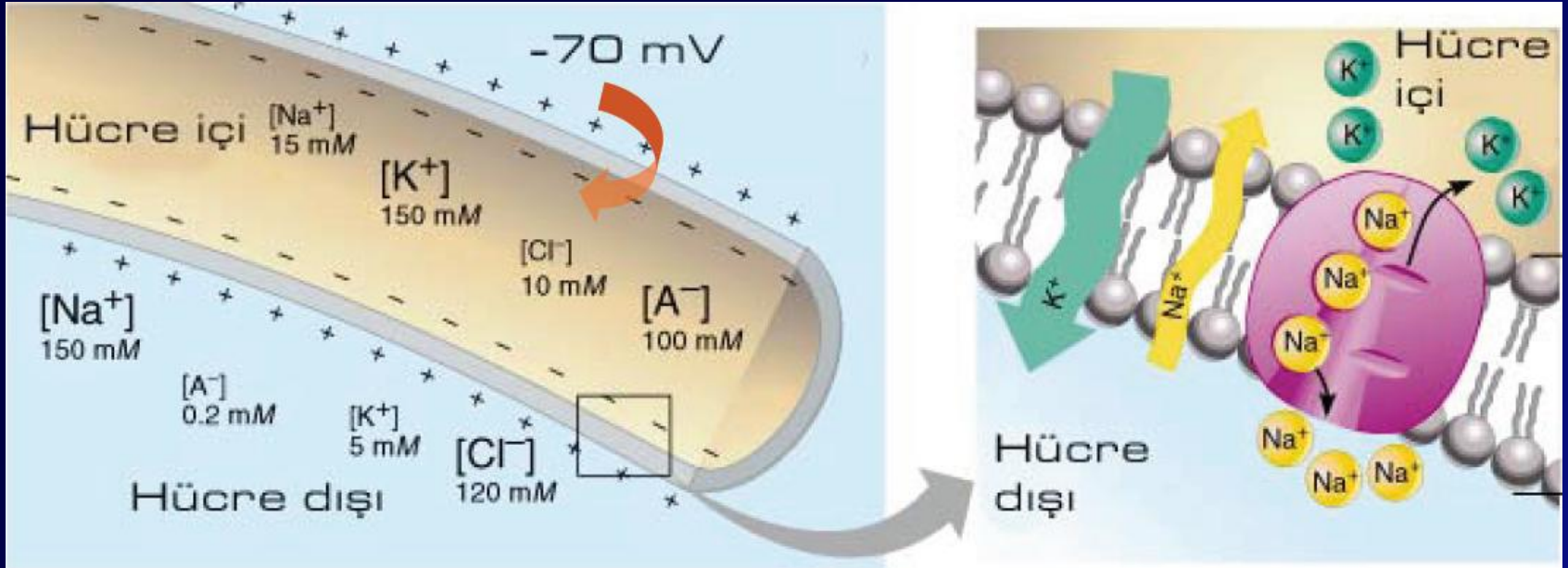
~ -70 mV

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

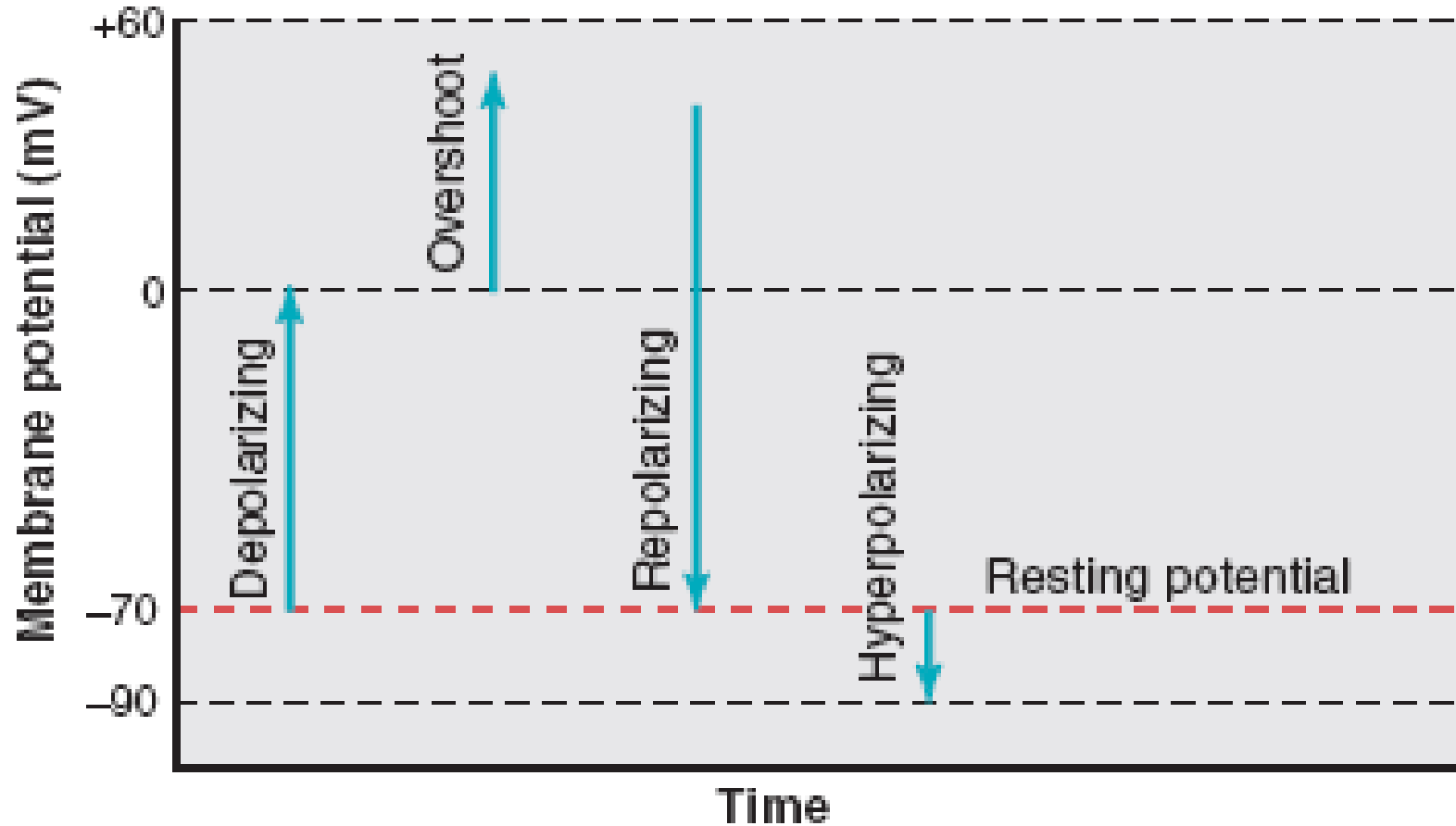


K^+ sızma kanalları

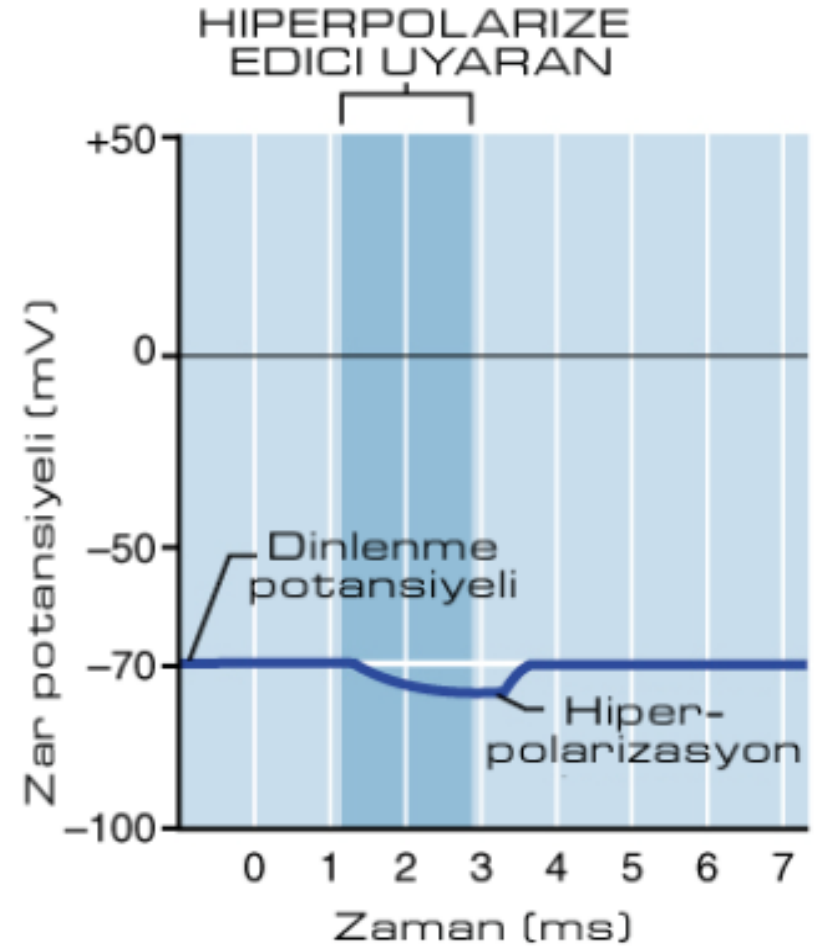
