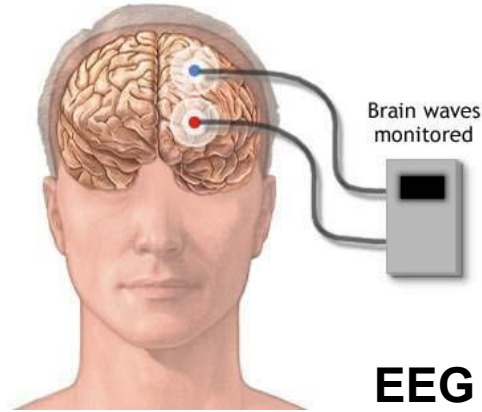


# Biyomedikal Mühendisliğine Giriş

# Biyomedikal Mühendisliği

## Ölçüm Teknikleri

- Fizyolojik sinyallerin tespiti, ölçülmesi ve izlenmesi
  - Biyosensörler, biyomedikal enstrüman



1903



ECG Monitoring in 2003

2003



Kablosuz EKG

## Ölçüm için yapılan örnekleme iki şekilde olur

### Dinamik Örnekleme:

Dinamik örneklemede bir dönüştürücü kullanılır ve ölçü sistemi, ölçülecek parametrelerdeki ani değişimlere cevap verebilecek özelliklere sahip olmalıdır. Örnek EKG sistemi

### Statik Örnekleme:

Statik örneklemede, üzerinde ölçüm yapılacak obje, canlı sistemden alınmıştır. Parmaktan kan alınması, bu örnekleme şekline bir örnektir.

### **Noninvasive Örnekleme**

Bu yöntemde dönüştürücünün objeyle teması yoktur, ölçümler daha güvenilirlidir. Fakat bu yöntemi kullanan ölçüm sistemi gerek tasarım ve gerekse kullanım açısından karmaşıktır.

### **İnvasive Örnekleme**

Bu yöntemde elektrodlar veya dönüştürücüler, deri yüzeyine veya vücut içerisine yerleştirilir. Bu nedenle, bu yöntem, hasta açısından daha tehlikelidir. Ancak, bu yöntemi kullanan sistemlerin tasarımları ve kullanımları daha kolaydır.

# Biyomedikal Mühendisliği

## Biyosensörler

- Enstrümantasyon sisteminin tüm bileşenleri önemli olsa da, sensör, enstrüman ile ölçülen sistem arasında arayüz oluşturmaları bakımından özel bir işlev görür.
- Biyomedikal enstrümantasyon durumunda, bir biyomedikal sensör, elektronik enstrüman ve biyolojik sistem arasındaki arayüzdür.
- Özellikle biyomedikal sensörler için geçerli olan bazı genel durumlar vardır:
  - i. *Tasarımında, sensörün varlığının, sensör ve biyolojik sistem arasındaki etkileşim yoluyla sensörün yakınında ölçülen değişkeni etkilememesi gerekir.*
  - ii. *Biyolojik sistem, sensörün performansını etkileyebilir. Yabancı cisim reaksiyonu, ölçülen sistemin sensörün materyallerini bozmasına neden olabilir. Bu aslında sensörü artık doğru bir şekilde çalışmayacak hale getirebilir. Bu yüzden, sensörün yapıldığı malzeme canlı yüzey/ortamda çalışmaya uygun olmalıdır.*
  - iii. *Vücuda implante edilen sensörlere kalibrasyon için erişilemez. Bu nedenle, sık kalibrasyonların gerekli olmaması için son derece kararlı özelliklere sahip olmaları gerekir.*

# Biyomedikal Mühendisliği

## Biyosensörler

- Biyomedikal sensörler nasıl kullanıldıklarına göre sınıflandırılabilir:
  1. İnvaziv olmayan biyomedikal sensörler
  2. Yerleşik sensörler
  3. İnvaziv biyomedikal sensörler
  
- Sensörleri ölçtükleri büyüklüklere göre de sınıflandırabiliriz:
  1. Fiziksel sensörler
  2. Kimyasal sensörler
  3. Biyo-analitik sensörler veya biyosensörler

# Biyomedikal Mühendisliği

## Biyosensörler

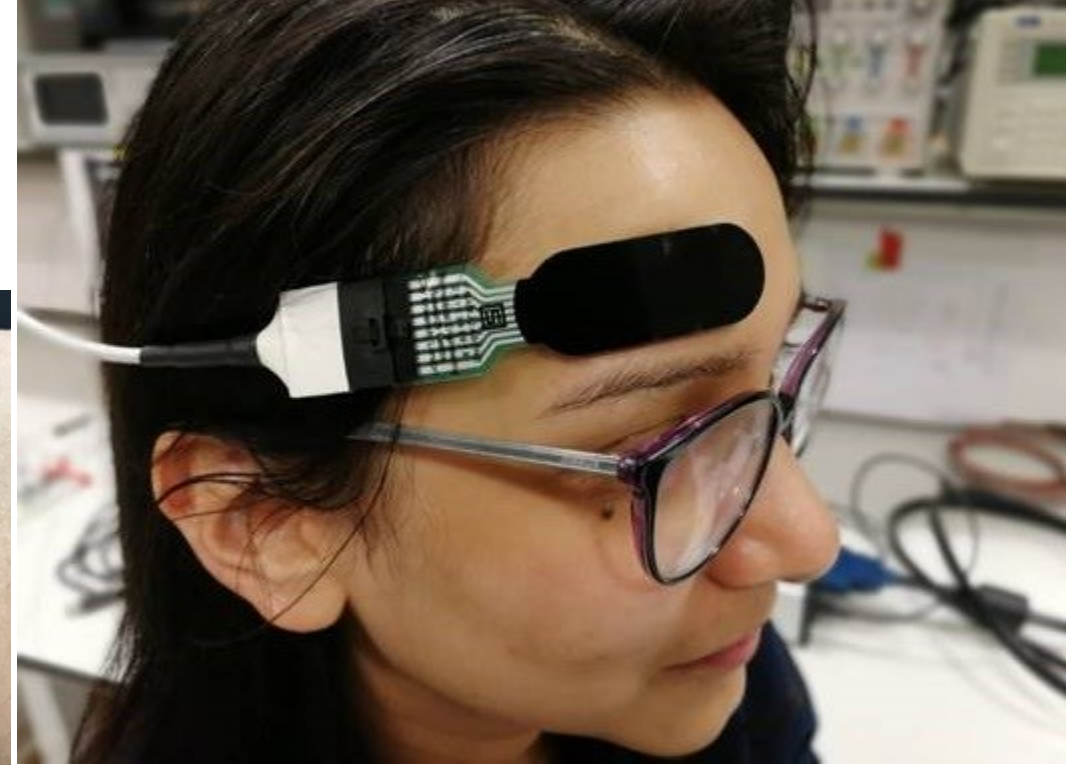
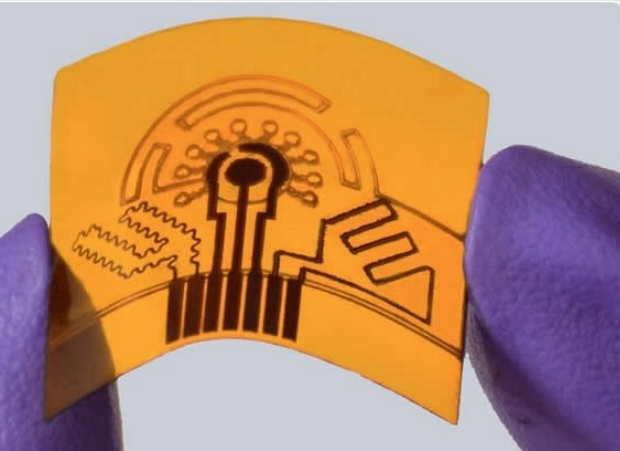
- Biyomedikal sensörler nasıl kullanıldıklarına göre sınıflandırılabilir:
  1. **İnvaziv olmayan sensörler**
  2. Yerleşik sensörler
  3. İnvaziv sensörler
- İnvaziv olmayan biyomedikal sensörler, ölçülen biyolojik sistemle temas bile etmeyebilir. Bir organizmadan yayılan ısı veya ses enerjisi sensörleri, temas etmeyen sensörlere örnektir. Cilt yüzeyi termometreleri, biyopotansiyel elektrotlar ve cilt üzerine yerleştirilen gerinim ölçerler gibi invaziv olmayan sensörler de vücut yüzeyine yerleştirilebilir.

# Biyomedikal Mühendisliği

## Biyosensörler

■ Biyomedikal sensörler nasıl kullanıldıklarına göre sınıflandırılabilir:

1. **İnvaziv olmayan sensörler**
2. Yerleşik sensörler
3. İnvaziv sensörler





# Biyomedikal Mühendisliği

## Biyosensörler

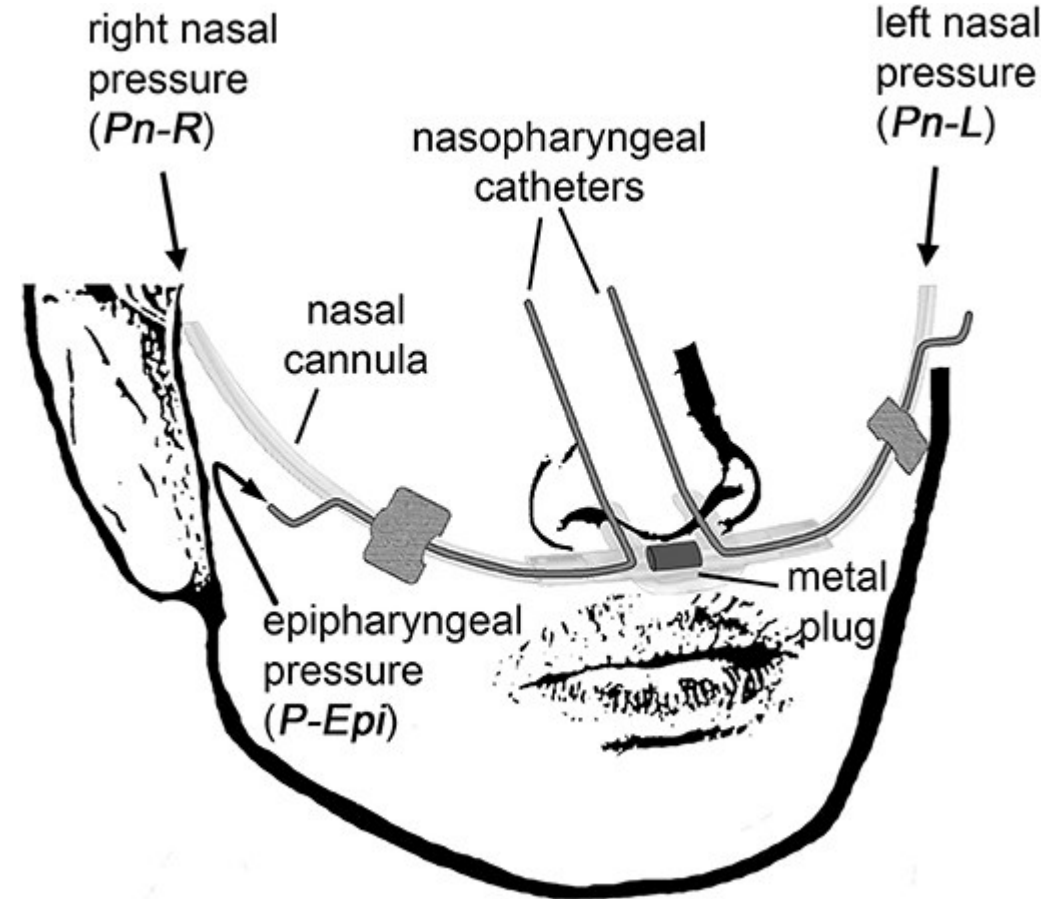
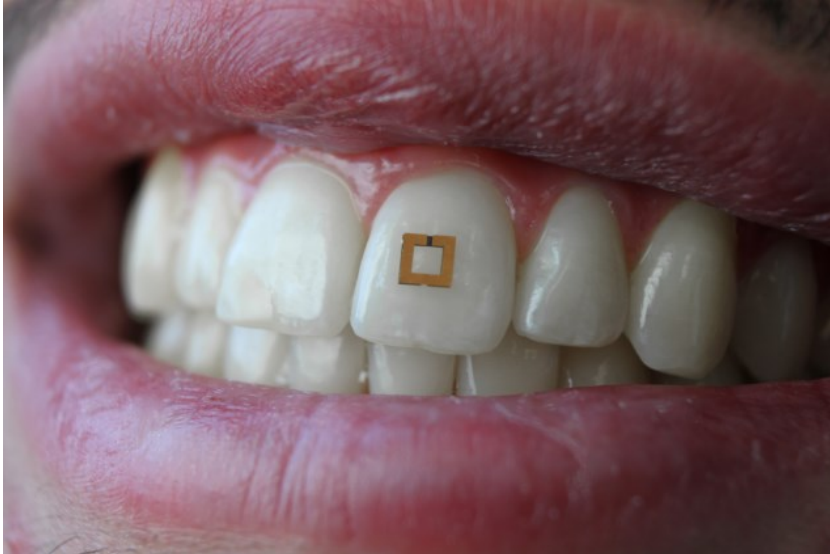
- Biyomedikal sensörler nasıl kullanıldıklarına göre sınıflandırılabilir:
  1. İnvaziv olmayan biyomedikal sensörler
  2. **Yerleşik sensörler**
  3. İnvaziv biyomedikal sensörler
- Yerleşik sensörler (minimal invaziv sensörler), dışarıyla iletişim kuran doğal bir vücut boşluğuna yerleştirilebilen sensörlerdir. Örnekler: oral-rektal termometreler, rahim içi basınç transdüserleri ve mide pH sensörleri.



# Biyomedikal Mühendisliği

## Biyosensörler

- Biyomedikal sensörler nasıl kullanıldıklarına göre sınıflandırılabilir:
  1. İnvaziv olmayan biyomedikal sensörler
  2. **Yerleşik sensörler**
  3. İnvaziv biyomedikal sensörler



# Biyomedikal Mühendisliği

## Biyosensörler

- Biyomedikal sensörler nasıl kullanıldıklarına göre sınıflandırılabilir:
  1. İnvaziv olmayan biyomedikal sensörler
  2. Yerleşik sensörler
  3. **İnvaziv biyomedikal sensörler**
- İnvaziv sensörler, cerrahi olarak yerleştirilmesi gereken ve kurulumları ile ilgili olarak bir miktar doku hasarı gerektiren sensörlerdir.

# **Biyomedikal Mühendisliği**

## **Biyosensörler**

- Sensörleri ölçtükleri büyüklüklere göre de sınıflandırabiliriz:
  1. **Fiziksel sensörler**
  2. Kimyasal sensörler
  3. Biyo-analitik sensörler veya biyosensörler
  
- Fiziksel sensörler, yer değiştirme, basınç ve akış gibi fiziksel büyüklüklerin ölçülmesinde kullanılır. Ölçülen fiziksel değişkenler arasında sıcaklık, gerinim, kuvvet, basınç, yer değiştirme, pozisyon, hız, ivme, optik radyasyon, ses, akış hızı, viskozite ve elektromanyetik alanlar bulunur.

# Biyomedikal Mühendisliği

## Biyosensörler

- Sensörleri ölçtükleri büyüklüklere göre de sınıflandırabiliriz:
  1. **Fiziksel sensörler**
  2. Kimyasal sensörler
  3. Biyo-analitik sensörler veya biyosensörler
- Sıcaklık sensörleri: Sıcaklık, çoğu kontrol sisteminde önemli bir parametredir. Sıcaklığı ölçmek için farklı mekanizmalar kullanılmıştır. Cıva termometresi, elektronik olmayan (analog) bir çıkış sinyali üreten bir sıcaklık sensörüdür. En yaygın elektrik sinyali üreten sıcaklık sensörleri, termokupllar, termistörler ve dirençli termometrelerdir.

# Biyomedikal Mühendisliği

## Biyosensörler

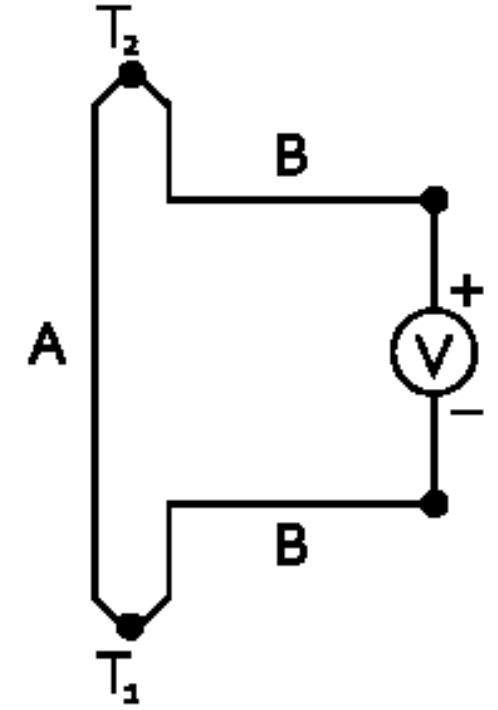
- Sıcaklık sensörleri
- Termokupllar: Termokupllar, iki farklı iletkenin birleştiği yerde oluşan Seebeck etkisini kullanır. İki farklı sıcaklıkta elektronların enerji dağılımındaki farklılıklar nedeniyle iki iletkenin sıcak ve soğuk uçları arasında bir voltaj farkı oluşur. Voltaj, iletken seçimine bağlı olarak, belirli bir aralıkta sıcaklıkla oldukça doğrusal olarak değişir.
- Bir termokupl bir "oto-jeneratör"dür, yani, yardımcı güce (besleme) ihtiyaç duymadan doğrudan ölçülen büyüklüğe yanıt olarak kullanılabilir bir çıkış sinyali üretir.



# Biyomedikal Mühendisliği

## Biyosensörler

- Sıcaklık sensörleri
- Termokupllar Seebeck etkisini kullanır.
- Ölçüm hatasını en aza indirmek için çiftin soğuk ucu sabit bir sıcaklıkta tutulmalı ve voltmetrenin giriş empedansı yüksek olmalıdır. Yaygın olarak kullanılan bir termokupl, bakır ve konstantan (bakır-nikel alaşımı) tellerden yapılmıştır.



$$V = \int_{T_1}^{T_2} (S_B(T) - S_A(T)) dT,$$

$$V = (S_B - S_A) \cdot (T_2 - T_1).$$

# Biyomedikal Mühendisliği

## Biyosensörler

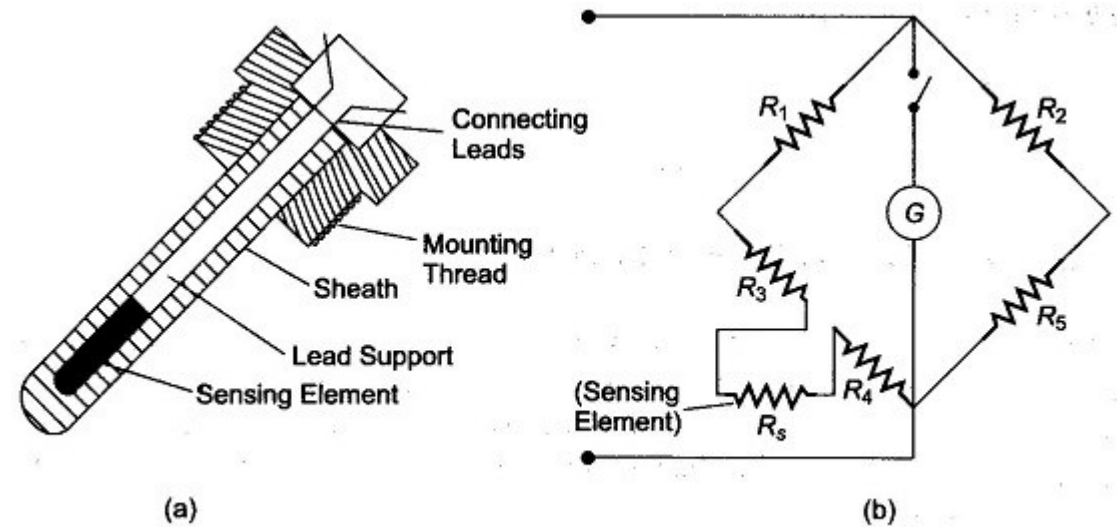
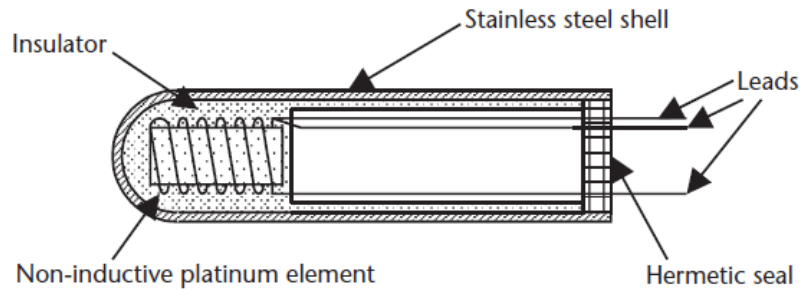
- Sıcaklık sensörleri
- Dirençli termometre: Çalışması, artan sıcaklıkla metal bir telin direncindeki artışa dayanır.
- Dirençli termometreler tipik olarak bir ince metal tel bobinden oluşur. Platin tel, en geniş lineer çalışma aralığını sağlar. Dirençli termometre bir "modülatör" veya pasif dönüştürücüdür. Direnç değişimini belirlemek için sabit bir akım verilir ve karşılık gelen voltaj ölçülür (veya tam tersi).
- Dirençli termometrenin hassasiyetinin bir ölçüsü, onun sıcaklık direnç katsayısıdır (TCR).



