

İlk bölümde nöronun genel yapısını tanıdık. Şimdi asıl 'büyüye', bu kabloların içinden geçen elektriğin hikayesine odaklanacağız. Bu bölüm, AYT Biyolojinin sayısal mantığa en yakın olduğu ve grafik yorumlama becerisi gerektiren kısmıdır.

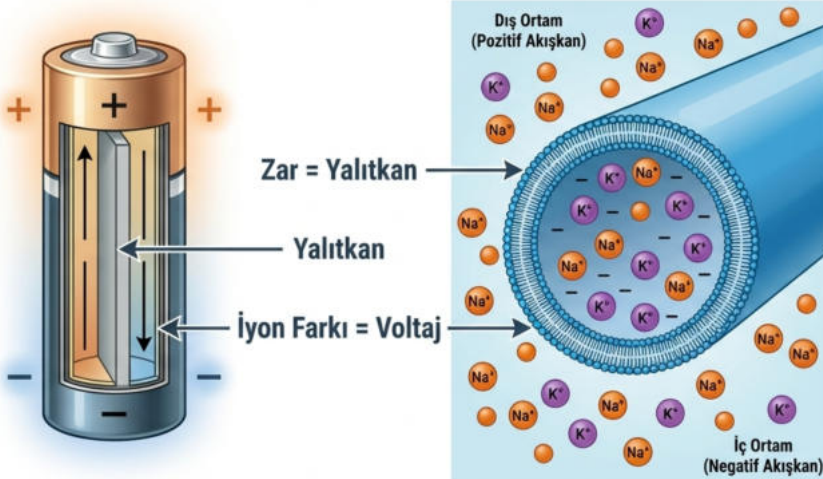
BÖLÜM 2: İMPULS OLUŞUMU VE İLETİMİ

Nöron Zarındaki Elektriksel Dans – 11. Sınıf Biyoloji / AYT Hazırlık



Motivation Box: Korkma! Karmaşık görünen Polarizasyon - Depolarizasyon grafiğini öyle bir kodlayacağız ki, sınavda gözün kapalı çizebileceksin.

A. NÖRON ZARINDAKİ YÜK DEĞİŞİMLERİ: PİL BENZETMESİ



Bir **nöronu**, içi sıvı dolu ve zarı olan bir pil gibi düşün. Bu pilin çalışması için **Sodyum (Na^+)** ve **Potasyum (K^+)** iyonlarının yer değiştirmesi gerekir.

Bu süreci 3 ana evrede inceleyeceğiz. Bu evrelerin tamamına **Aksiyon Potansiyeli (İmpuls)** denir.

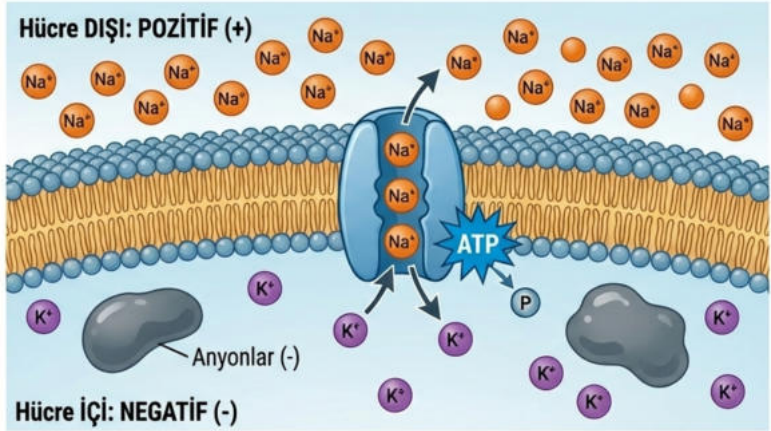
1. POLARİZASYON (DİNLENME / BEKLEME HALİ)

Durum: Nöron henüz bir uyarı almamıştır, 'hazır kıta' beklemektedir.

Mekanizma:

- Zar üzerindeki **Na⁺ - K⁺** Pompası sürekli çalışır.
- Bu pompa, **3 Sodyumu (Na⁺)** zorla dışarı atar.
- **2 Potasyumu (K⁺)** zorla içeri alır.