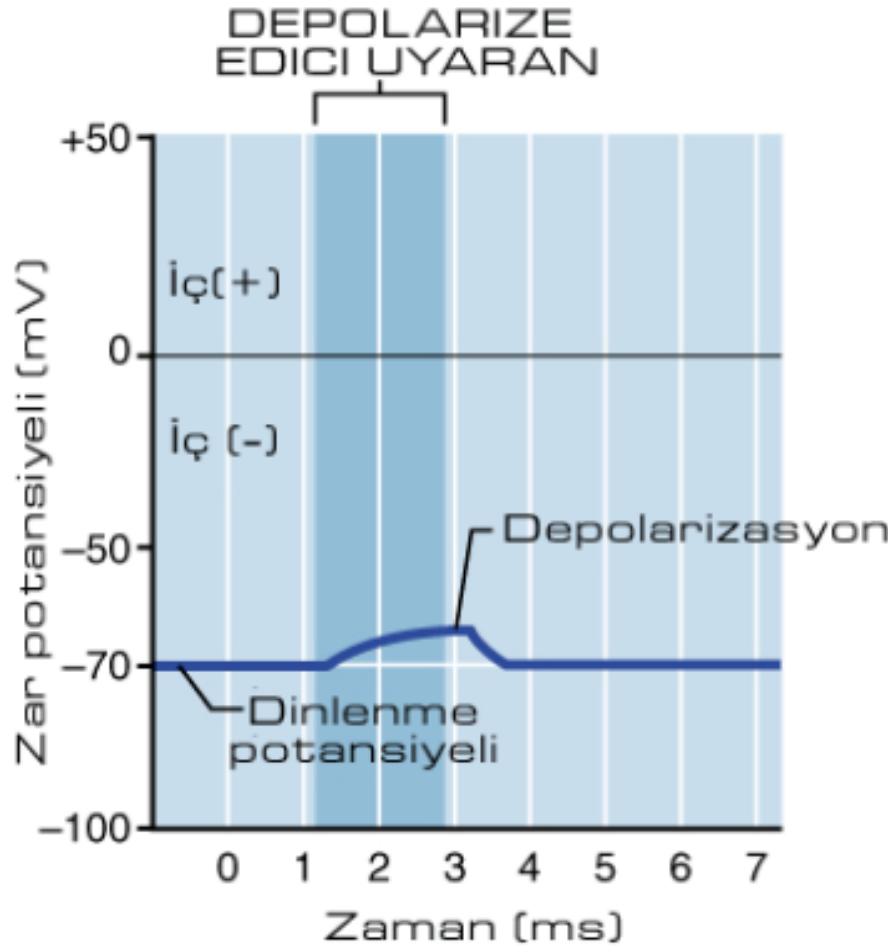
Na^+ sızma kanalları

$Na^+ - K^+$ ATPaz

Terminoloji

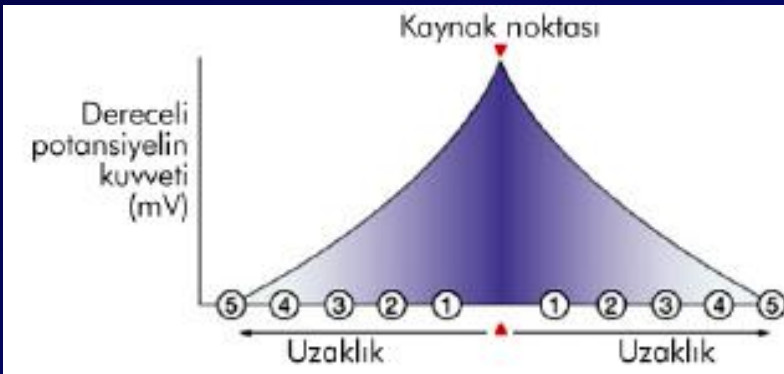
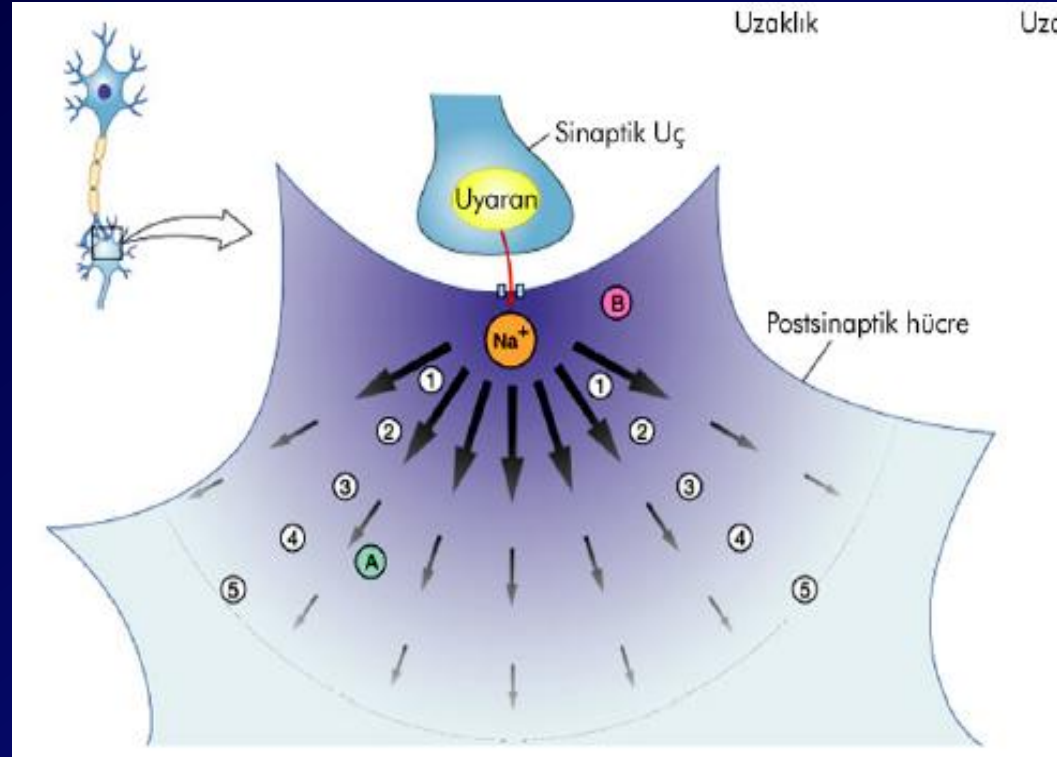