# Biyomedikal Mühendisliği

## Biyosensörler

- Sıcaklık sensörleri
- Dirençli termometre



**Fig. 13.11** (a) Industrial Platinum Resistance Thermometer (b) Bridge Circuit

# Biyomedikal Mühendisliği

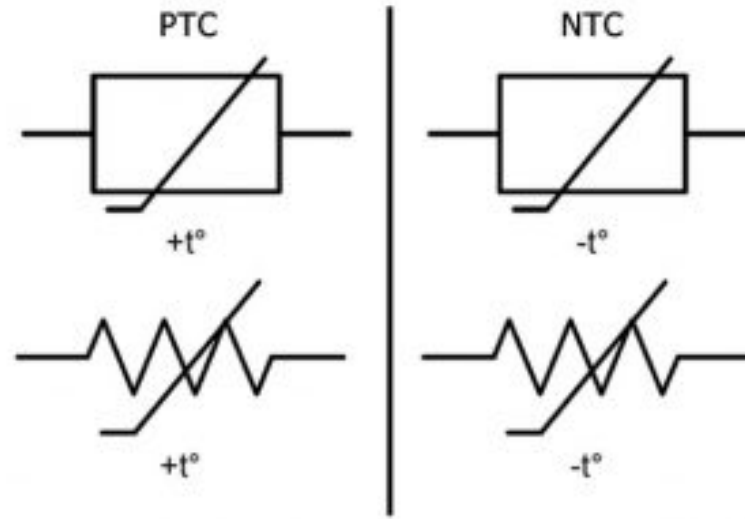
## Biyosensörler

- Sıcaklık sensörleri
- Termistörler, yarı iletken malzemelerden yapılmış dirençli elemanlardır ve negatif sıcaklık direnç katsayısına sahiptir. Bir termistörün direnç değişimini yöneten mekanizma, termal üretim nedeniyle artan sıcaklıkla iletken elektronların sayısındaki artıştır, yani çekirdeğe en az sıkı bağlanan elektronlar (değerlik elektronları) kırılma için yeterli termal enerji kazanır. uzaklaşır (iletim bandına girer) ve dış alanlardan etkilenir.
- Termistörler, dirençli termometrelerle aynı şekilde ölçülür, ancak termistörlerin 100 kata kadar daha yüksek TCR değerleri vardır.

# Biyomedikal Mühendisliği

## Biyosensörler

- Sıcaklık sensörleri



- Termistörler, dirençli termometrelerle aynı şekilde ölçülür, ancak termistörlerin 100 kata kadar daha yüksek TCR değerleri vardır.

# Biyomedikal Mühendisliği

## Biyosensörler

- Yer Değiştirme - Kuvvet Sensörleri: direnç, endüktans, kapasitans, piezoelektrik prensiplerle çalışırlar.
- Birçok kuvvet türü, oluşturdukları yer değiştirmelerle hissedilebilir.
- Örneğin, bir yayın ucundaki bir kütlenin ivmesinden kaynaklanan kuvvet, yayın gerilmesine ve kütlenin hareket etmesine neden olacaktır. Sıfır ivme konumundan yer değiştirmesi, ivme ( $F=m \cdot a$ ) tarafından üretilen kuvvet ve yayın geri getirme kuvveti ( $F=k \cdot x$ ) ile hesaplanabilir. Başka bir örnek, üzerindeki basınç farkı nedeniyle deforme olabilen bir zarın merkezinin yer değiştirmesidir.
- Bu örneklerin her ikisi de elektronik bir çıktı üretmek için birden fazla transdüksiyon mekanizması gerektirir: kuvveti yer değiştirmeye (mekanikten mekaniğe) dönüştüren birincil mekanizma ve daha sonra yer değiştirmeyi bir elektrik sinyaline (mekanikten elektriğe) dönüştüren ikincil mekanizma.

# Biyomedikal Mühendisliği

## Biyosensörler

- Sensörleri ölçtükleri büyüklüklere göre de sınıflandırabiliriz:
  1. Fiziksel sensörler
  2. **Kimyasal sensörler**
  3. Biyo-analitik sensörler veya biyosensörler
- Biyolojik bir numunedeki belirli bir maddenin konsantrasyonunu veya kimyasal aktivitesini bilmenin gerekli olduğu birçok biyomedikal durum vardır. Kimyasal sensörler, bu miktarları belirlemeye izin vermek için bir alet ve numune arasındaki arayüzü sağlar.
- Bu sensörler, konakçıdan alınan ve bir laboratuvarında test edilen biyolojik bir numunede, invaziv olmayan veya invaziv sensörlerde kullanılabilir.

# Biyomedikal Mühendisliği

## Biyosensörler

- Sensörleri ölçtükleri büyüklüklere göre de sınıflandırabiliriz:
  1. Fiziksel sensörler
  2. **Kimyasal sensörler**
  3. Biyo-analitik sensörler veya biyosensörler
- Aşağıdaki tablo kimyasal biyomedikal sensörlerin tiplerini gösterir, en yaygın üç türü elektrokimyasal, optik ve termal tabanlı biyomedikal sensörlerdir:

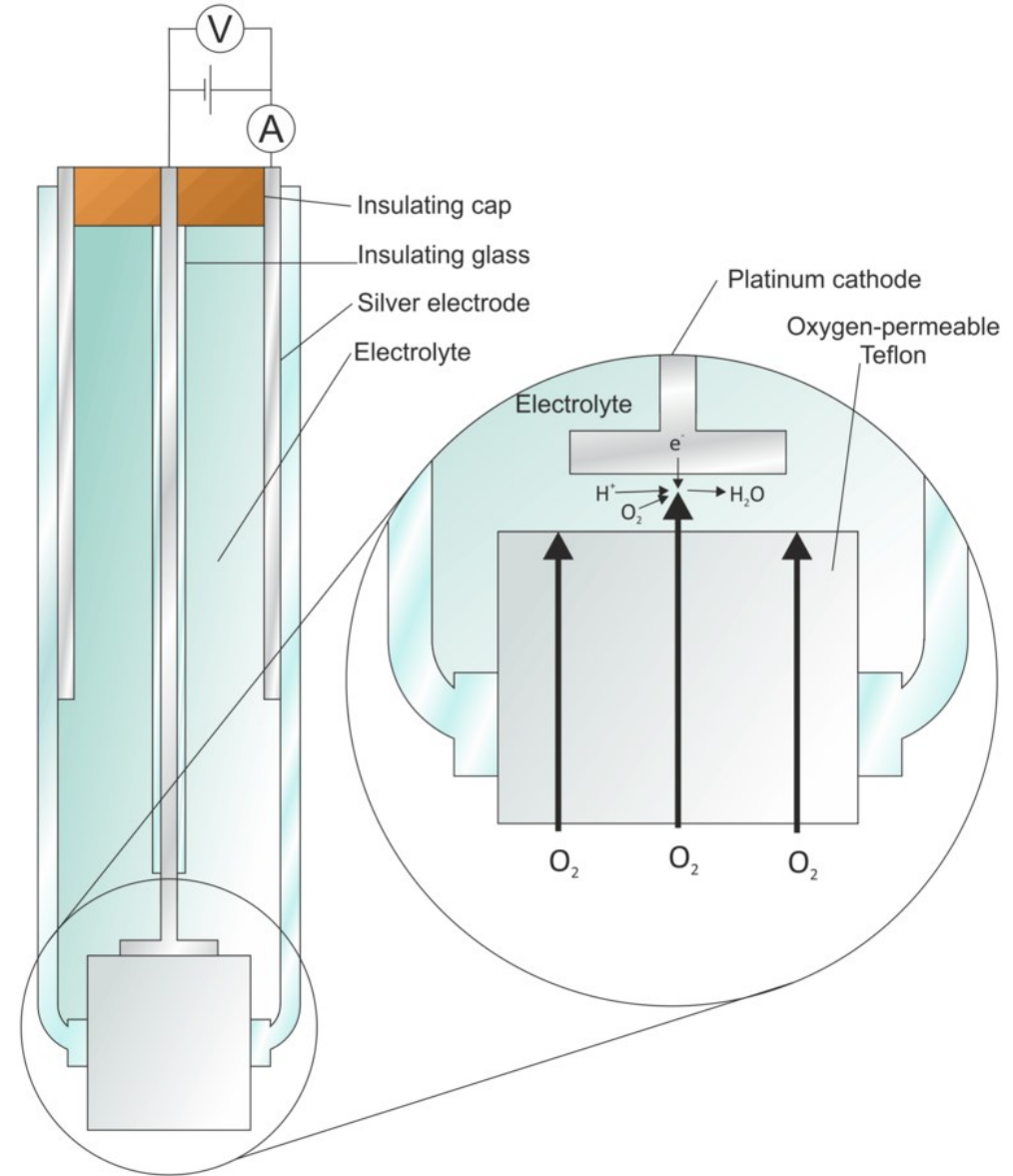
Electrochemical	Optical	Thermal
a. Amperometric	a. Colorimetric	a. Calorimetric
b. Potentiometric	b. Emmision and absorption spect	b. Thermo conductivity
c. Coulometric	c. Fluorescence	