Enerji: Bu iş derişim farkına zıt yapıldığı için **ATP HARCANIR.**



Dışarısı **Na⁺** dolu, içerisi **K⁺** dolu ve **anyonlar (negatif proteinler)** yüzünden negatif.

💡 Akılda Tutma Taktiği:
Polarizasyon → Pasif duruş ama Pompa çalışıyor! (

2. DEPOLARİZASYON (UYARILMA / KUTUPLAŞMANIN BOZULMASI)

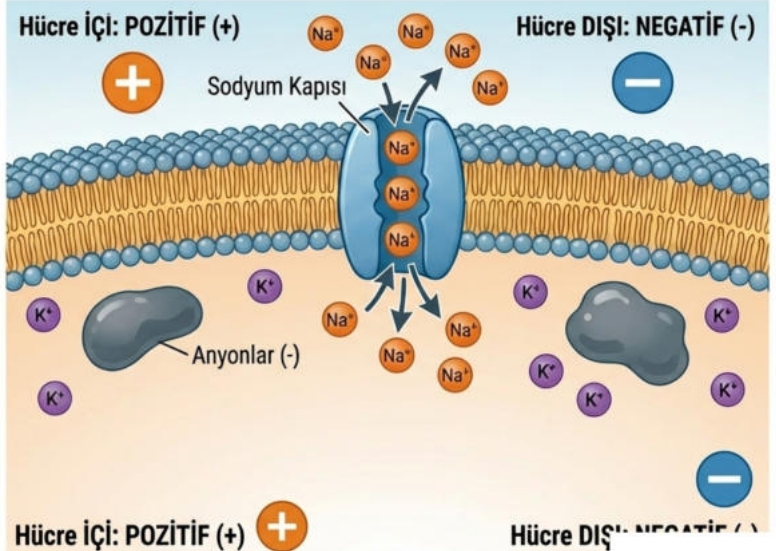
Tetikleyici: Nörona bir uyarı (iğne batması, ses vb.) geldi! Denge bozuluyor.

Olay Zinciri:

1. Zar üzerindeki **Sodyum (Na^+)** Kapıları açılır.
2. **Hareket:** Dışarıda sabırsızlıkla bekleyen Sodyumlar, "hücum!" diyerek içeriye dolar.
3. **Enerji:** Difüzyonla girerler, ATP harcanmaz.

Sonuç (Kutup Tersine Döndü):

- Sodyumların (+) girmesiyle hücrenin **İÇİ POZİTİF (+)** olur.
- Hücrenin **DIŞI NEGATİF (-)** olur.



3. REPOLARİZASYON (ESKİYE DÖNÜŞ)

Bağlam: İmpuls o bölgeden geçip gitti, şimdi ortalığı toplama zamanı.

Olay Zinciri:

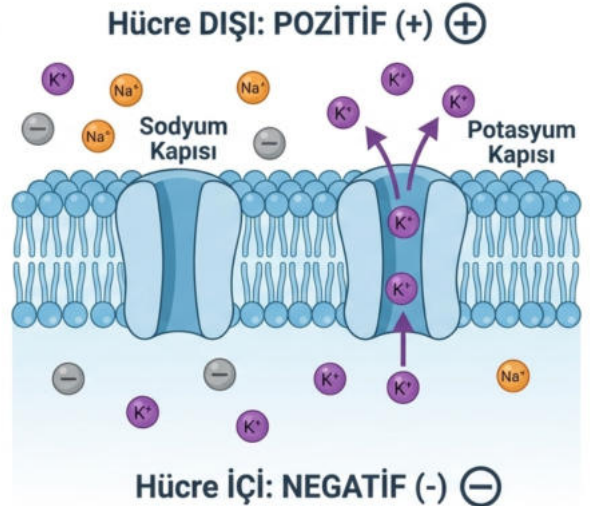
1. **Sodyum** kapıları kapanır.
2. **Potasyum (K⁺)** Kapıları açılır.
3. **Hareket:** İçerideki Potasyumlar (+), dengeyi sağlamak için hızla dışarı kaçar.
4. **Enerji:** Difüzyonla çıkarlar, ATP harcanmaz.