Zar Potansiyeli Değişimleri



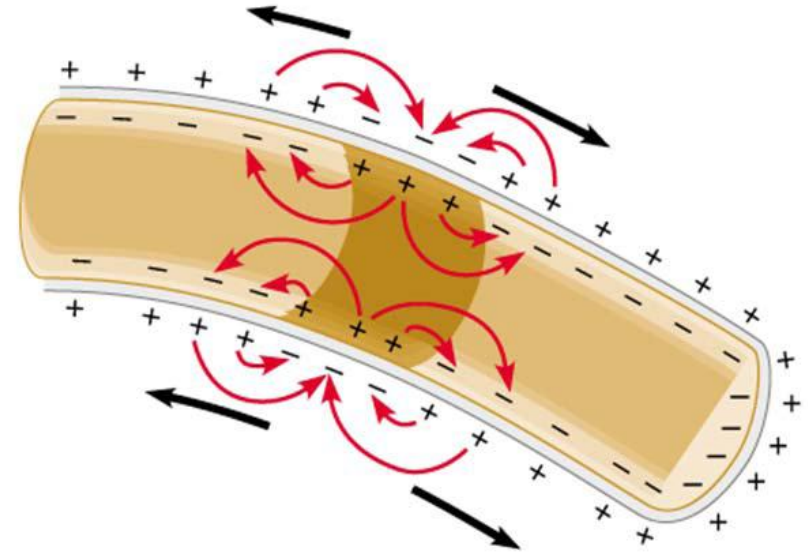
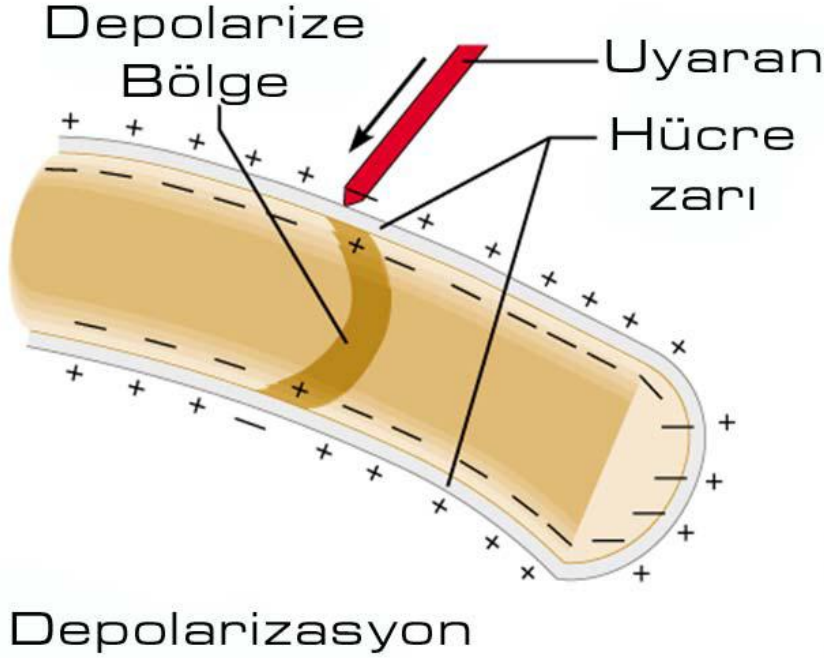
Dereceli potansiyeller

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



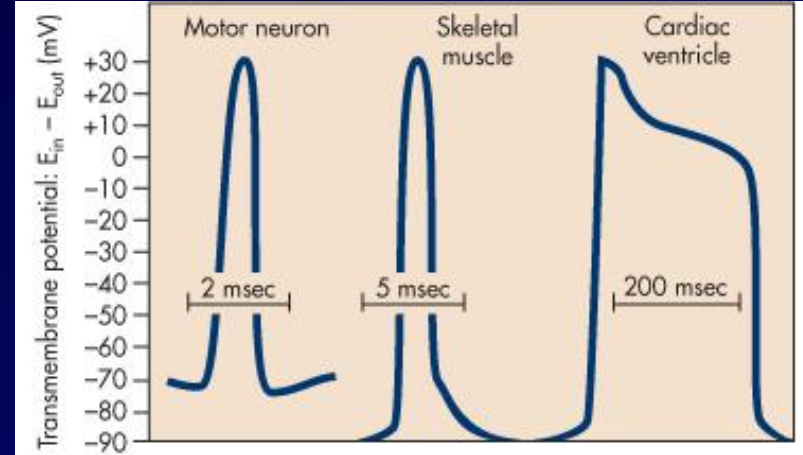
Reseptör potansiyeli
Sinaptik potansiyeller