# Biyomedikal Mühendisliği

## Biyosensörler

- Sensörleri ölçtükleri büyüklüklere göre
  1. Fiziksel sensörler
  2. **Kimyasal sensörler**
  3. Biyo-analitik sensörler veya biyosensörler
- Örnek: Oksijeni algılamak için kullanılan Clark amperometrik elektrot,

Oksijeni geçiren bir zar ile ölçülecek numune elektrokimyasal bir hücre ile buluşur. Hücre, 600 mV'luk sabit bir potansiyelde öngerilimlenmiştir ve bu koşullar altında saf metal katotta (Platinyum) şu reaksiyon meydana gelir:





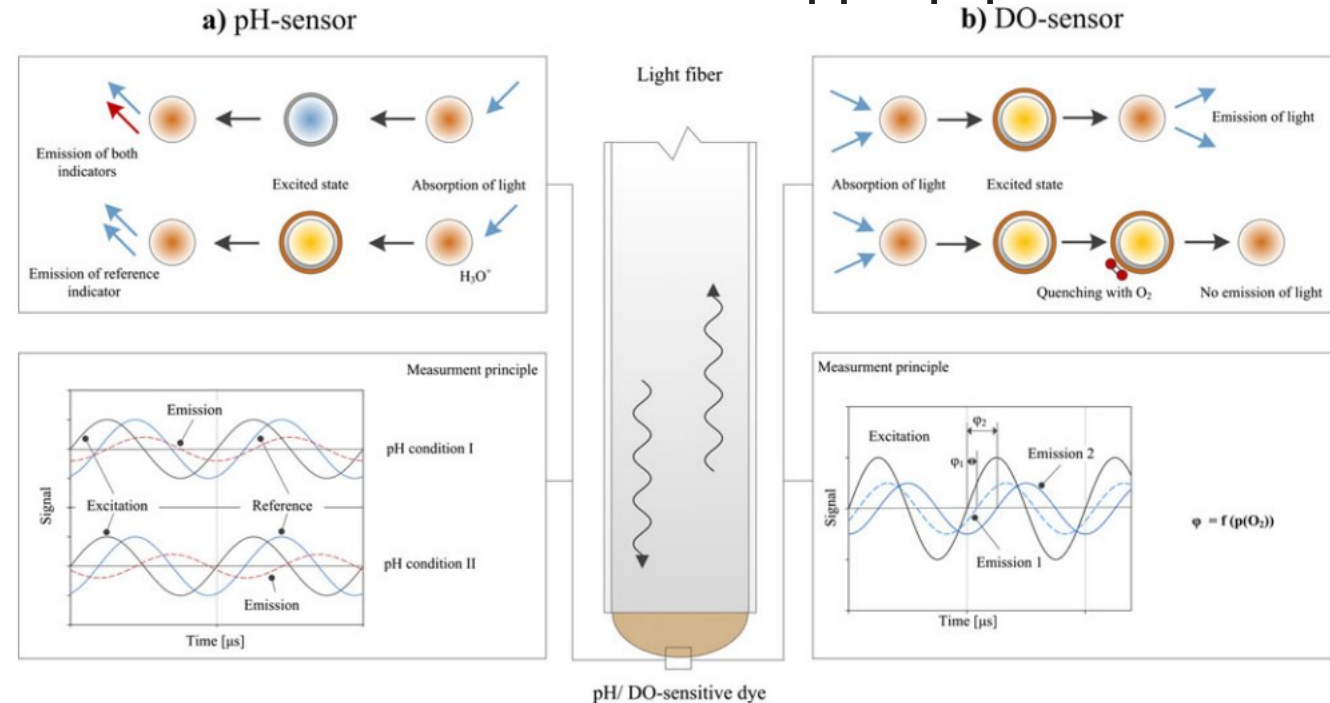
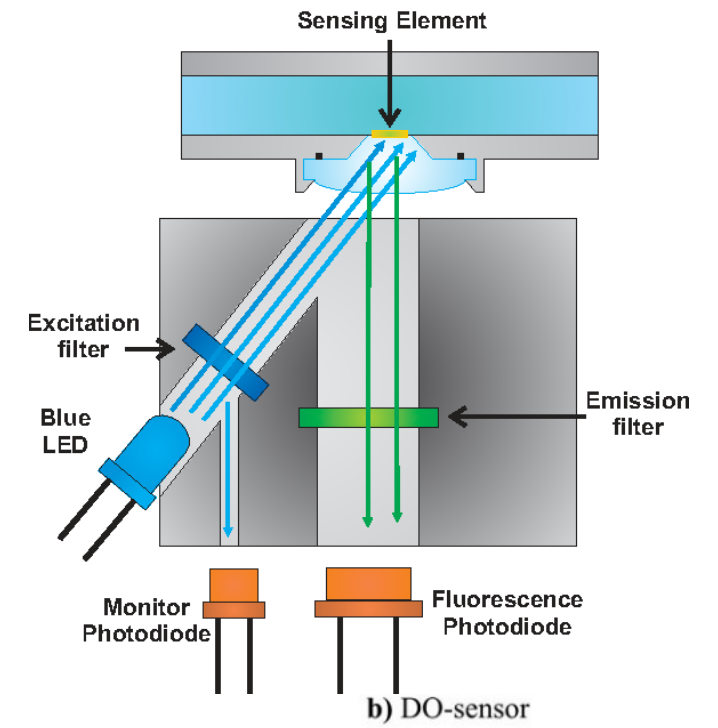
# Biyomedikal Mühendisliği

## Biyosensörler

- Sensörleri ölçtükleri büyüklüklere göre

1. Fiziksel sensörler
2. **Kimyasal sensörler**
3. Biyo-analitik sensörler veya biyosensörler

- Örnek: Oksijen ve pH ölçmek için kullanılan floresan sensör.



# Biyomedikal Mühendisliği

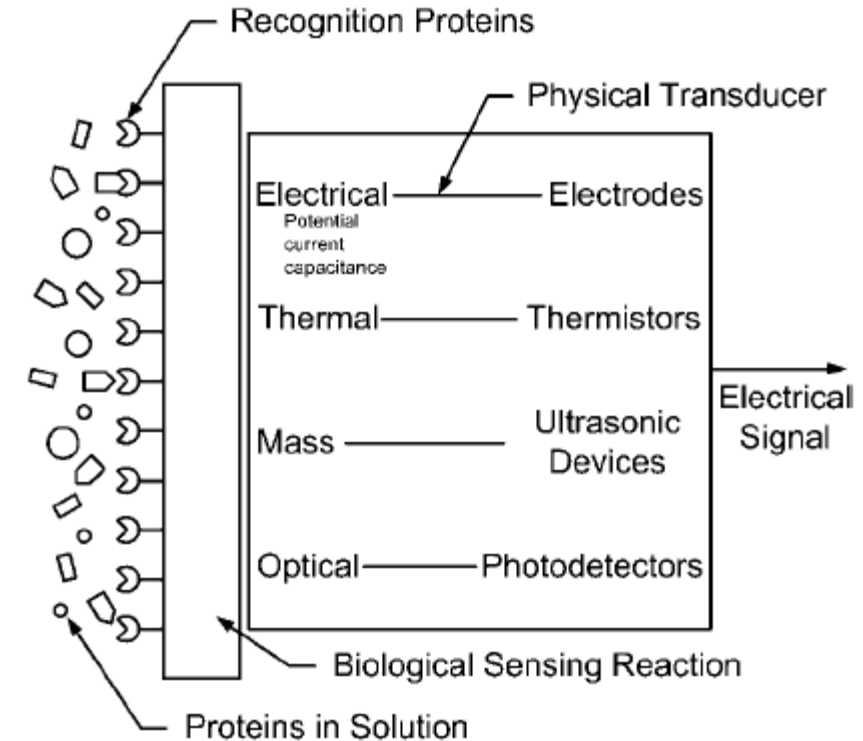
## Biyosensörler

- Sensörleri ölçtükleri büyüklüklere göre
  1. Fiziksel sensörler
  2. Kimyasal sensörler
  3. **Biyo-analitik sensörler veya biyosensörler**
  
- Örnek olarak enzimler gibi vücuttaki biyolojik moleküllerin madde miktarını ölçmek için kullanılır. Bu sensörler, aşağıdaki biyokimyasal reaksiyonlardaki mekanizmalardan yararlanır:
  - 1) Enzim - Substrat.
  - 2) Antijen - Antikor.
  - 3) Ligand (Uyarı Molekülü) - Reseptör.

# Biyomedikal Mühendisliği

## Biyosensörler

- Sensörleri ölçtükleri büyüklüklere göre
  1. Fiziksel sensörler
  2. Kimyasal sensörler
  3. **Biyo-analitik sensörler veya biyosensörler**
- Bu reaksiyonları sensörlerde kullanmanın avantajı, belirli bir biyolojik moleküle oldukça duyarlı olmaları ve bu reaksiyonlara dayalı olarak yüksek hassasiyet ve seçiciliğe sahip sensörler geliştirilebilmesidir.
- Biyoanalitik bir sensörün temel yapısı:



# Biyomedikal Mühendisliği

## Biyosensörler

- Sensörleri ölçtükleri büyüklüklere göre
  1. Fiziksel sensörler
  2. Kimyasal sensörler
  3. **Biyo-analitik sensörler veya biyosensörler**
  
- Sensörün iki ana bölgesi vardır. Birincisi, enzim veya antikor gibi biyolojik algılama reaksiyonunun bir parçasını içerir ve ikinci bölge, biyolojik reaksiyonun gerçekleştiği yerdeki durum değişimini tespit etmenin bir metodunu içerir.

# Biyomedikal Mühendisliği

## Biyosensörler

- Sensörleri ölçtükleri büyüklüklere göre
  1. Fiziksel sensörler
  2. Kimyasal sensörler
  3. **Biyo-analitik sensörler veya biyosensörler**
- Biyoanalitik sensörün bu ikinci kısmı, biyolojik reaksiyonun detektörü olarak hizmet eden fiziksel veya kimyasal bir sensörden oluşur. Bu detektör, bir elektrokimyasal sensörden, bir termal sensörden, kapasitanstaki, kütledeki ya da optik özelliklerdeki bir değişikliği algılayan bir sensörden oluşabilir.

