

1 14. ELEKTRİK ALAN

- 14.1 Elektrik Yüğü
- 14.2 Coulomb Yasası
- 14.3 Elektrik Alan



Daha iyi sonuç almak için, Adobe Reader programını **Tam Ekran** modunda çalıştırınız.
Sayfa çevirmek/Aşağısını görmek için, farenin sol/sağ tuşlarını veya PageUp/PageDown tuşlarını kullanınız.

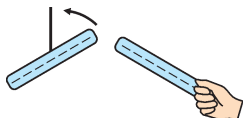
14.1 ELEKTRİK YÜKÜ

DeneySEL gözlemler:

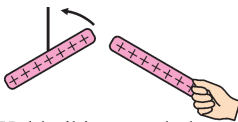
- Sürtünme ile elektriklenme. \Rightarrow



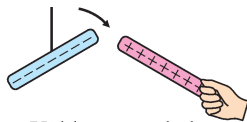
- Hem çekici, hem itici olabilen bir kuvvet:



Yüklü iki plastik çubuk birbirini iter.



Yüklü iki cam çubuk birbirini iter.



Yüklü cam çubuk plastik çubuğu çeker.

Elektriksel kuvvetin kaynağı \implies **elektrik yükü** ▼

Özellikleri:

- **Zıt işaretli iki tür elektrik yükü.**

Protonlar (p^+) artı yüklü, elektronlar (e^-) eksi yüklü kabul edildi. ▼

- **Elektrik yükü korunumludur.**

Kapalı bir bölgedeki elektrik yüklerin cebirsel toplamı sabit kalır. ▼

- **Elektrik yükü temel birim yükün katları olarak artar veya azalır.**

Temel birim yük = e (Yük kuantumu).

Elektron $-e$, proton $+e$ yüklü.

- **Elektrik yük birimi.** SI sisteminde **Coulomb (C)**:

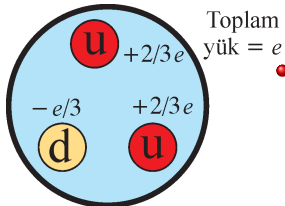
$$1 e = 1.6 \times 10^{-19} \text{ C} \quad (\text{elektron yükü})$$

▼ Pratikte

$$1 \text{ mC (mili Coulomb)} = 10^{-3} \text{ C}$$

$$1 \mu\text{C (mikro Coulomb)} = 10^{-6} \text{ C} \quad \blacktriangledown$$

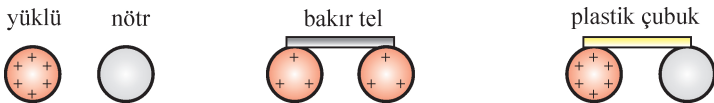
- SI birim sisteminde temel elektrik birimi **ampere (A)** dir.
Akım birimi ampere daha sonra Bölüm 20 de tanımlanacaktır. ▼



- Modern fizikte maddenin yapıtaşları olan **Kuark** adlı parçacıkların yükleri $e/3$ veya $2e/3$ olabilmektedir.

İletkenler ve Yalıtkanlar – Atomun Yapısı.

Biri sürtünmeyle elektriklenmiş, diğeri elektriklenmemiş (nötr) iki cisim.



Bakır telle birleştirilirse, elektrik yükün bir kısmı nötr cisme aktarılır.

Plastik çubukla temas ettirilirse, nötr cisim yük almaz. ▼

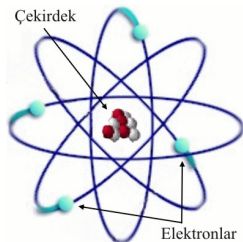
Bakır, demir gibi **metaller** \implies **İletken**,

Plasik, cam gibi maddeler \implies **Yalıtkan** ▼

Bunların dışında: **Yarıiletkenler** ve **süperiletkenler**

Bu iki tür maddenin yapısı ancak kuantum teorisiyle açıklanabilir.

Maddenin elektrik iletimi atom yapısıyla açıklanabilir: ▼

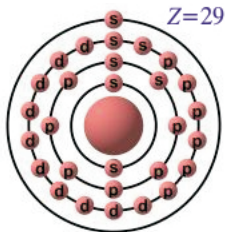


Pozitif yüklü bir **çekirdek** ve onun etrafında yörüngelerde dönen elektronlar (e^-).

