



FİZ112 FİZİK-II

*Ankara Üniversitesi
Fen Fakültesi Fizik Bölümü
3. Hafta*

AYSUHAN OZANSOY

Bölüm 2: Elektrik Alan

1. Elektrik Alan
2. Elektrik Alan Çizgileri
3. Sürekli Yük Dağılımları
4. Düzgün Elektrik Alan İçinde Yüklü Parçacığın Hareketi
5. Elektrik Dipolü

1. Elektrik Alan

Alan Kavramı: Temas olmadan etkileşme (uzaktan etkime) → **Alan kavramı** ("Alan" kavramını İngiliz bilim adamı Michael Faraday (1791-1867) ortaya atmıştır).



"Çevresinde başka bir cisim olsun ya da olmasın, elektrik yüklü bir cisim, bir alan oluşturarak çevresine yayar ve bu alan içinde bir noktaya yerleştirilen ikinci bir cisme etkir."

→ **Faraday'ın çalışmalarının bazıları;**

-Elektroliz (Kaplama sanayisi bu sayede gelişti)

-Elektrot, anot, katot, iyon, elektrolit vb. terimleri adlandırdı.

-Klor gazını sıvılaştırdı.

-İlk elektroskobu geliştirdi, bu sayede alan kavramını ortaya attı.

-Manyetik alanın ışığın kutuplanma düzlemini döndürdüğünü buldu.

-Elektrik motorunu ve dinamoyu icat etti.

-**Elektromanyetik indüksiyon kanunu:** Değişen manyetik alan elektrik alan üretir (çalışmaları ~ 10 yıl sürdü)

-**Elektriksel kuvvetlerle kimyasal bağlar arasındaki ilişkiyi ortaya koydu.**

-...

→ Tek bir noktasal yük kendisi etrafında bir “**elektrik alan oluşturur**”. Bu elektrik alan kendisini oluşturan yük üzerine bir kuvvet uygulamaz.

→ Herhangi bir noktadaki elektrik alanın varlığını anlamak için o noktaya bir “ **q_0 deneme yükü**” koyulur.

Tanım:

$$\vec{E} \equiv \frac{\vec{F}_E}{q_0}$$

(alan q_0 deneme yükü tarafından oluşturulmamıştır !)



q_0 deneme yükü, diğer yükleri hareket ettirmeyecek kadar küçük alınır ki, kendisinin oluşturacağı alanın, ölçülmek istenen alana etkisi çok çok küçük olsun. Matematiksel olarak bu ifade;

$$\vec{E} = \lim_{q_0 \rightarrow 0} \frac{\vec{F}_E}{q_0}$$

olarak verilir. Elektrik alan “**birim yüke etkiyen kuvvet**” olarak da düşünülebilir.

• Elektrik alanın birimi Newton / Coulomb (N/C) ' dir.

Hatırlatma:

Elektrik alan için verilen bu tanım yerin çekim alanı tanımına benzemektedir.

$$\vec{g} \equiv \frac{\vec{F}_G}{m_0}, \quad \vec{F}_G = -G \frac{M_D m_0}{r_D^2} \hat{r}$$

M_D : Dünyanın kütlesi
 m_0 : cismin kütlesi

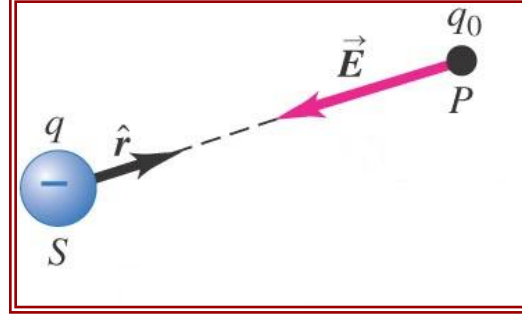
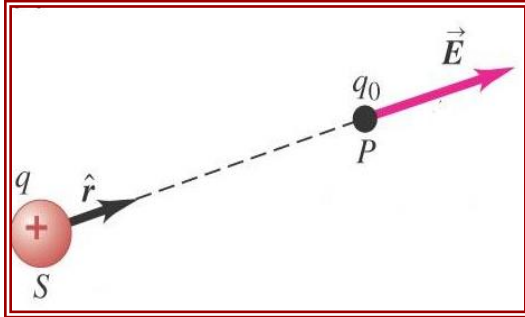
$$\vec{E} \equiv \frac{\vec{F}_E}{q_0}, \quad \vec{F}_E = k \frac{qq_0}{r^2} \hat{r}$$