Dereceli potansiyeller

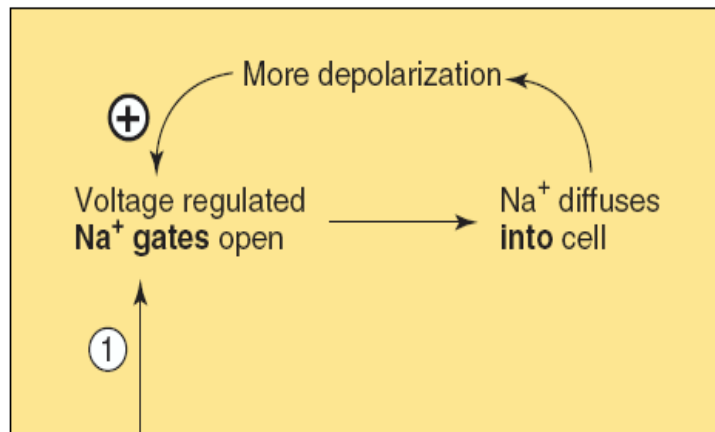


Aksiyon potansiyeli

- 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

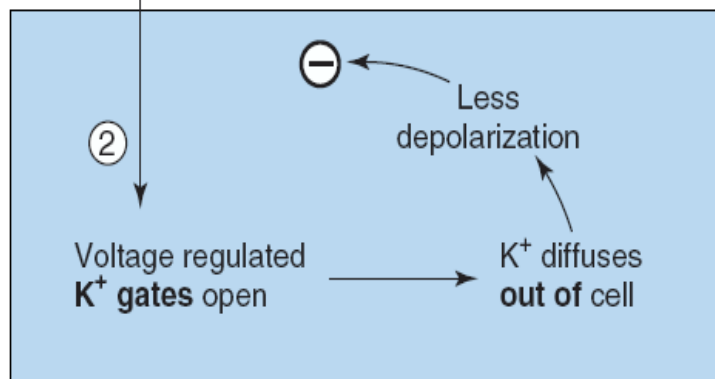


Aksiyon potansiyeli

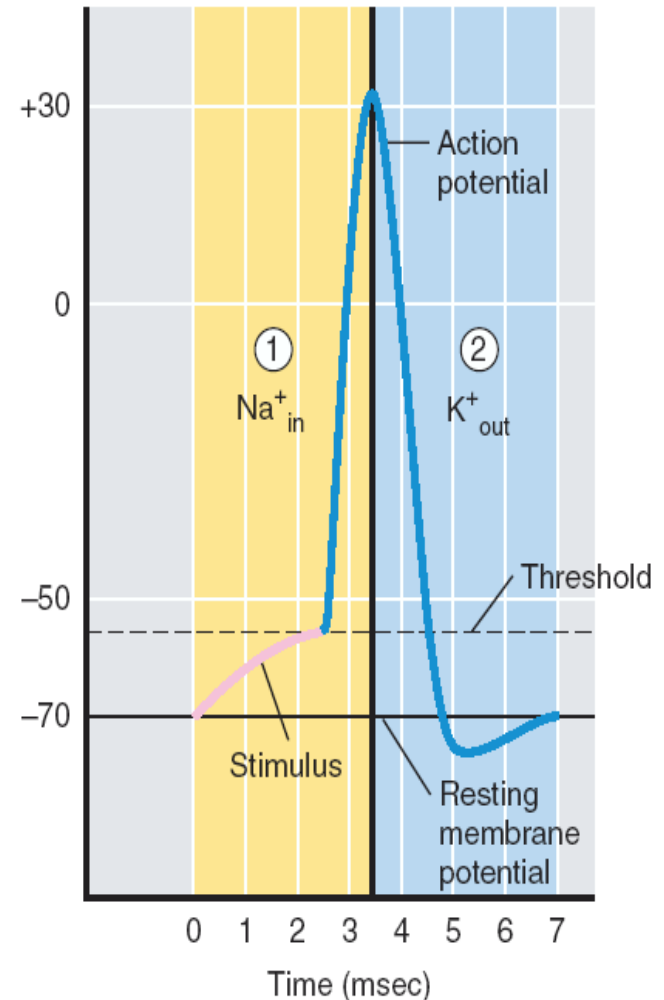


Membrane potential depolarizes from -70 mV to +30 mV

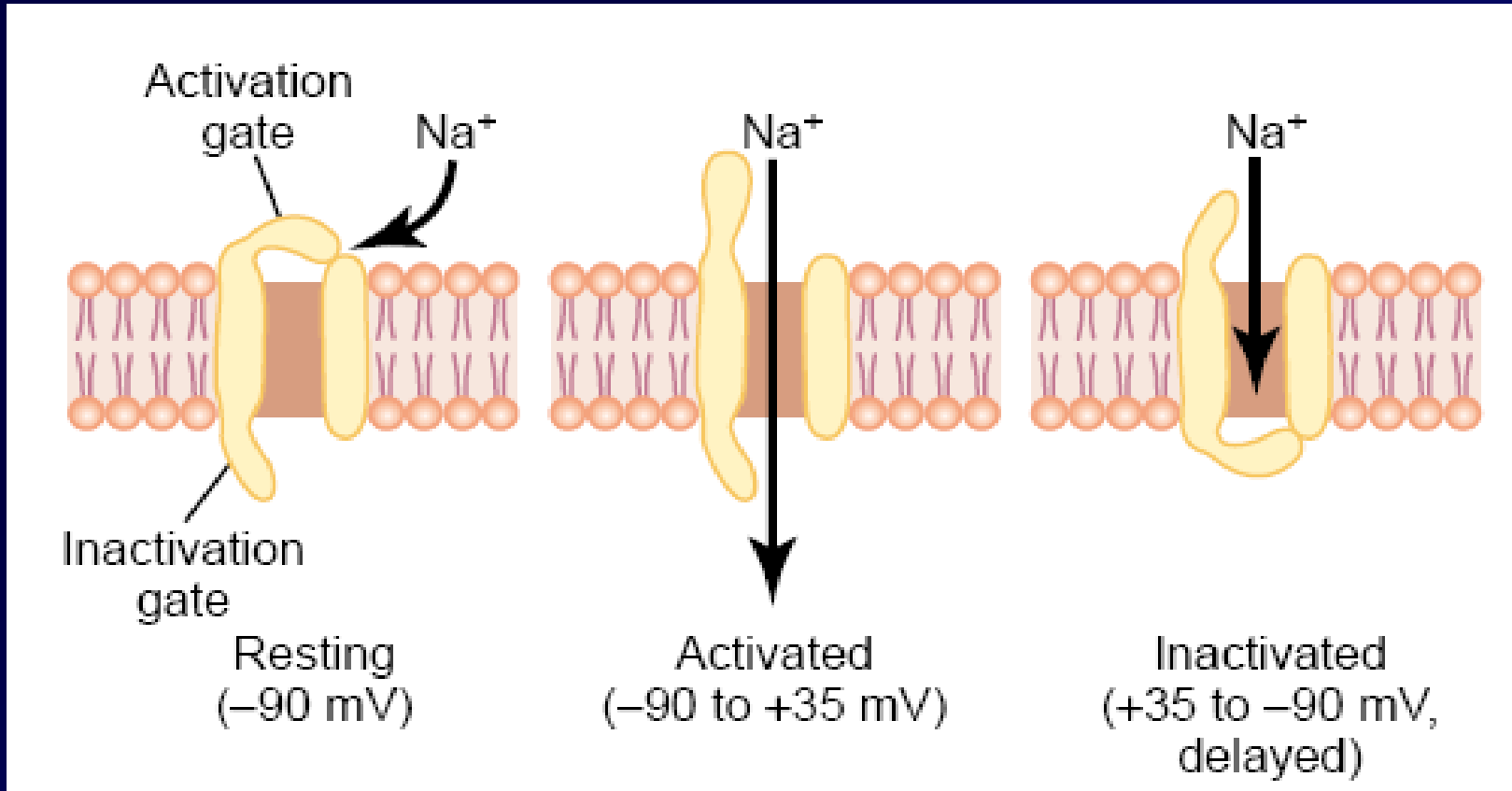
Depolarization stimulus