Çekirdek içinde + yüklü protonlar (p^+) ile yüksüz nötronlar (n). ▼

- Elektronlar ancak belli yarıçaplardaki yörüngelerde bulunabilirler. ▼
- Her yörüngede bulunabilecek elektron sayısı sınırlıdır.
En içten itibaren 2 elektron, 8 elektron, 18 elektron ... ▼
- Yörünge alabileceği kadar elektronla dolmuşsa → **kapalı yörünge**
Bir sonraki elektron daha dış bir yörüngeye yerleşmek zorundadır.

- İç yörüngelerdeki elektronlar çekirdeğe daha kuvvetli bağlı olurlar. Dış yörüngelere gidildikçe bağ zayıflar. Özellikle, en dıştaki tam dolmamış yörüngedeki 1-2 elektron çok zayıf bağlı olurlar. ▽



Bakır atomu ($Z = 29$)

Atomlar katı ortamda bir araya geldiğinde: ▽

Metallerde dış yörüngede bulunan 1-2 elektron kendiliğinden serbest kalırlar. ▽

Yalıtkanlarda dış yörüngeler tam dolu olduğundan, kendi atomlarına sıkıca bağlı kalırlar. ▽

Elektrik iletkenliğinin kaynağı bu **serbest elektronlar**dır.

Metallerde serbest elektronlar bir yerden diğerine kolayca aktarıldıkları için iletken olurlar.

Yalıtkanlarda serbest elektron bulunmadığı için yük aktaramazlar.

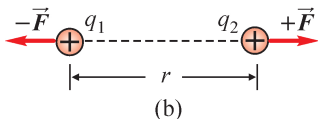
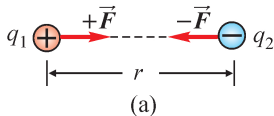
14.2 COULOMB YASASI

Coulomb Yasası

İki elektrik yükü arasındaki kuvvetin şiddeti yüklerin çarpımıyla doğru, aralarındaki uzaklığın karesiyle ters orantılıdır:

$$F = k \frac{q_1 q_2}{r^2}$$

Aynı işaretli yükler birbirini iter, zıt işaretli yükler birbirini çekerler.



- Coulomb yasası durgun yükler için geçerlidir. Bu yüzden, **elektrostatik kuvvet** diye de bilinir. ▽

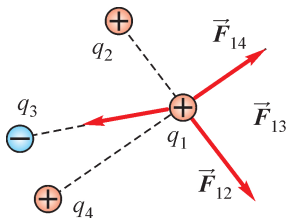
- **Coulomb sabiti** : $k = 8.99 \times 10^9 \approx 9 \times 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2/\text{C}^2$ ▽

- Diğer kullanışlı bir sabit:

$$k = \frac{1}{4\pi \epsilon_0} \quad \longrightarrow \quad \epsilon_0 = \frac{1}{4\pi k} = 8.85 \times 10^{-12} \text{ C}^2/(\text{N} \cdot \text{m}^2)$$

ϵ_0 : **Boşluğun elektrik geçirgenliği.** ▽

Çok Sayıda Yükün Coulomb Kuvveti:



İkiden fazla yük varsa, herbiri üzerindeki net kuvvet, diğer yüklerin uyguladıkları kuvvetlerin *vektörel toplamı* olur:

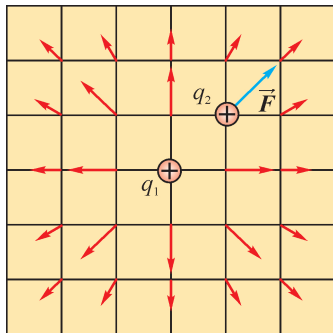
Şekildeki q_1 üzerindeki net kuvvet:

$$\vec{F}_1 = \vec{F}_{12} + \vec{F}_{13} + \vec{F}_{14}$$

14.3 ELEKTRİK ALAN

Elektriksel etkileşmeye farklı bir bakış açısı:

$$F = k \frac{q_1 q_2}{r^2} = q_2 \underbrace{\left(\frac{k q_1}{r^2} \right)}_{E_1} \quad \blacktriangledown$$