$$\vec{F}_E = q_0 \vec{E}$$
$$\vec{w} = m_0 \vec{g}$$

Nokta yükün elektrik alanı:

Kaynak noktası (S)

Alan noktası (P)



$$F = k \frac{|qq_0|}{r^2}$$

$$\vec{E} \equiv \frac{\vec{F}}{q_0}$$

Tanımı kullanılırsa;

→ Buna göre, nokta q yükünün, kendinden r kadar uzakta oluşturacağı elektrik alan:

$$\vec{E} = k \frac{q}{r^2} \hat{r}$$

ile verilir. Şekillerden görüldüğü üzere, elektrik alan , **negatif yüke doğrudur ve pozitif yükten uzağa doğrudur.**

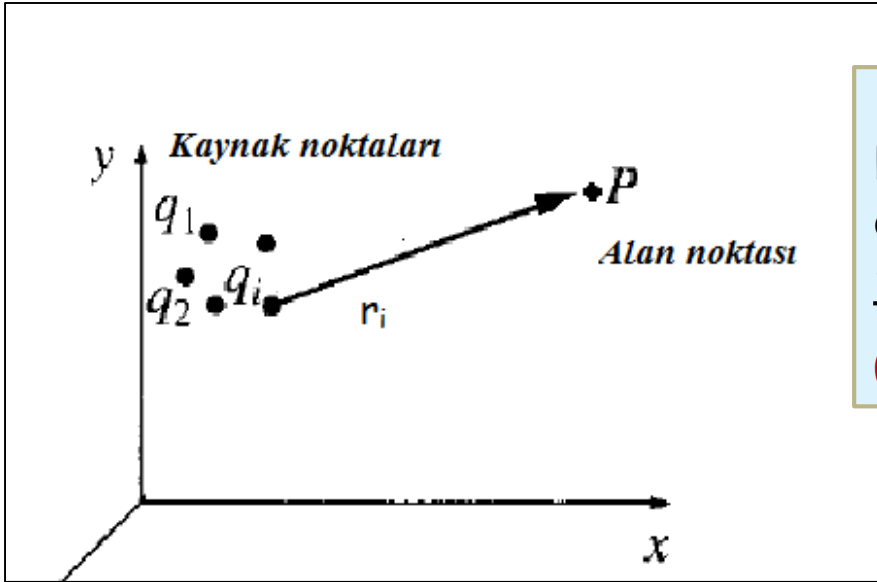


Burada sadece alanın, belli bir noktada hesaplanması üzerinde durduk.

E , her yerde aynı olan tek bir vektör (uzayın her noktasında farklı bir değere sahiptir) olmadığından, tek bir vektörel büyüklük değildir.

Her noktada tanımlıdır ve süreklidir. Bundan dolayı sonsuz sayıda vektör söz konusudur. Elektrik alan bir vektör alan örneğidir.

Kesikli yük sistemi için elektrik alan:



Belli bir noktadaki elektrik alan, her bir noktasal yükün o noktada oluşturacağı elektrik alanların vektörel toplamıdır.