Membrane potential repolarizes from +30 mV to -70 mV

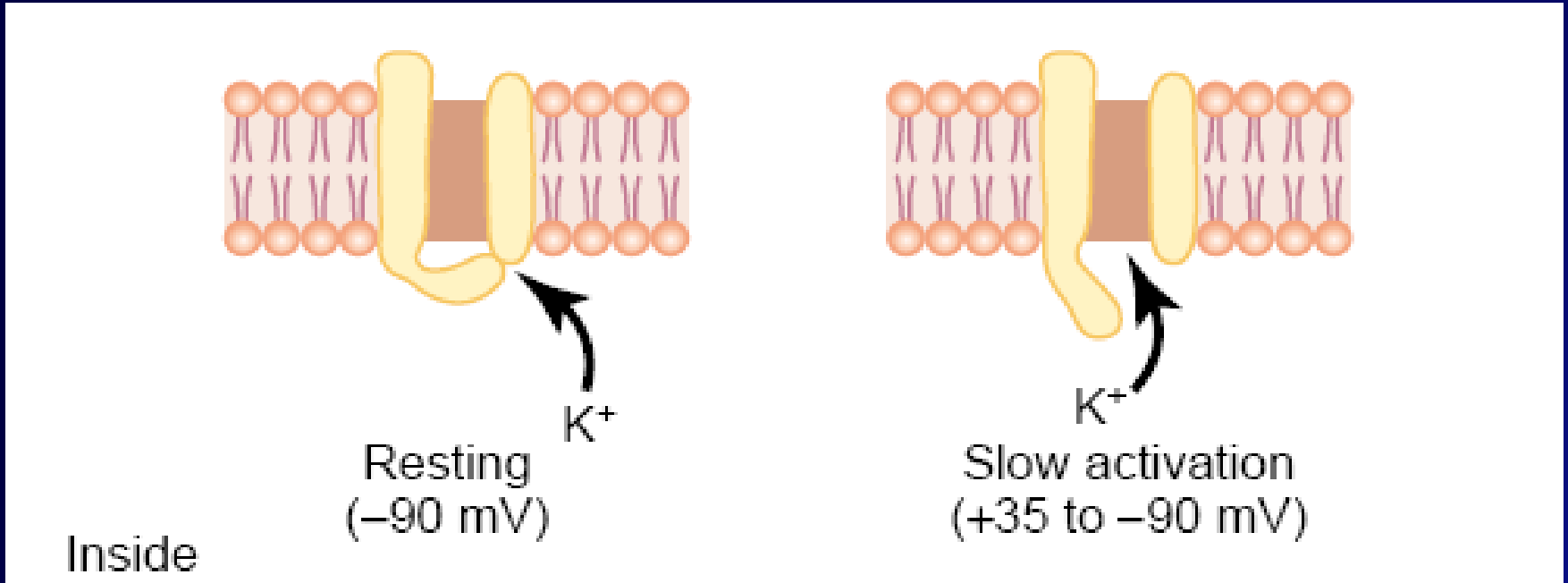


Voltaj Kapılı Na⁺ Kanalları



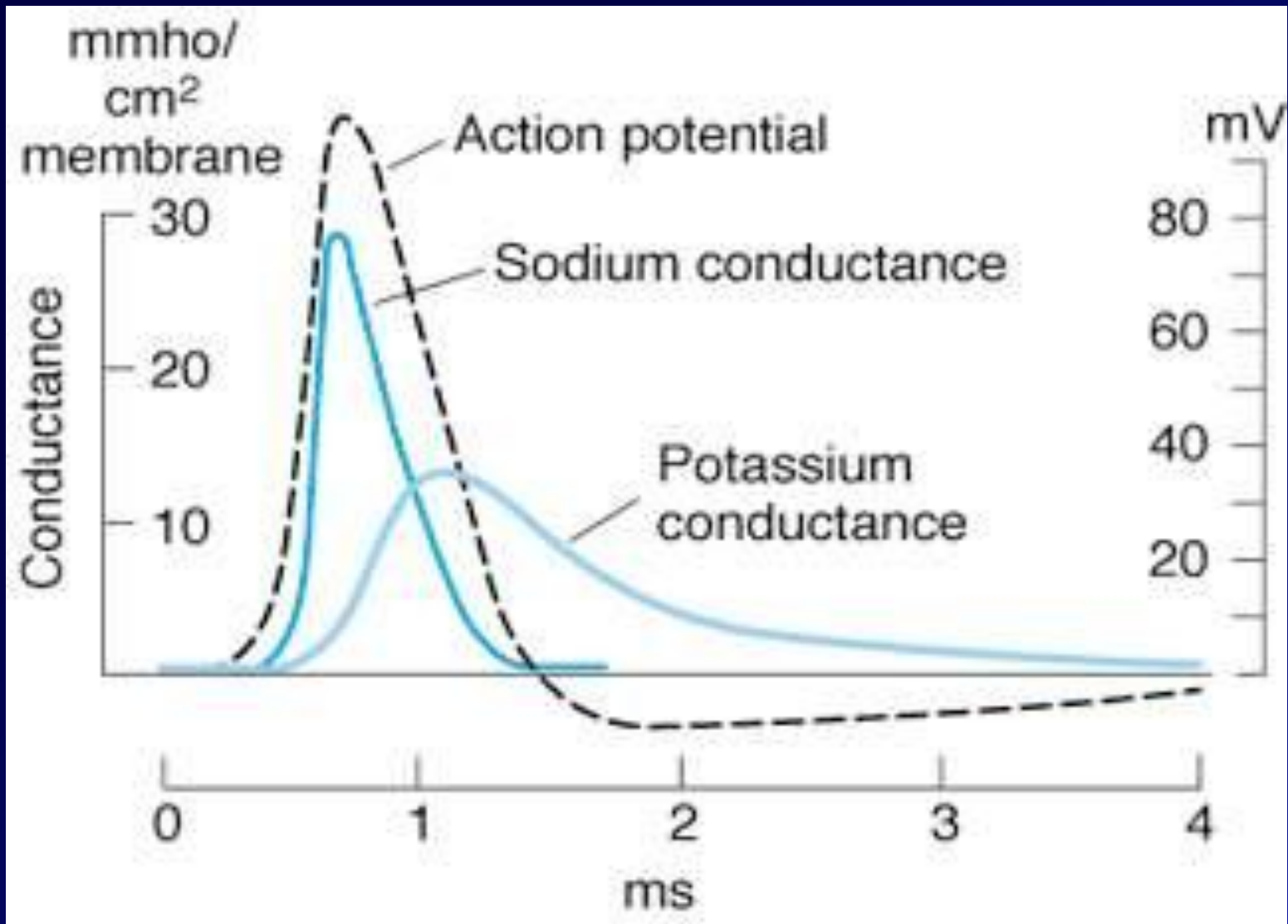
Lokal anestezik (lidokain) maddeler tetrodotoxin (TTX) ve saxitoksin (STX) tarafından bloke edilmektedir.

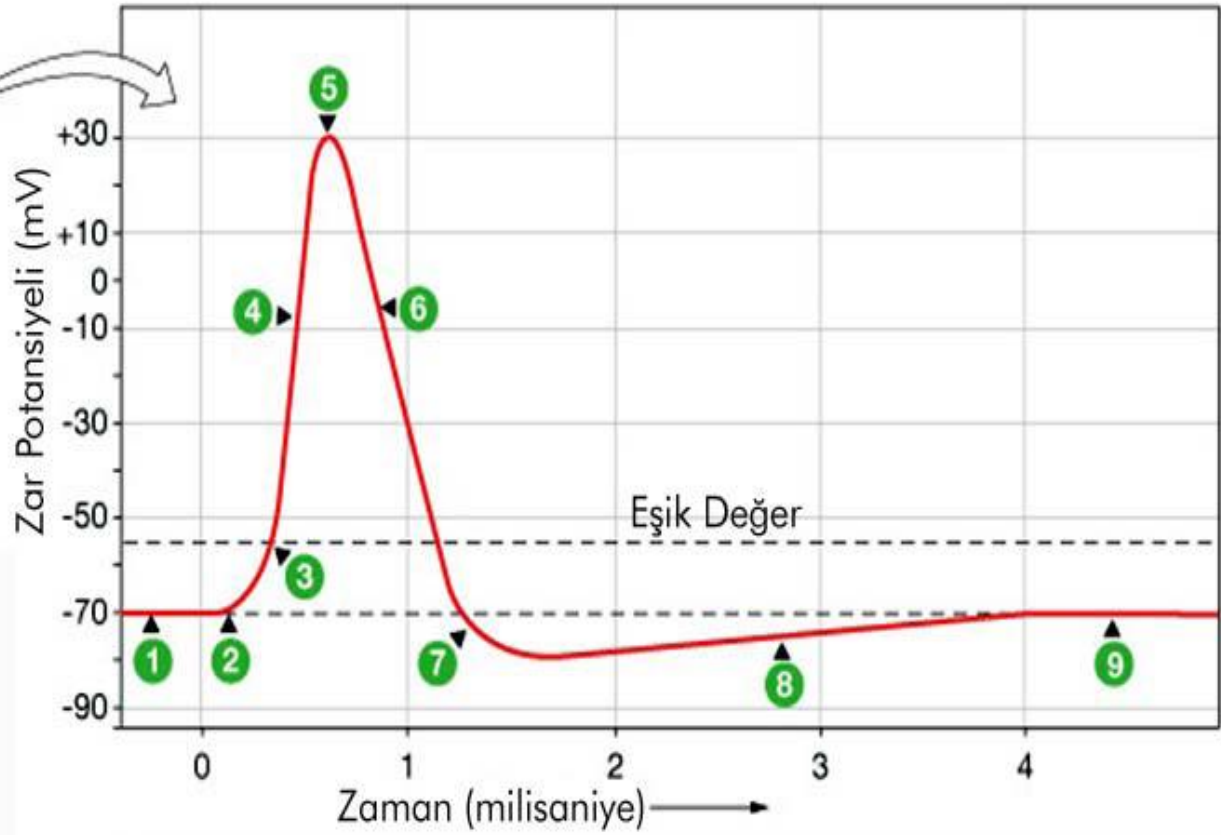
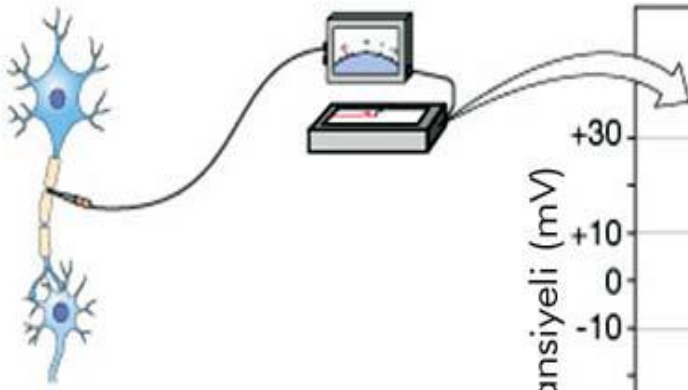
Voltaj kapılı K^+ kanalları