⚠ Kritik Soru:

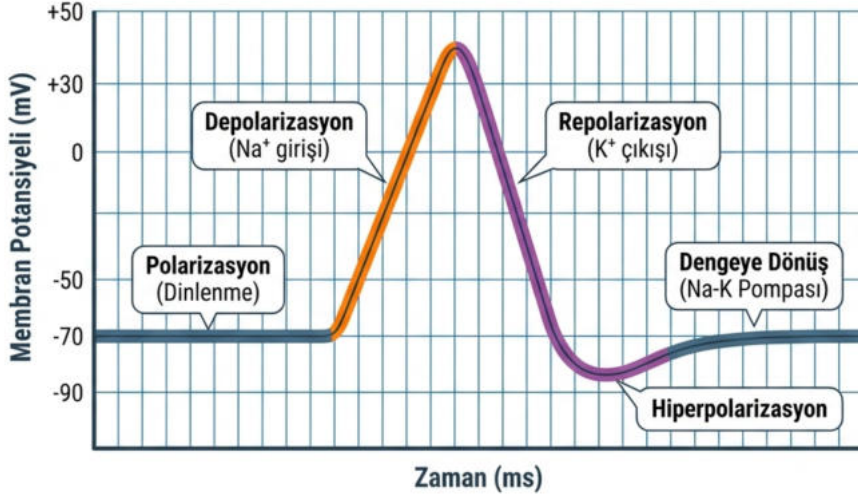
Soru: Yük farkı düzeldi (+/-), peki nöron tekrar uyarı almaya hazır mı?

Cevap: HAYIR! Çünkü orijinal konumda Na⁺ dışarıda, K⁺ içeride olmalıydı. Şu an tam tersi.

Çözüm: Tekrar Na-K Pompası devreye girmeli (Yeniden Polarizasyon).



GRAFİK ANALİZİ: VOLTAJ - ZAMAN İLİŞKİSİ



Lejant: İyon Hareketleri

-  Na⁺ Girişi (Depolarizasyon)
-  K⁺ Çıkışı (Repolarizasyon)

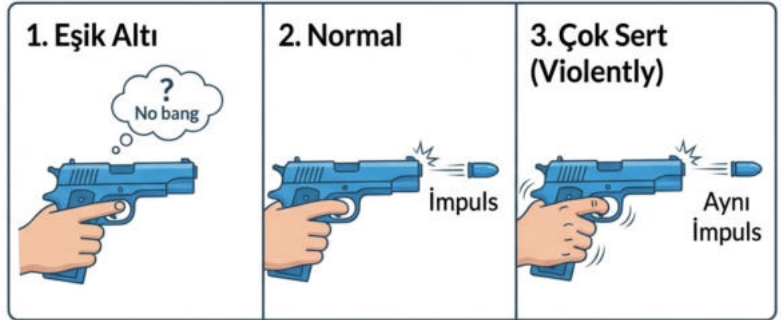
B. İMPULSUN ÖZELLİKLERİ VE 'YA HEP YA HIÇ' PRENSİBİ

Bir uyarının impuls oluşturabilmesi için gereken en düşük şiddete **Eşik Değer** denir.

Bir nörona;

- Eşik değerin altında uyarı
→ **HIÇ** tepki vermez.

- Eşik değeri ve üzerinde uyarı → **HEP** aynı şiddette ve aynı hızda tepki verir.



🔫 Günlük Hayat Örneği (Silah Tetiği):

- Tetiğe hafif dokunursan (eşik altı) → Patlamaz.
- Normal basarsan → Mermi çıkar.
- Çok sert basarsan → Mermi daha hızlı gitmez veya daha büyük patlamaz. Mermi (impuls) hep s...

BEYİN "ILIK SU" İLE "KAYNAR SUYU" NASIL AYIRT EDER?

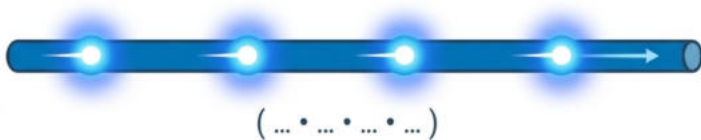
PROBLEM: Madem impulsun hızı ve şiddeti değişmiyor, nasıl farklı acı seviyeleri hissediyoruz?

CEVAP: Değişen şey impulsun yapısı değil, **SIKLIĞIDIR** (Frekansı).