(Üst üste binme ilkesi)

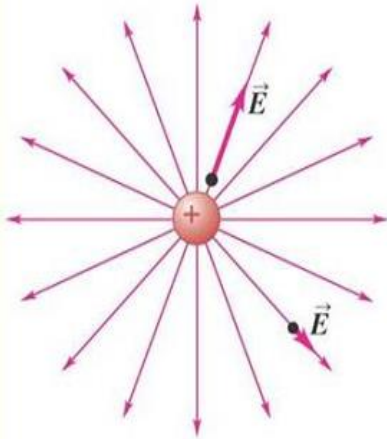
Elektrik Alan	N/C
Gezegenerler arası uzay boşluğunda	$10^{-3}-10^{-2}$
Açık havada dünya yüzeyindeki atmosferde	100-200
Kuru hava ark yaptığıında	3×10^6
Van de Graff jeneratöründe büyük kürelerin hemen dışında	10^6
Fermilab'daki parçacık hızlandırıcısında	1.2×10^7
Birbirinden elektron yörüngesinin yarıçapı kadar uzaklıktaki atomlarda	10^9
En güçlü lazerin elektromanyetik radyasyonunda	10^{12}
Uranyum çekirdeğinin, merkezden çekirdeğin çapı kadar uzaklığında	5×10^{20}

Tablodaki değerler, [1]' den alınmıştır.

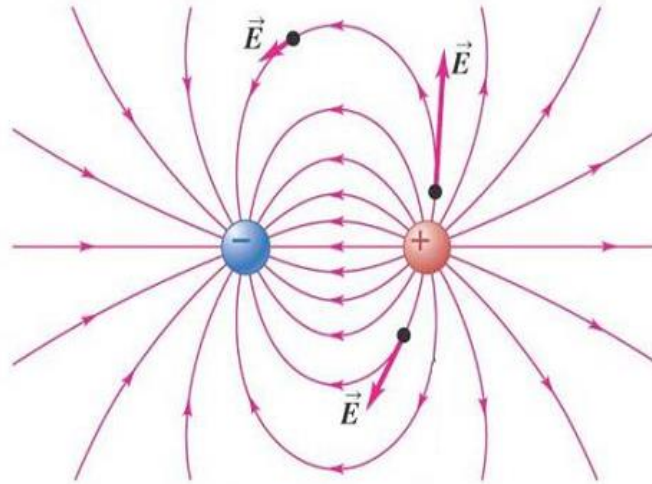
2. Elektrik Alan Çizgileri

Bir yük ya da yük dağılımının oluşturduğu elektrik alanı gözümüzde canlandırmak için alan çizgileri kullanılır.

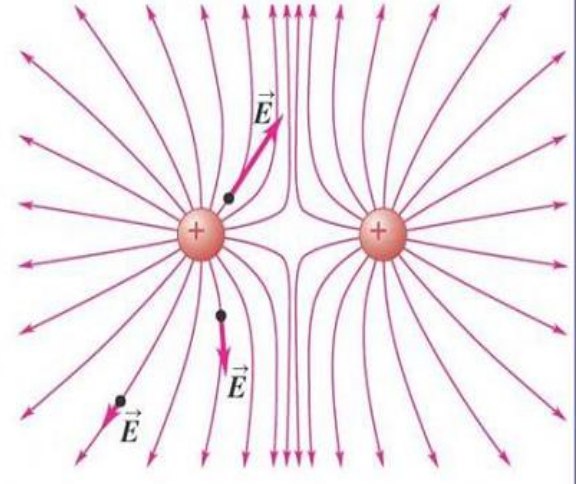
(a) Pozitif noktasal yük



(b) Dipol

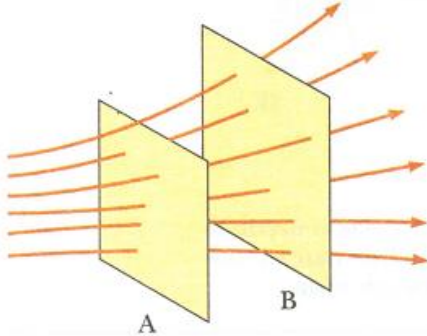


(c) İki eşit pozitif yük



1. Elektrik alan çizgileri sürekli dir. Pozitif yükten negatif yü ke doğrudur.
2. Belli bir noktada elektrik alan vektörü \vec{E} , o noktadan geçen alan çizgisine teğettir.
3. Alan çizgilerinin birbirine yakın oldu ğu yerlerde elektrik alan büyüktür.
4. Belli bir alan çizgisi üzerinde elektrik alan vektörü farklı de ğerler alabilir.