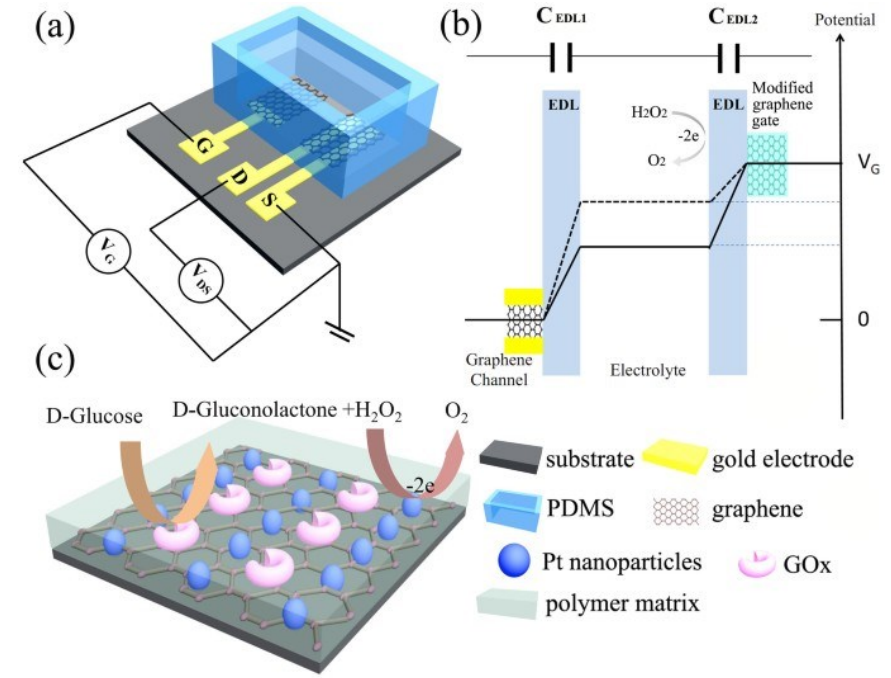
# Biyomedikal Mühendisliği

## Biyosensörler

- Sensörleri ölçtükleri büyüklüklere göre

1. Fiziksel sensörler
2. Kimyasal sensörler
3. **Biyo-analitik sensörler veya biyosensörler**

- Biyoanalitik sensöre bir örnek, bir glikoz sensörüdür. Sensörün ilk kısmı, glikoz oksidaz enzimini içerir. Bu enzim, reaksiyon sırasında oksijen tüketirken glikozun glukuronik asit ve hidrojen peroksit oksidasyonunu sağlar. Böylece, biyoanalitik sensöre glikoz oksidaz ile birlikte bir hidrojen peroksit veya bir oksijen sensörü yerleştirilerek, üretilen hidrojen peroksit veya tüketilen oksijen miktarı ölçülerek oksitlenen glikoz miktarı belirlenebilir.



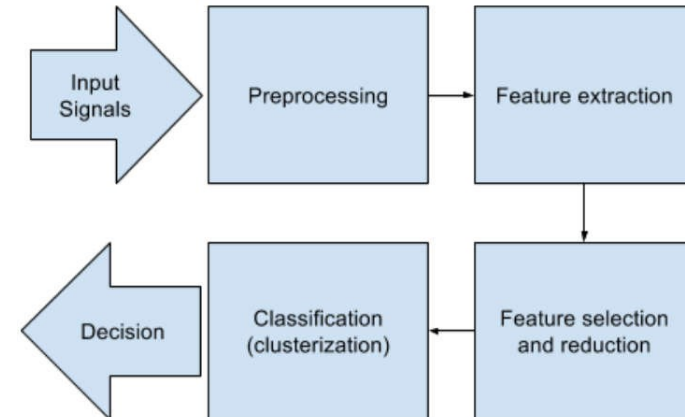




# Biyomedikal Mühendisliği

## Biyosinyaller

- Sinyal, bir fenomen/olgu hakkında bilgi ortaya koyan bir fonksiyondur.
- Biyo ise hayat ve canlı anlamındadır.
- Biyosinyal, canlılarda meydana gelen bir olay, süreç veya duruma ait sürekli olarak ölçülebilen ve izlenebilen herhangi bir sinyaldir.
- İncelenen biyolojik sistemin durumu hakkında bilgi taşır ve sisteme dair önemli karakteristik özelliklere sahiptir. Teşhis metodlarının temelini oluşturur.
- Biyosinyal düzeyinde, teşhis için Makine Öğrenimi kullanan biyomedikal sistem şeması,



# Biyomedikal Mühendisliği

## Biyosinyaller



Hippocrates palpating a young patient (500 BC)



ICU in modern hospital (2016 AD)

ur.

ait

# **Biyomedikal Mühendisliği**

## **Biyosinyaller**

- Biyosinyal terimi genellikle biyoelektrik sinyalleri belirtmek için kullanılır, ancak hem elektriksel hem de elektriksel olmayan sinyalleri ifade edebilir.
- Her ne kadar bazen, uzamsal parametre varyasyonları (örneğin, genetik kodu belirleyen nükleotid dizisi) kapsansa da, genellikle yalnızca zamanla değişen sinyaller akla gelmektedir.

# **Biyomedikal Mühendisliği**

## **Biyosinyaller**

### ■ **Biyosinyallerin fiziksel doğasına göre:**

- Elektrik
- Manyetik
- Kimyasal
- Mekanik (Akustik)
- Optik
- Termal

### ■ **Biyosinyallerin menşe sistemine göre:**

- Endokrin sistem
- Sinir sistemi (Merkezi ve Periferik)
- Kardiyovasküler sistem
- Görme sistemi
- İşitme sistemi
- Kas-İskelet sistemi
- Solunum sistemi
- Mide-Bağırsak sistemi
- Dolaşım sistemi

# Biyomedikal Mühendisliği

## Biyosinyaller

### ■ Biyosinyallerin Ölçme Tekniğine Türleri

- **Elektriksel olmayan sinyaller:** Mekanik sinyaller (örneğin mekanomyogram veya MMG), akustik sinyaller (örneğin fonetik ve fonetik olmayan ifadeler, nefes alma), kimyasal sinyaller (örneğin pH, oksijenasyon) ve optik sinyaller (örneğin hareketler) gibi biyosinyallerdir.
  - Biyosinyallerin çoğunluğunu oluşturur.
  - Transfer ve işlenmesi karmaşıktır bu yüzden elektriksel sinyallere dönüştürmek için uygun transducer/dönüştürücülere ihtiyaç duyulur.
- **Elektriksel sinyaller:** Elektriksel biyosinyaller veya biyoelektrik zaman sinyalleri, genellikle sinir sistemi gibi özel bir doku, organ veya hücre sistemi boyunca üretilen elektriksel alan / elektrik akımındaki değişikliği ifade eder.
  - Aksiyon potansiyelleri ve bunlarla birlikte oluşan akımlar en belirgin örneğidir.

# Biyomedikal Mühendisliği

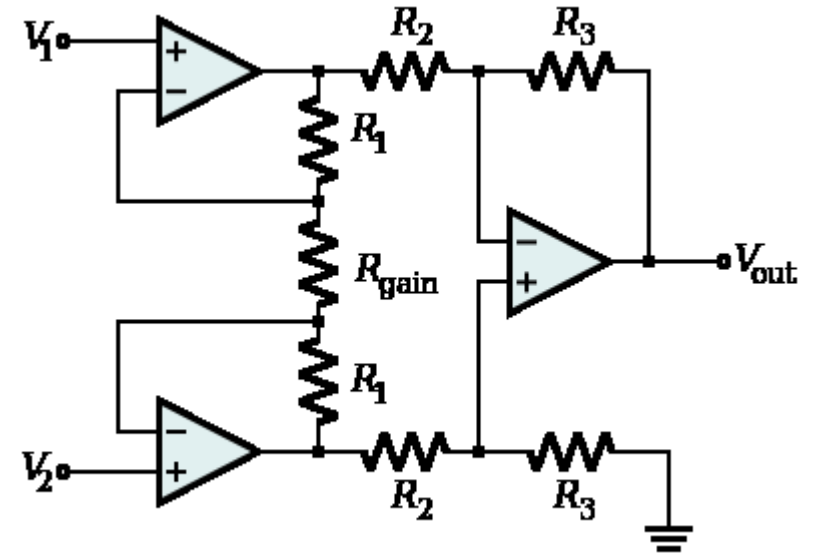
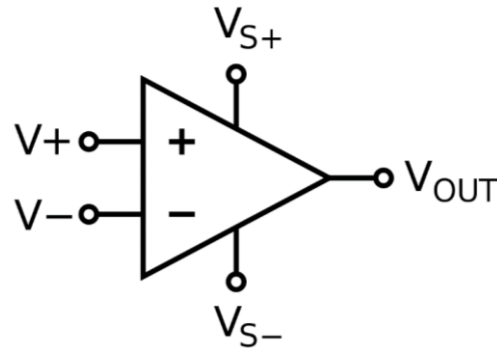
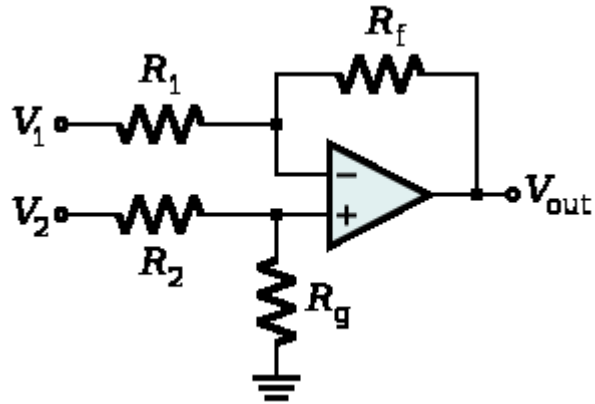
## Biyosinyaller

Elektriksel sinyallerin temel ölçüm metodu:

Differansiyel yükselteç



Enstrümantasyon yükselteci

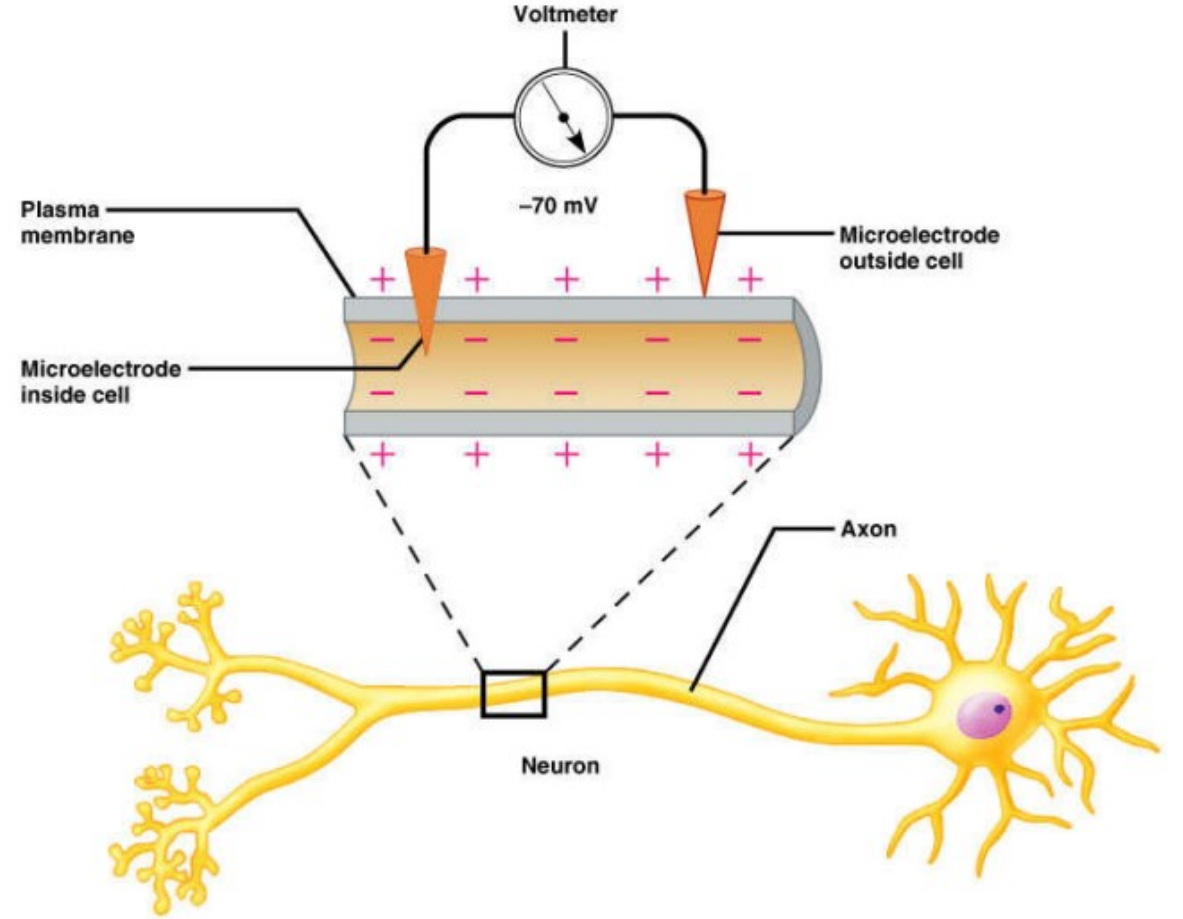
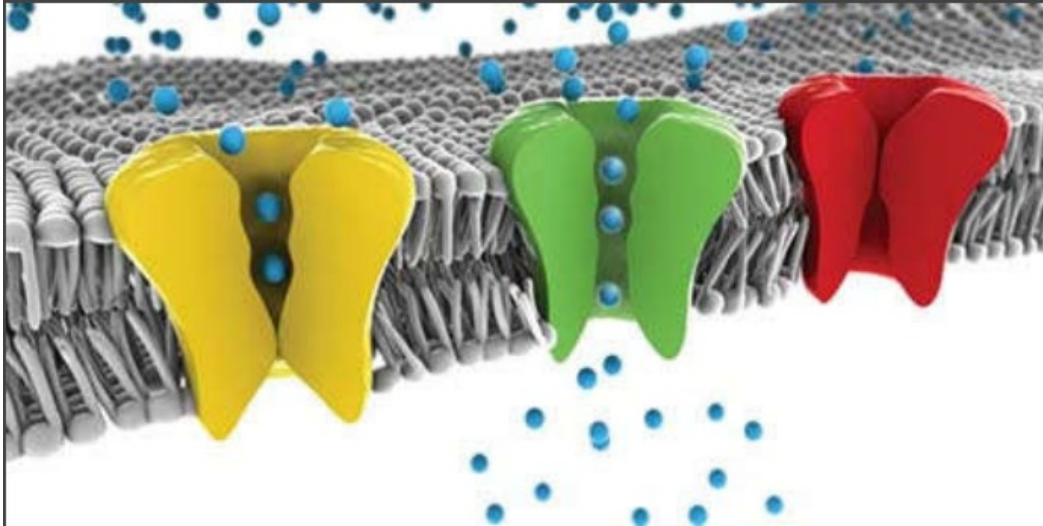




# Biyomedikal Mühendisliği

## Biyosinyaller

**Biyoelektrik Sinyalleri:** Hücre içi ve hücre dışı iyonik akımlar nedeniyle hücrelerde (sinir ve kas gibi) ve organlarda elektrik alanı tarafından üretilir. İyon kanallarındaki elektrokimyasal süreçlerin sonuçlarıdır.





# Biyomedikal Mühendisliği

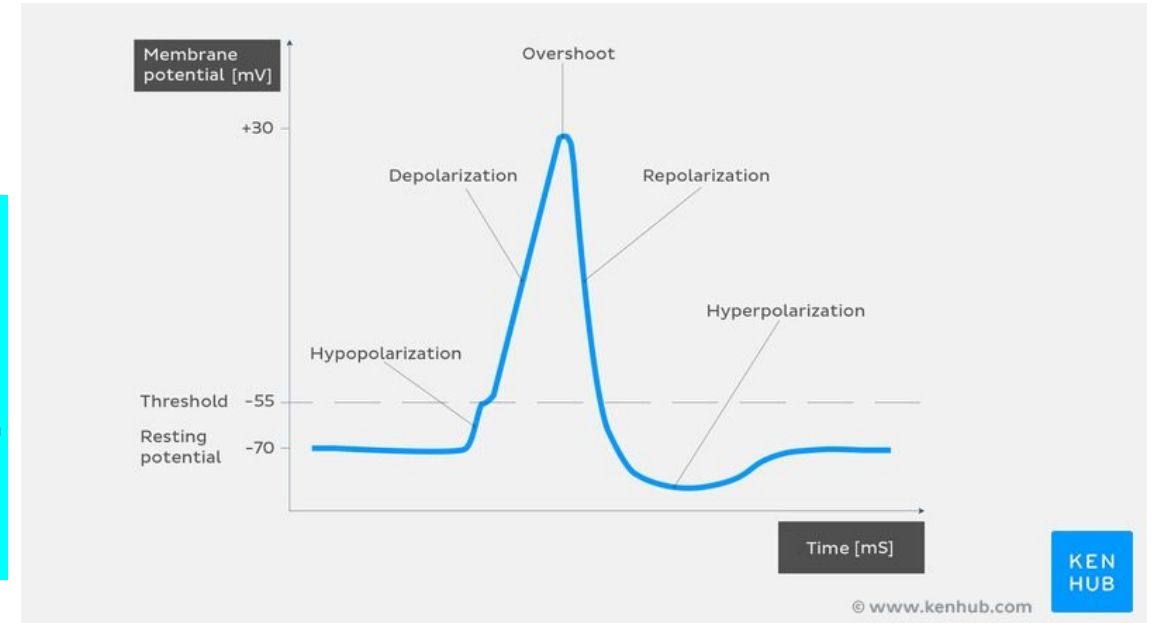
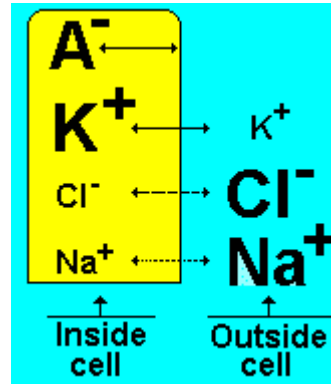
## Biyosinyaller

**Aksiyon potansiyeli:** Aksiyon potansiyeli, difüze olabilen iyonlar için membran geçirgenliğindeki geçici değişikliklerden kaynaklanır. Bu değişiklikler iyon kanallarının açılmasına ve iyonların konsantrasyon gradyanlarının azalmasına neden olur. Eşik potansiyelinin değeri, zar geçirgenliğine, hücre içi ve hücre dışı iyon konsantrasyonuna ve hücre zarının özelliklerine bağlıdır.

Aksiyon potansiyelinin temel üç aşaması vardır: depolarizasyon, aşma, repolarizasyon. Aksiyon potansiyeli ile ilgili zar potansiyelinin iki durumu daha vardır: Birincisi depolarizasyondan önce gelen hipopolarizasyon, ikincisi ise repolarizasyonu takip eden hiperpolarizasyondur.

Bir nöron bir sinyal göndermediğinde, "dinlenme halindedir".

Bir nöron dinlenme halindeyken, nöronun içi dışarıya göre negatiftir. Farklı iyonların konsantrasyonları zarın her iki tarafında dengelenmeye çalışsa da, yapamazlar çünkü hücre zarı sadece bazı iyonların kanallardan (iyon kanalları) geçmesine izin verir.