ÖRNEK

- 💧 **Ilık Su:** Beyne saniyede 5 impuls gider. (tık... tık... tık...)
- 🔥 **Kaynar Su:** Beyne saniyede **500 impuls** gider. (tık, tık, tık, tık!)

Ilık Su (Zayıf Uyarı)

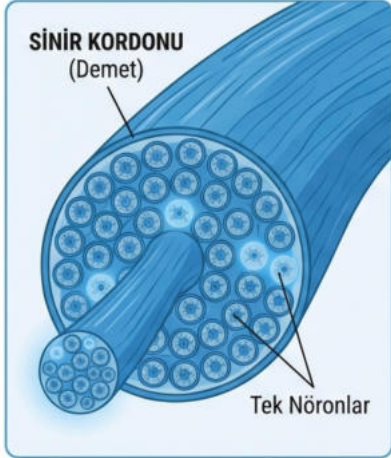


Kaynar Su (Güçlü Uyarı)



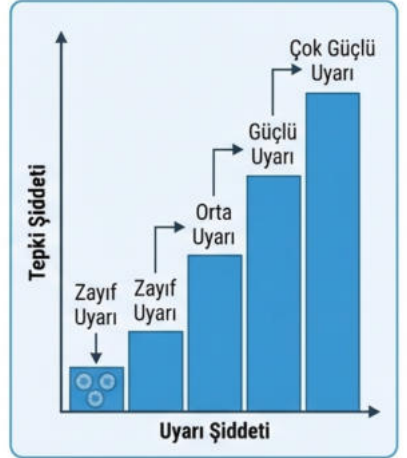
EK BİLGİ: Uyarı şiddeti artarsa, uyarılan nöron sayısı da artar.

MERDİVEN ETKİSİ (SİNİR KORDONU)



⚠ Dikkat: "Ya hep ya hiç" kuralı **TEK BİR NÖRON** (veya tek kas teli) için geçerlidir.

1. Çok sayıda nörondan oluşan bir SİNİR DEMETİNDE (KORDONUNDA) her nöronun eşik değeri farklıdır.
2. Uyarı arttıkça, uyarılmaya katılan nöron sayısı artar.
3. Tepki, merdiven basamakları gibi artış gösterir.



C. İMPULS İLETİM HIZINI ETKİLEYEN FAKTÖRLER

Bir nöronun hızı sabittir ancak farklı nöronlar arasında hız farkı vardır.

| | | |
|---|----------------------|--|
|  | Miyelin Kılıf | Varsa çok daha hızlıdır (Atlamalı iletim). Miyelinli: ~120 m/sn Miyelinsiz: ~12 m/sn |
|  | Akson Çapı | Çap arttıkça iç direnç azalır, iletim hızlanır. (Örnek: 4 şeritli otoban > 2 şeritli yol) |
|  | Sıcaklık | Belli bir dereceye kadar sıcaklık artışı difüzyonu ve iletimi hızlandırır. |
|  | Sinaps Sayısı | İmpuls en çok sinapslarda (duraklarda) vakit kaybeder. Az sinaps = Hızlı iletim. |

⊖ AMAN DİKKAT: Uyarı şiddeti, impuls iletim HIZINI DEĞİŞTİRMEZ!
(Sınavlarda en çok yapılan hata).

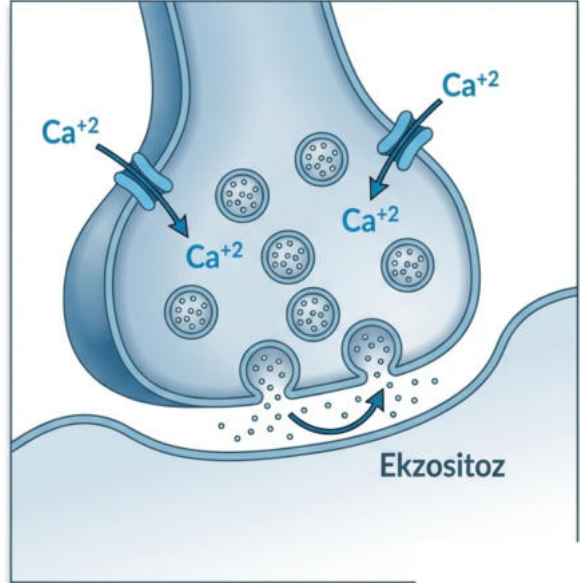
D. SİNAPSTA (DURAKLARDA) İLETİM: BÖLÜM 1

Sorun: İmpuls akson ucuna geldi, arada boşluk (Sinaps) var. Elektrik oradan atlayamaz.