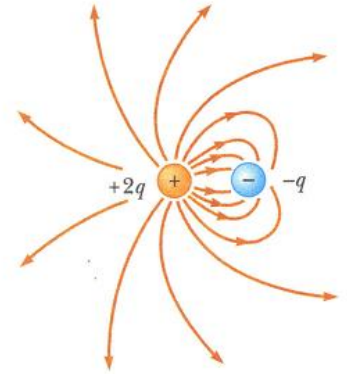
5. Alan çizgilerine dik bir birim yüzeyden geçen çizgilerin sayısı, o bölgedeki elektrik alanın büyüklüğü ile orantılıdır.



→ A yüzeyinde elektrik alan şiddeti daha büyük

6. Alan çizgileri sayısı yük miktarı ile doğru orantılıdır.

→ Örneğin, yandaki şekil için $+2q$ yükünden çıkan çizgi sayısı, $-q$ yükünde sonlanan çizgi sayısının 2 katıdır.



7. Alan çizgileri birbirlerini asla kesmezler.

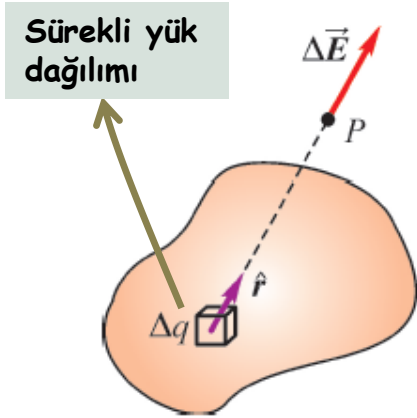
8. Alan çizgileri yörünge demek değildir.

→ Elektrik alan çizgilerini her konum için çizmek mümkün değildir, çizgiler sadece belli konumdakileri gösterir. Bu temsilci çizgilerle elektrik alanın bütünsel olarak nasıl görüldüğü ile ilgili bir fikir sahibi olunur. Ayrıca, çizim iki boyutla sınırlıdır, ancak elektrik alanın üç boyutta yayıldığını gözünüzde canlandırabilirsiniz.

(Bu sayfadaki şekiller [2]'den alınmıştır.)

3. Sürekli Yük Dağılımları:

❖ Belli bir yük topluluğunda, yükler arasındaki uzaklıklar, alanın hesaplanacağı noktaya göre çok küçükse bu **yük dağılımı sürekli** denir.



(Şekil, [3]'ten alınmıştır.)

1. $\Delta q \rightarrow$ çok küçük parça alınır.
2. Bu küçük parçanın oluşturduğu alan bulunur

$$\Delta \vec{E} = k \frac{\Delta q}{r^2} \hat{r}$$

3. Tüm Δq parçaları üzerinden toplam alınır.

$$\vec{E} = \sum \Delta \vec{E} = k \sum_i \frac{\Delta q_i}{r^2} \hat{r}_i$$

4. $\Delta q_i \rightarrow 0$ limit durumuna bakılır. (Sonlu toplam integralle yer değiştirir!!!)

$$\vec{E} = \lim_{\Delta q_i \rightarrow 0} \sum \Delta \vec{E} = \lim_{\Delta q_i \rightarrow 0} k \sum_i \frac{\Delta q_i}{r^2} \hat{r}_i \Rightarrow \int d\vec{E} = k \int \frac{dq}{r^2} \hat{r}$$

$$\vec{E} = \int d\vec{E} = k \int \frac{dq}{r^2} \hat{r}$$

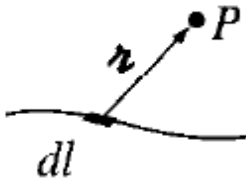
❖ Sürekli bir yük dağılımı bir uzunluk boyunca, bir yüzeye ya da hacme dağılmış olabilir.