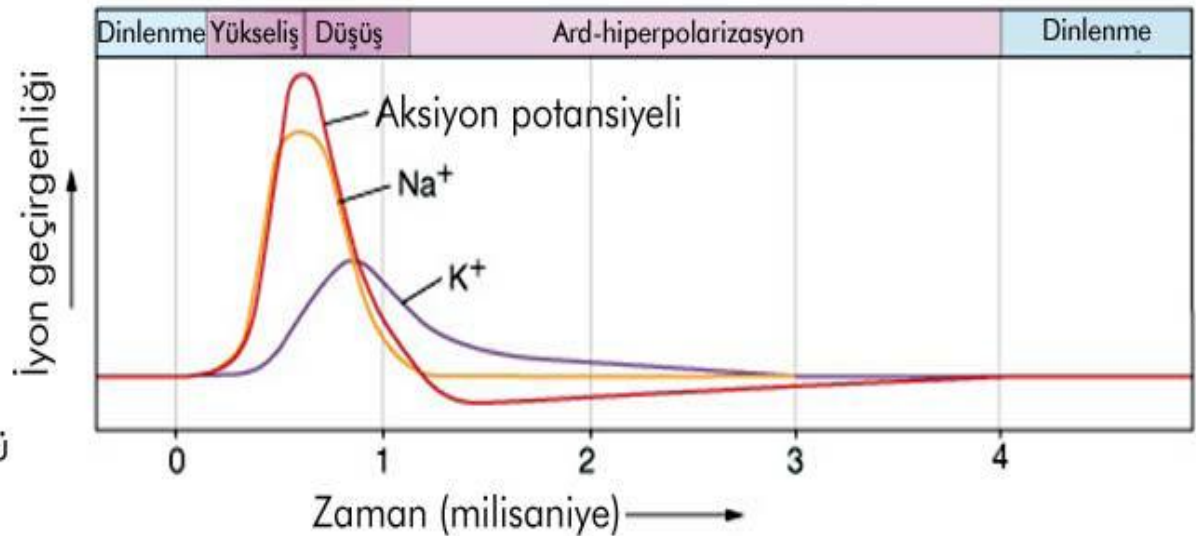
İnsülin eksikliği → Hiperkalemi → Depolarizasyon
→ Uyarılabilirlik ?

Pozitif ard potansiyel

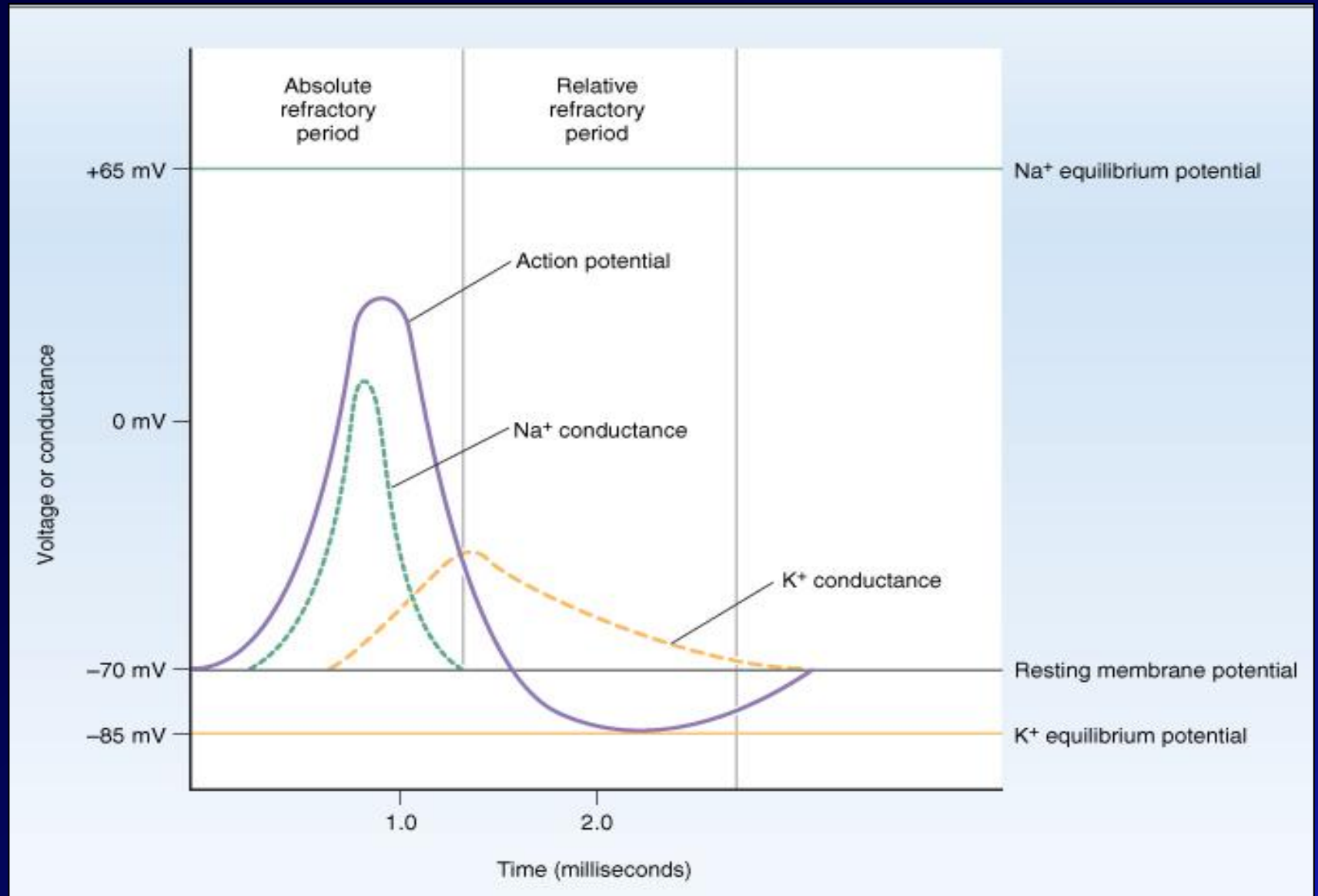




- 1 Dinlenme potansiyeli
- 2 Depolarizasyon
- 3 Voltaj kapılı hızlı sodyum kanallarının açılması, hücre içine Na girişi; voltaj kapılı K kanallarında yavaş açılma
- 4 Hızlı Na girişi ve depolarizasyon
- 5 Na kanallarının kapanması, yavaş K kanallarının açılması
- 6 Potasyumun HDS'ya hareketi
- 7 Potasyum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