Çözüm: İletim burada KİMYASAL yolla devam eder.

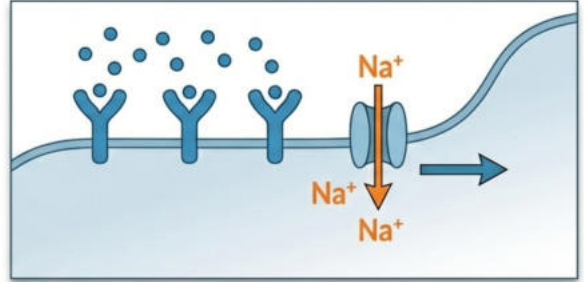
1. İmpuls akson ucuna gelir.
2. Hücre içine Kalsiyum (Ca^{+2}) girişi olur.
3. Sinaptik kesecikler zarla kaynaşır ve Nörotransmitter Maddeler (Asetilkolin, Dopamin, vb.) boşluğa dökülür.

Bu olayda ATP harcanır.



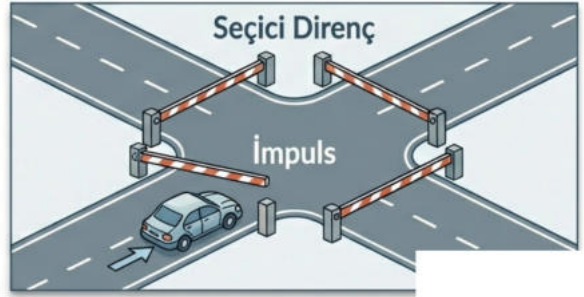
D. SİNAPSTA İLETİM: BÖLÜM 2 VE SEÇİCİ DİRENÇ

4. Nörotransmitter maddeler karşı nöronun reseptörüne bağlanır.
5. Karşı nöronda sodyum kapıları açılır.
6. Depolarizasyon başlar ve iletim devam eder.



Özel Durum: Seçici Direnç

- Sinapslar, her gelen uyarının tüm vücuda dağılmasını engeller.
- Sadece ilgili nörona geçit verilir, diğerleri durdurulur.
- **Örnek:** Sadece parmağınızı hareket ettirmek isterseniz, tüm kolun oynamaz.



BÖLÜM SONU ÖZETİ: UNUTMAMAN GEREKENLER

| AKSONDA İLETİM SÜREÇLERİ | | | |
|--------------------------|-------------------------|---------------|--------------|
| Süreç | Elektriksel Durum | Mekanizma | Enerji (ATP) |
| Polarizasyon | Dış (+), İç (-) | Pompa devrede | ATP var |
| Depolarizasyon | Na içeri girer, İç (+) | Difüzyon | ATP yok |
| Repolarizasyon | K dışarı çıkar, Dış (+) | Difüzyon | ATP yok |

ANAHTAR KURALLAR

- **Hız:** Miyelin ve Çap artarsa → Hız artar.
- **Şiddet:** Uyarı şiddeti artarsa → HIZ DEĞİŞMEZ, SAYI (Frekans) ARTAR.
- **İletim Tipi:** Aksonda Elektrokimyasal, Sinapsta Kimyasal (daha yavaş).

KONUYU PEKİŞTİREN KRİTİK SORULAR

Cevapları zihninde canlandır, emin olmadığın noktalar için ilgili slayta geri dön!

Soru 1: Repolarizasyon sonunda nöron elektriksel olarak nötrleşse de neden hemen yeni bir uyarı alamaz?

Soru 2: Dişçide yapılan lokal anestezi iğnesi, sodyum kapılarını bloke ederse ne olur? Acı hisseder miyiz?

Soru 3: İki farklı nörondan biri diğerinden daha hızlı iletim yapıyorsa, bu farkın sebepleri (anatomik olarak) neler olabilir?

Soru 4: 'Ya hep ya hiç' prensibine rağmen, neden sinir kordonlarında tepki şiddeti merdiven basamağı gibi artabilir?