$$\lambda \equiv \frac{Q}{L}, \quad \sigma \equiv \frac{Q}{A}, \quad \rho \equiv \frac{Q}{V}$$

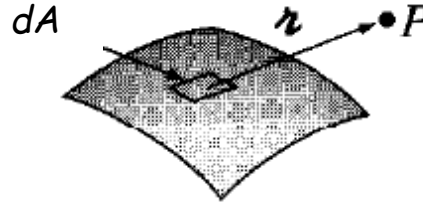
Boyca (çizgisel) yük yoğunluğu

Yüzeysel yük yoğunluğu

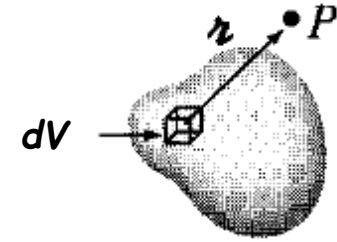
Hacimsel yük yoğunluğu



dl : sonsuz küçük çizgi elemanı



dA : sonsuz küçük yüzey elemanı



dV : sonsuz küçük hacim elemanı

$$dq = \lambda dl$$

$$\vec{E} = k \int \frac{\lambda dl}{r^2} \hat{r}$$

$$dq = \sigma dA$$

$$\vec{E} = k \int_A \frac{\sigma dA}{r^2} \hat{r}$$

Yüzey integrali, iki katlı bir integraldir.

$$dq = \rho dV$$

$$\vec{E} = k \int_V \frac{\rho dV}{r^2} \hat{r}$$

Hacim integrali, üç katlı bir integraldir.

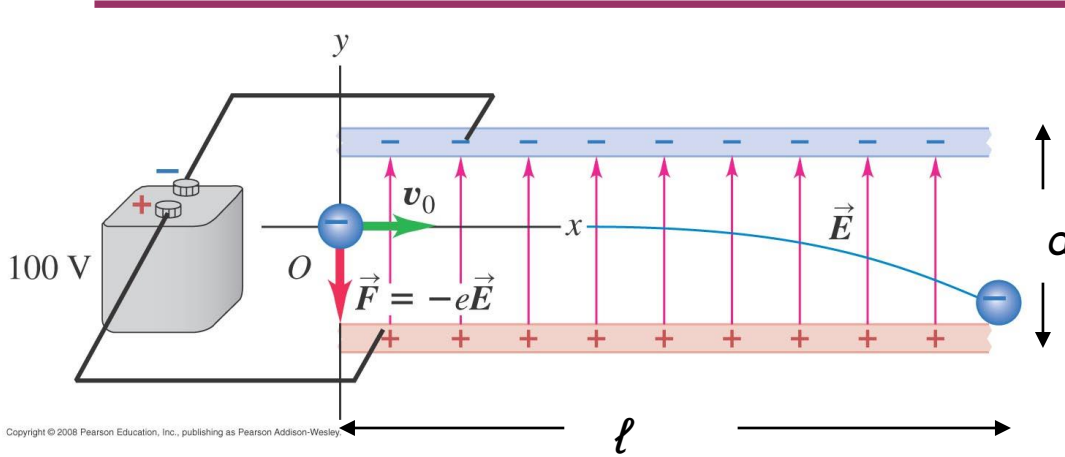
(Şekiller, [4]'ten alınmıştır.)