Refraktör Dönem



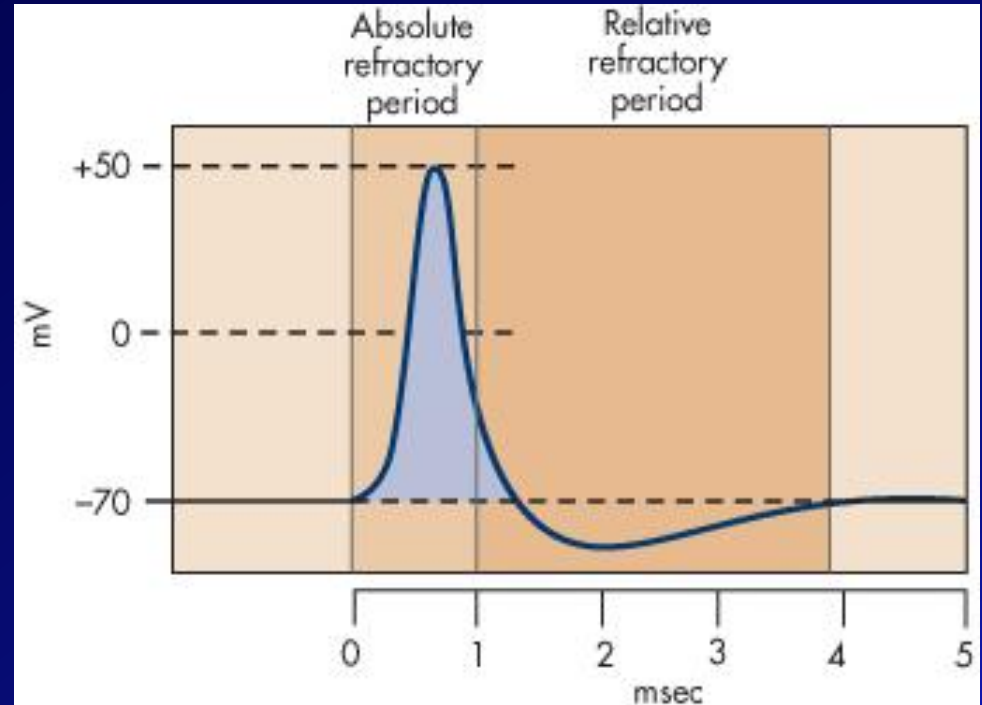
Refraktör Dönem

Mutlak refraktör dönem

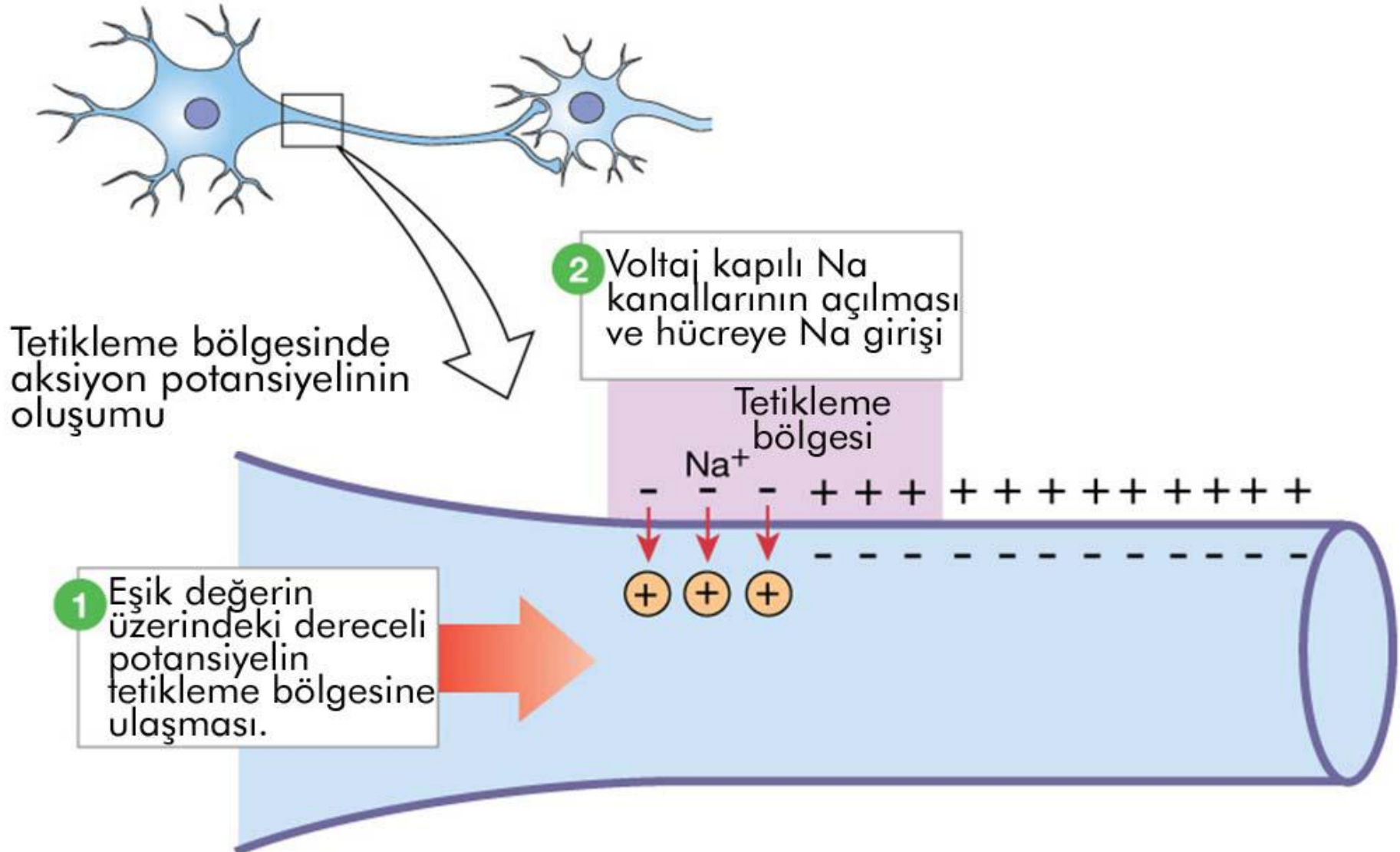
- Na kapıları aktive edilemez
- Yeni bir AP oluşturulamaz