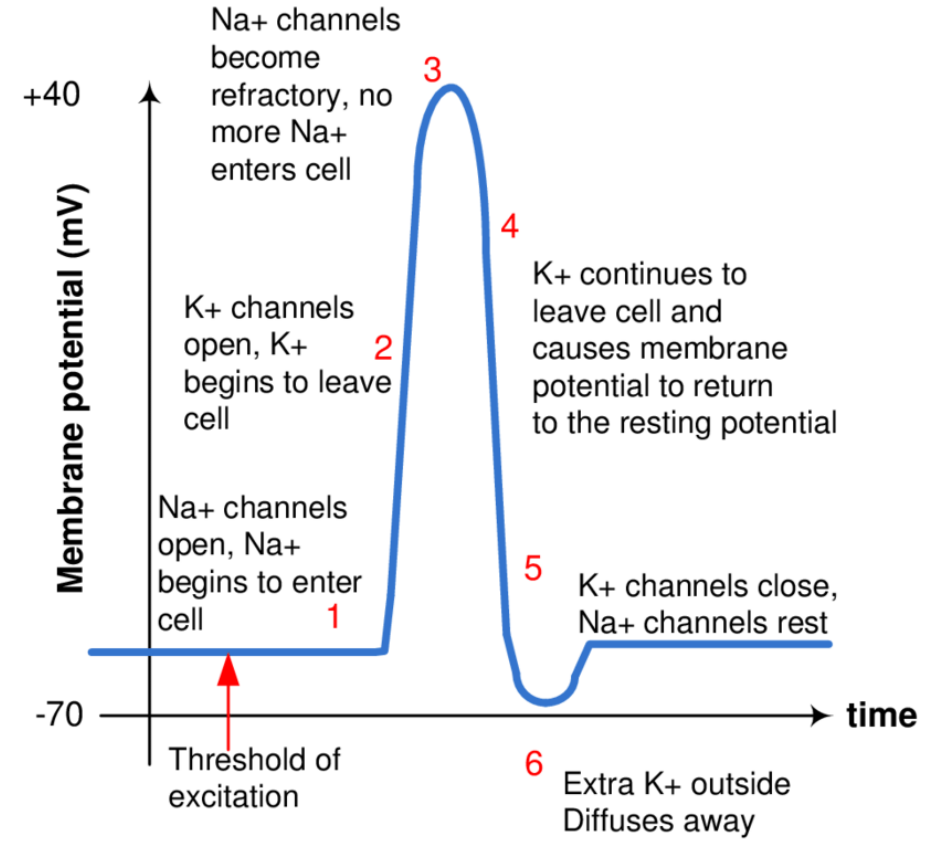


# Biyomedikal Mühendisliği

## Biyosinyaller

**Aksiyon potansiyeli:** Hipopolarizasyon, membran potansiyelinin eşik potansiyeli değerine başlangıçtaki artışıdır. Eşik potansiyeli, voltaj kapılı sodyum kanallarını açar ve büyük bir sodyum iyonu akışına neden olur. Bu aşamaya depolarizasyon denir. Depolarizasyon sırasında, potansiyel sodyum için +61 mV'luk elektrokimyasal dengeye yaklaşıncaya kadar hücrenin içi giderek daha fazla elektropozitif hale gelir. Aşırı pozitifliğin bu aşaması, aşma aşamasıdır.

Aşımdan sonra, kanallarının kapanması nedeniyle sodyum geçirgenliği aniden azalır. Hücre potansiyelinin aşım değeri, voltaj kapılı potasyum kanallarını açar, bu da büyük bir potasyum akışına neden olarak hücrenin elektropozitifliğini azaltır. Bu aşama, amacı dinlenme zarı potansiyelini geri kazandırmak olan repolarizasyon aşamasıdır. Repolarizasyon her zaman önce membran potansiyelinin varsayılan membran potansiyelinden daha negatif olduğu bir durum olan hiperpolarizasyona yol açar. Ancak bundan kısa bir süre sonra zar, aktif taşımayla zar potansiyelinin değerlerini yeniden oluşturur.



# Biyomedikal Mühendisliği

## Biyosinyaller

### En iyi bilinen biyoelektrik sinyaller:

Sinir hücreleri

Elektronörogram (**ENG**)

Elektroretinogram (**ERG**)

Elektroensefalogram (**EEG**)

Kas hücreleri

Elektrokardiyogram (**EKG**)

Elektromiyogram (**EMG**)

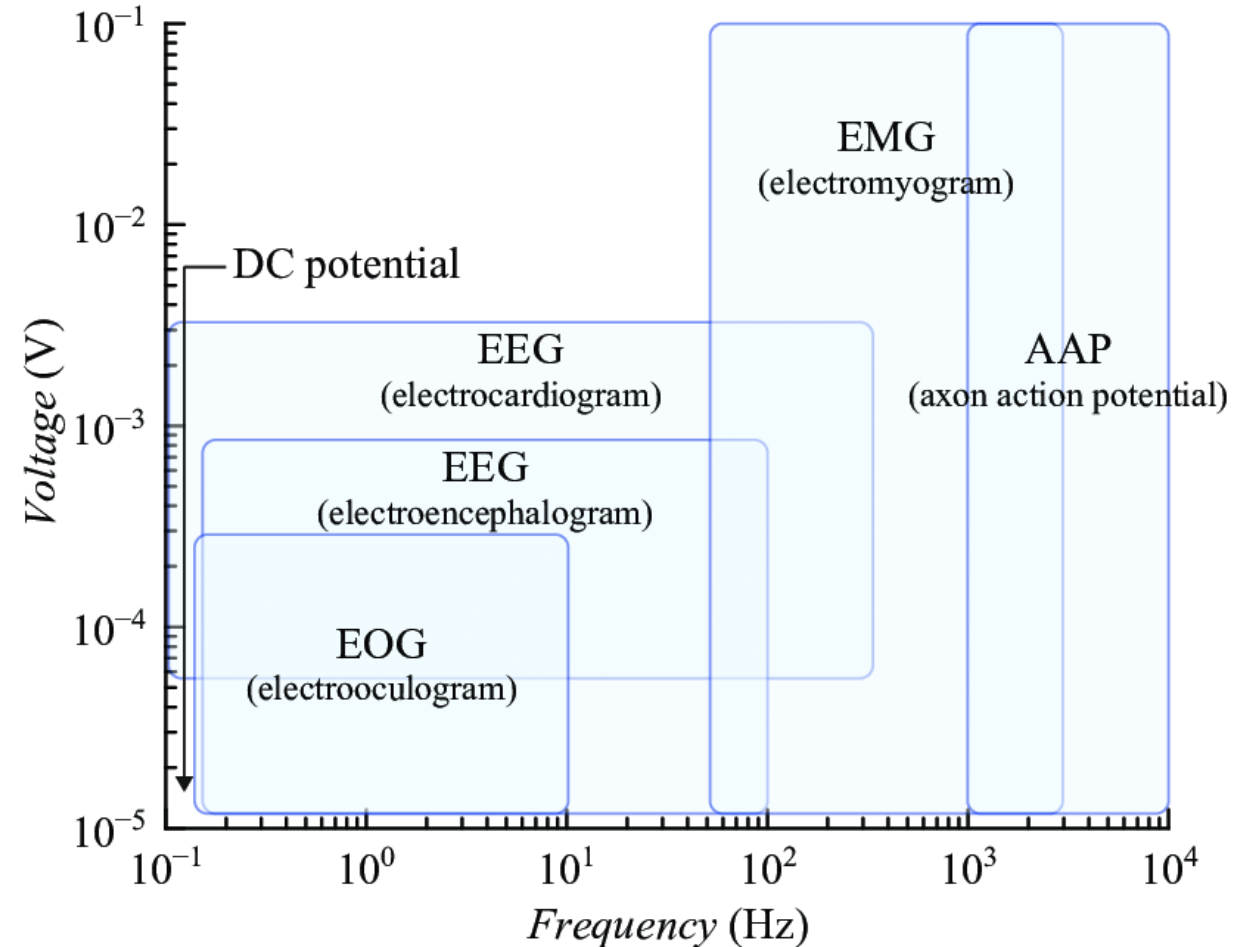
Diğer doku ve hücreler

Elektrookülogram (**EOG**)

Elektrogastrogram (**EGG**)

Galvanik cilt yanıtı (**GSR**)