4. Düzgün elektrik alan içinde yüklü parçacığın hareketi

- Düzgün bir elektrik alan içerisindeki noktasal yüke etkiyen kuvvet:

$$\vec{F} = q\vec{E}$$

$$\vec{F} = m\vec{a}, \quad a = \frac{q|\vec{E}|}{m}$$



Şekilde düzgün elektrik alan içine v_0 ilk hızı ile fırlatılan elektron gösteriliyor. Parçacık, -y yönündeki ivmeden dolayı bu yönde bir hız kazanacak. Sabit ivmeli hareketin kinematiki kullanılarak;

$$\vec{v} = v_0 \hat{i} + \frac{qE}{m} t (-\hat{j}), \quad v_y = \frac{qE}{m} t$$

$$v_0 = \frac{l}{t}, \quad y = \frac{1}{2} at^2 \Rightarrow y = \frac{1}{2} \frac{qE}{m} \frac{l^2}{v_0^2}$$

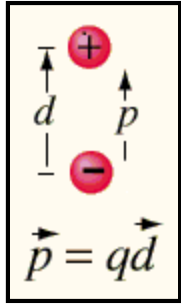
l : levhaların boyu

d : levhalar arası uzaklık

y : levhalar arasındaki sapma

5. Elektrik dipolü

- Aralarındaki uzaklık d olan eşit büyüklükte zıt işaretli iki yükten oluşan sisteme **elektrik dipolü** denir. Elektrik dipolü, bir elektrik dipol momente sahiptir.



$$\vec{p} = q\vec{d}$$

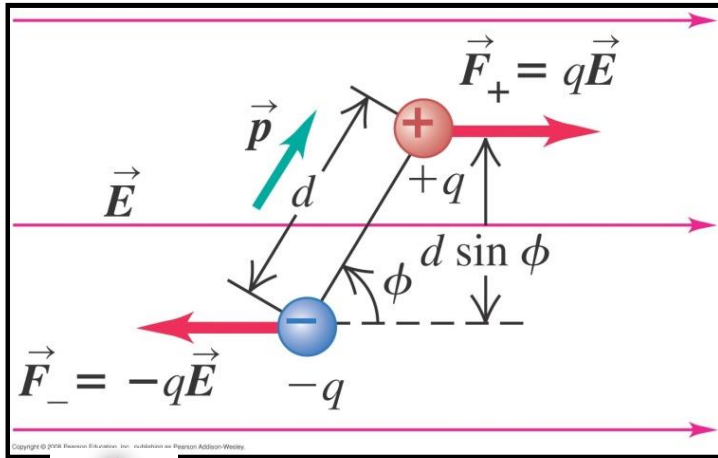
Elektrik dipol moment

- Elektrik dipol moment (\vec{p}), vektörel bir niceliktir ve yönü (-) yükten (+) yüke doğrudur.

(Şekil, [5]'ten alınmıştır.)

- Düzgün elektrik alanda dipole etkiyen kuvvet:

$$\sum \vec{F} = \vec{F}_+ + \vec{F}_- = 0$$



→ Dipol merkezine göre tork;

$$\tau = qE \frac{d}{2} \sin \phi + qE \frac{d}{2} \sin \phi$$

$$\tau = pE \sin \phi$$

$$\vec{\tau} = \vec{p} \times \vec{E}$$



Tork, dipol elektrik alana paralel olana kadar dipolü döndürür.

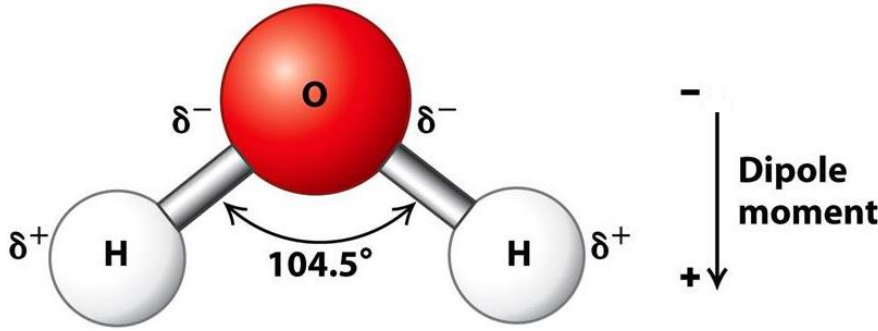
Dipolün potansiyel enerjisi :

$$U = -\vec{p} \cdot \vec{E}$$

Φ	τ	U	durum
0	0	Minumum ($U=-pE$)	p ve E paralel (kararlı denge)
$\pi/2$	Maksimum ($\tau=pE$)	0	p dik E
π	0	Maksimum ($U=pE$)	p ve E antiparalel (kararsız denge)