Rölatif refraktör dönem

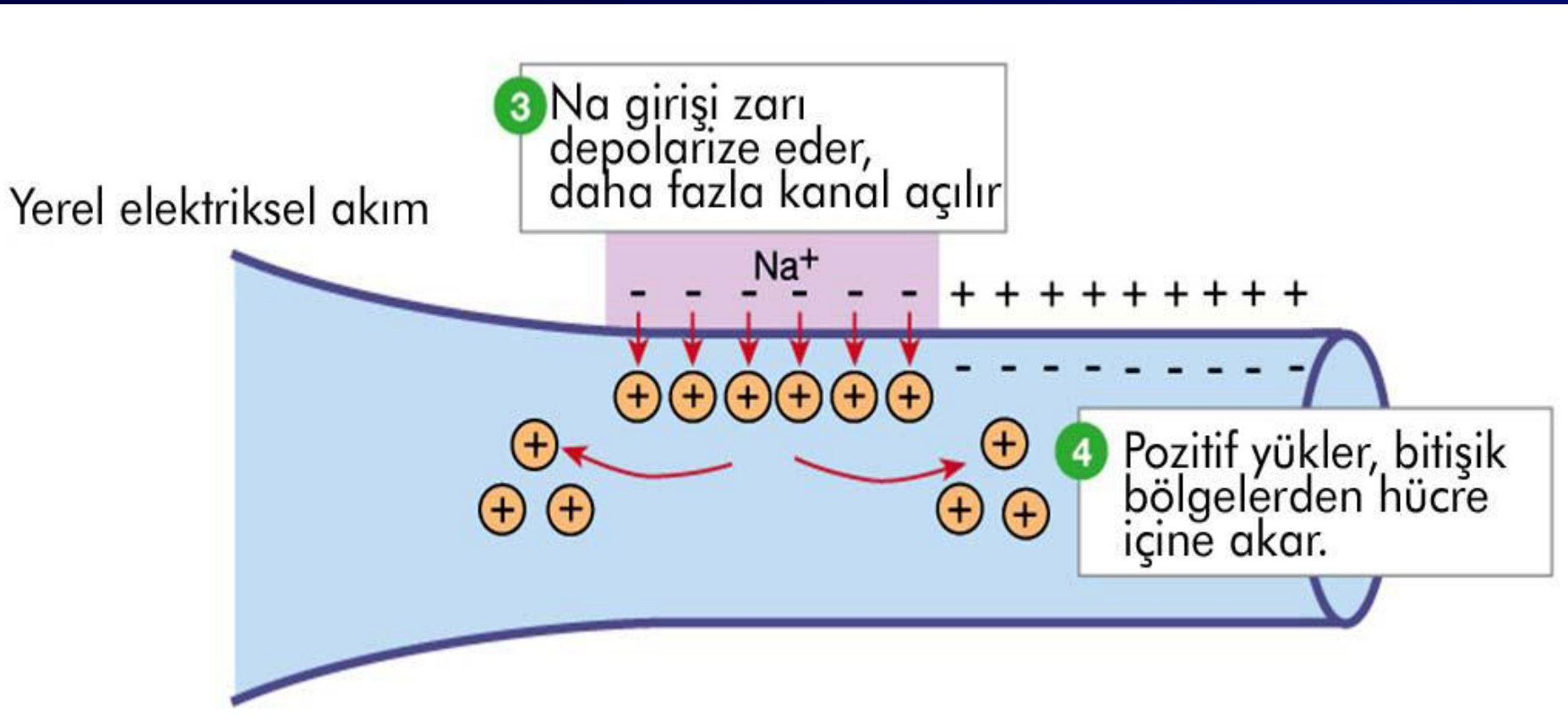
- Na kapıları açık
- K kapıları açık



Aksiyon Potansiyelinin İletimi



Aksiyon Potansiyelinin İletimi



Aksiyon Potansiyelinin İletimi

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

Duyarsız bölüm

Aktif bölge

İnaktif bölge

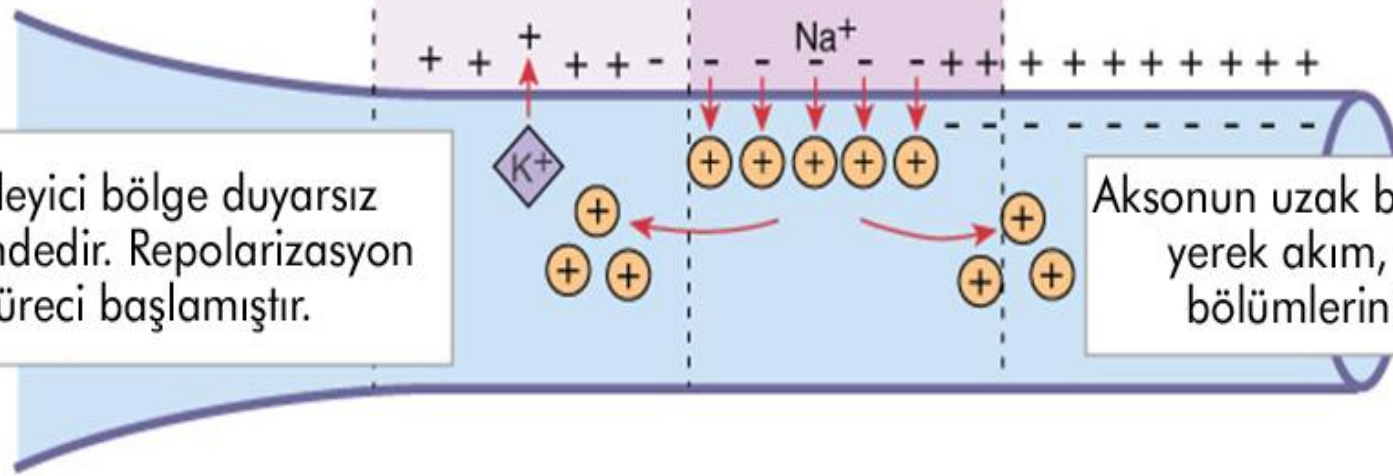
+ + + + + - - - - - + + + + + + + + + + +

Tetikleyici bölge duyarsız dönemdedir. Repolarizasyon süreci başlamıştır.

K^+

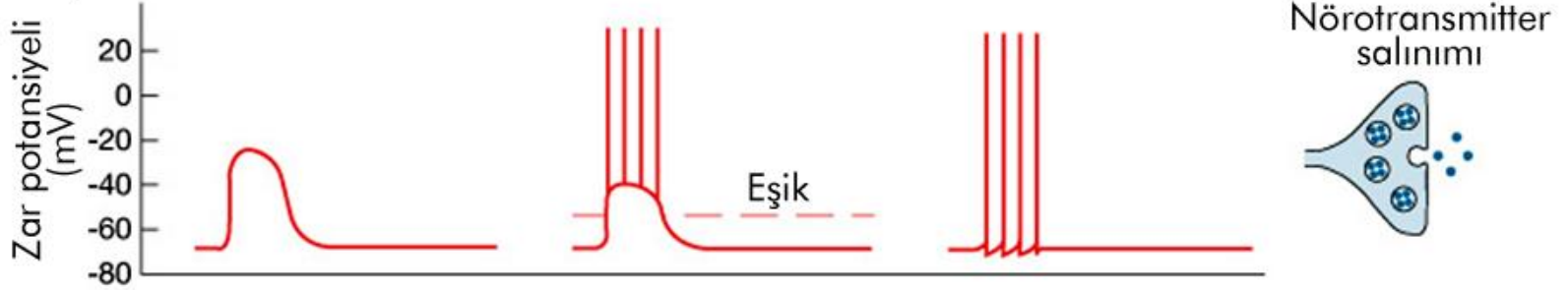
Na^+

Aksonun uzak bölümlerinde yerek akım, yeni zar bölümlerini uyarır.

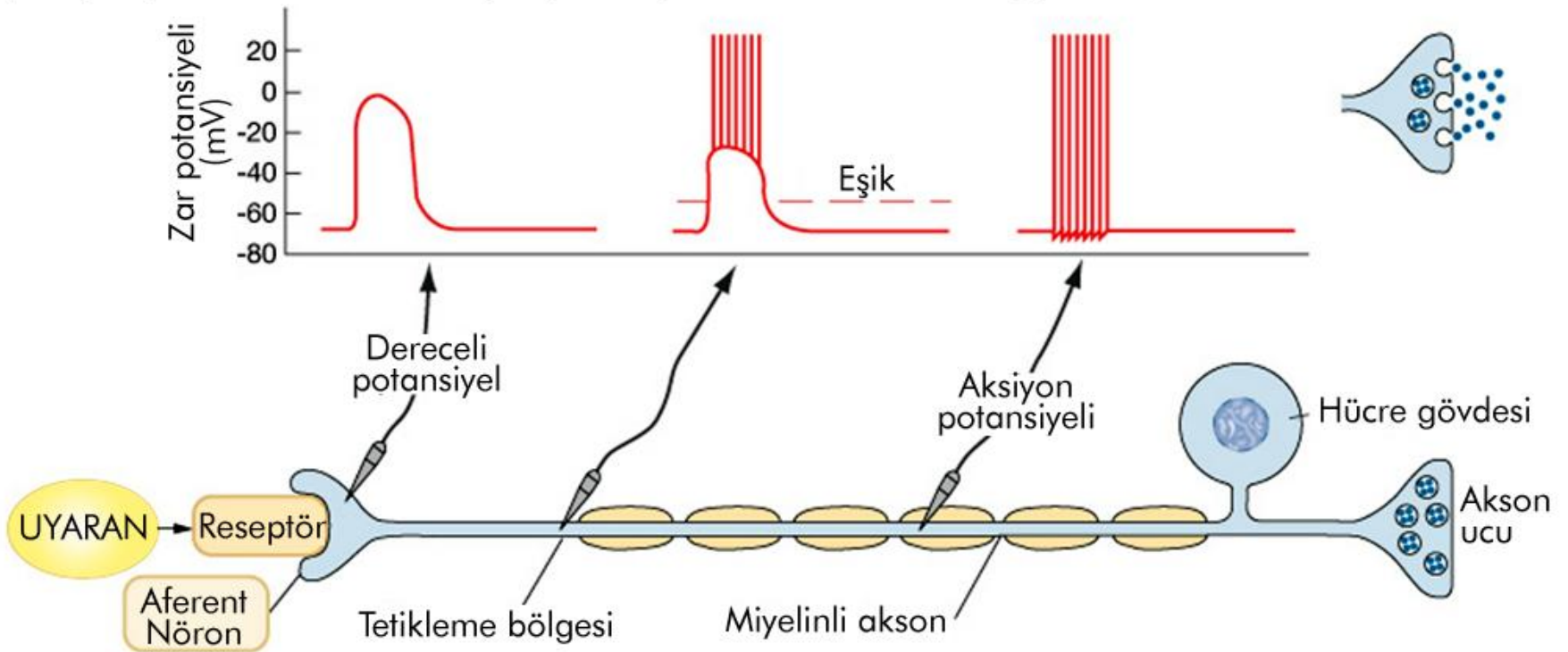


Aksiyon Potansiyelinin Sıklığı

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