### Elektrodermal aktivite (EDA)



# Biyomedikal Mühendisliği

## Biyosinyaller

**Manyetik Biyosinyaller:** Farklı organ ve hücreler tarafından zayıf manyetik alanlar üretilebilir.

Sinir hücreleri

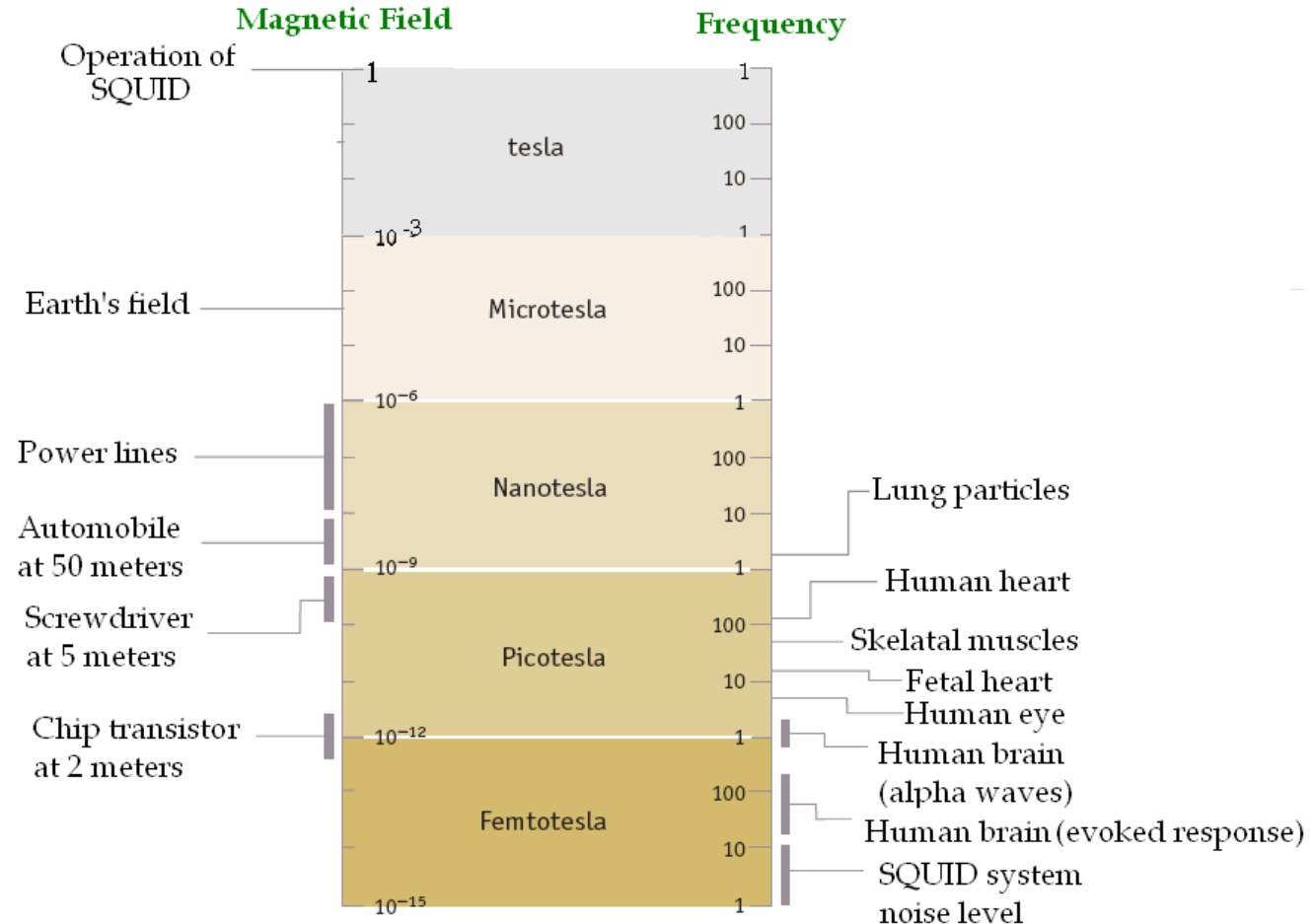
**MNG** – manyetonörogram

**MEG** – manyetoensefalogram

Kas hücreleri

**MCG** – manyetokardiyogram

**MMG** – manyetomyogram

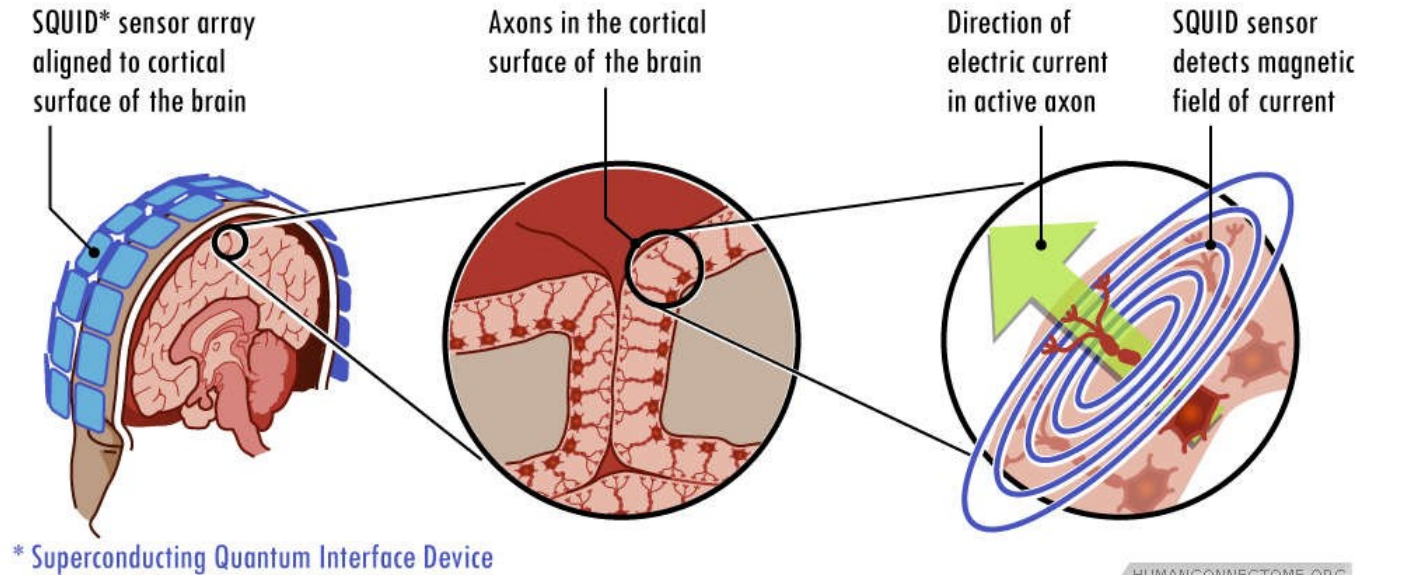


# Biyomedikal Mühendisliği

## Biyosinyaller

**Manyetoensefalografi (MEG):** MEG, bir dizi çok hassas manyetik alan detektörü (manyetometreler) kullanarak kafanın dışındaki manyetik alanı ölçmeye dayanır.

MEG, beyindeki nöronlar tarafından üretilen akım akışlarını doğrudan yansıtır. Bu sinyallerin zamansal frekans içeriği, yaklaşık 1 Hz ile 100 Hz arasında değişir. Bu değerler beyin dalgalarının değer aralığını tanımlar.



# Biyomedikal Mühendisliği

## Biyosinyaller

**Kimyasal Biyosinyaller:** Vücuttaki çeşitli kimyasal ajanların konsantrasyonu hakkında bilgi veren sinyaller

- Glikoz seviyesi (diyabet)
- Kan oksijen düzeyi (astım, obstrüktif akciğer hastalığı, kalp ve böbrek yetmezliği)
- Kandaki ve solunan hava akımındaki gazlar (anestezik gazlar, karbondioksit vb.)
- pH

### Gazların kandaki saturasyonları (yoğunlukları/doygunlukları)

**SaO<sub>2</sub>** – arteriyel (atardamar) kan oksijen doygunluğu, oksijen taşıyan hemoglobin moleküllerinin yüzdesini tanımlar.

**SvO<sub>2</sub>** – venöz (toplardamar) oksijen doygunluğu, vücudun ne kadar oksijen tükettiğini açıklar

**SpO<sub>2</sub>** – periferik kılcal oksijen doygunluğu – SaO<sub>2</sub> ile aynı ancak kılcal sistemde

**SpCO<sub>2</sub>** – kandaki karboksihemoglobin konsantrasyonu

# Biyomedikal Mühendisliği

## Biyosinyaller

**Mekanik Biyosinyaller:** Biyomekanik sinyaller, vücut bölümlerinin mekanik fonksiyonlarını yansıtır.

- Kan basıncı
- İnsan hareketlerini, dengesini ve duruşunu açıklayan ivmeölçer sinyalleri (Parkinson hastalığı)
- Solunum sırasında göğüs hareketleri
- MLV (Ortalama akciğer hacmi) sırasında hava akışı özellikleri

**Akustik Biyosinyaller:** Vücut tarafından üretilen akustik sesi (titreşimler ve hareketler) tanımlayan mekanik sinyallerin alt kümesidir. Biyoakustik sinyaller, çeşitli vücut fonksiyonlarının seslerini oluşturur:

- Kardiyak sesler (fonokardiyografi)
- Horlama (Obstrüktif Uyku Apnesi tespiti)
- Yutma
- Solunum sesleri
- Eklem ve kaslarda çatlaklar

Mikrofonlar ve ivmeölçerler gibi akustik dönüştürücüler kullanılarak genellikle ciltte ölçülür.

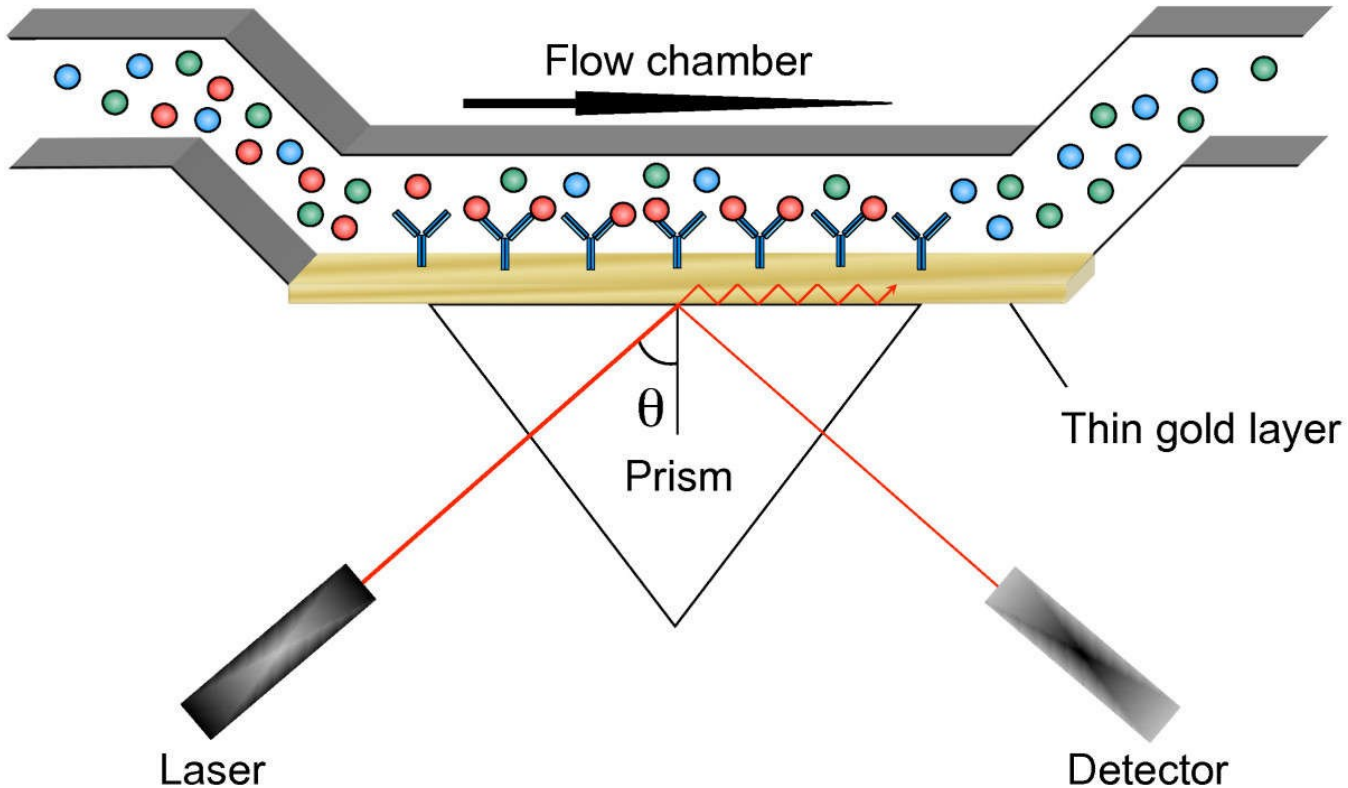
**Araştırma: Electronic stethoscope**



# Biyomedikal Mühendisliği

## Biyosinyaller

**İmmünoloji (antikor-antijen etkileşimi):** Yüzey plazmon rezonansı, gelen ışık tarafından uyarılan elektronların toplu salınımıdır.





# Biyomedikal Mühendisliği

## Biyosinyaller

**Termal biyosinyaller:** Bir Nokta ve sıcaklık haritalarındaki vücut sıcaklığı, vücuttaki ısı kaybını ve ısı emilimini veya vücut yüzeyindeki sıcaklık dağılımını tanımlayabilir.



# Biyomedikal Mühendisliği

## Biyosinyaller

Termografi (sıcaklık haritaları)

- Kanser
- Varisli damarlar
- Osteokondroz, osteoporoz