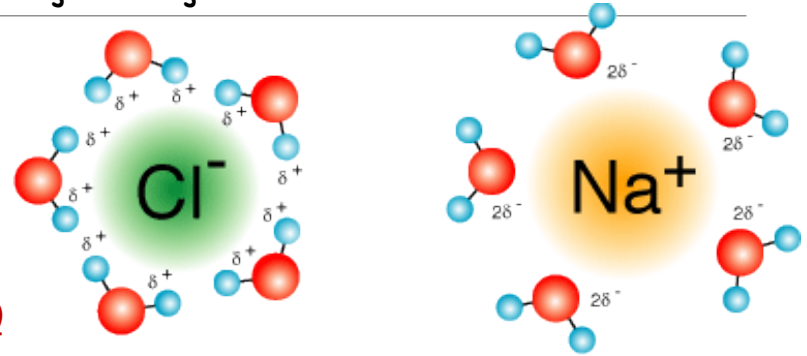
Elektrik dipolünün enerjisini soğuran bir mekanizma olmadığı sürece, belli bir Φ açı değerinde başladığı salınımını sürdürür. Bu salınımını $\Phi=0$ civarında sürdürür. Örneğin elektrik dipolü $\Phi=\pi/2$ ile salınıma başladığında tork maksimum, potansiyel enerji sıfırdır. Dipol $\Phi=0'$ a doğru gelirken tork azalır. $\Phi=0'$ da, potansiyel enerji minimum olduğundan bu bir kararlı denge durumudur. $\Phi = \pi'$ de potansiyel enerji maksimum olduğundan bu bir kararsız denge durumudur

Örnek: Su molekülü bir elektrik dipoldür.



(Şekil, [6]' dan alınmıştır.)

→ Bu nedenle su iyi bir çözücüdür. Örneğin NaCl molekülünün su içinde çözünmesi:



(Şekil, [7]' den alınmıştır.)

Çok az pozitif olan hidrojen; Cl iyonları tarafından çekilir

Çok az negatif olan oksijen; Na iyonları tarafından çekilir

▪ Su iyi bir çözücü olmasaydı hayat olmazdı!!! Vücuttaki tüm biyokimyasal süreçler su içinde gerçekleşir.

- Vücüdumuzun ~%75' i su.
- Protein ve glikojen gibi makromoleküllerin oluşmasını sağlar.
- Vitamin, mineral, glikoz ve amino asitler için çözücüdür.
- Besin öğelerinin taşınması ve toksinlerin atılmasını sağlar.

Kaynaklar

1. " Temel Fizik" , P.M. Fishbane, S.G.Thornton ve S.T.Gasiorowicz, Cilt-II, Arkadaş Yayınları, 2003, Ankara.
2. " Fen ve Mühendislik için Fizik, Cilt-2", R.A. Serway, R.J. Beichner, 5. baskıdan çeviri, Palme Yayıncılık 2002.
3. "Üniversiteler için Fizik", B. Karaoğlu, Seçkin Yayıncılık, 2012.
4. "Introduction to Electrodynamics", 3rd. Edition, D. Griffiths, Prentice Hall, 1999.
5. www.kuark.org/2012/11/elektrik-dipolu-ve-su-molekulu/
6. www.bio.miami.edu/tom/courses/bil255/bil255goods/02_bonds.html
7. www.grandinetti.org/Teaching/Chem121/Lectures/SolutionChemistry
8. **Diğer tüm şekiller** ; "Üniversite Fiziği Cilt-I ", H.D. Young ve R.A. Freedman, 12. Baskı, Pearson Education Yayıncılık 2009, Ankara