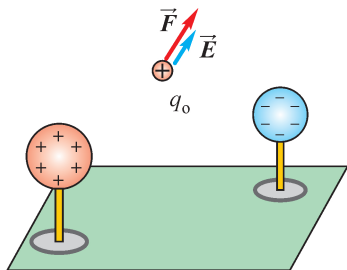
Bu bakış açısında:

- q_1 yükü uzayın her noktasında bir **elektrik alan** oluşturuyor. \blacktriangledown
- q_2 yükü bu elektrik alanla etkileşiyor:

$$F = q_2 E_1$$

Tanım: Küçük bir pozitif q_0 **test yüküne** uzayda bir noktada etkiyen elektrostatik kuvvet \vec{F} ise, uzayın o noktasındaki elektrik alan,

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



Bunun tersi de doğrudur: \vec{E} elektrik alanında bir q yüküne etkiyen kuvvet,

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

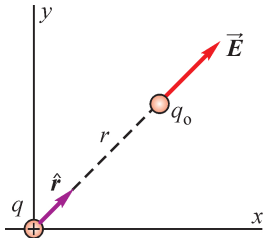
- Elektrik alan "birim yüke etkiyen kuvvet" olarak da düşünülebilir. ▼
- Elektrik alan birimi: newton/coulomb (N/C). ▼
- $\vec{F} = q\vec{E}$ tanımına göre:
 - Konulan q yükü pozitif ise, \vec{E} ile \vec{F} aynı yönde,
 - q yükü negatif ise, \vec{E} ile \vec{F} zıt yönde olurlar.

Basit kural:

Pozitif yükler daima elektrik alan yönünde gitmek isterler, negatif yükler ters yönde.

Noktasal Yükün Elektrik Alanı:

Orijinde bulunan bir q yükünün \vec{r} konumlu bir yerdeki q_0 test yüküne uyguladığı Coulomb kuvveti:

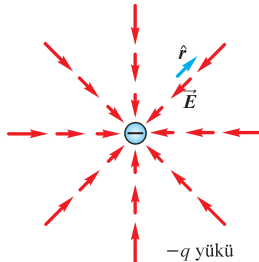
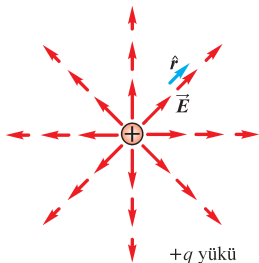


$$F = k \frac{q q_0}{r^2} \quad \blacktriangledown$$

Elektrik alan tanımına göre,

$$E = \frac{F}{q_0} \quad \longrightarrow \quad E = \frac{kq}{r^2}$$

Elektrik alan vektörünün yönü :



\hat{r} : Konum vektörü \vec{r} yönünde birim vektör: ▼

- q pozitif ise (itici kuvvet): \vec{E} orijinden dışa doğru, \hat{r} ile aynı yönde.
- q negatif ise (çekici kuvvet): \vec{E} orijine yönelik, yani $-\hat{r}$ yönünde. ▼

$$\vec{E} = \frac{kq}{r^2} \hat{r} \quad (\text{Noktasal yükün elektrik alanı})$$

Hem pozitif hem de negatif q için \vec{E} yönünü doğru veren ifade.

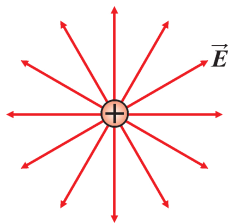
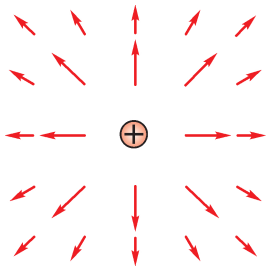
Elektrik Alan Çizgileri

Elektrik alanı gözönüne getirmeyi kolaylaştırır. ▽

Orijindeki pozitif q yükünün oluşturduğu \vec{E} alanı:

$$\vec{E} = \frac{kq}{r^2} \hat{r} \quad \blacktriangledown$$

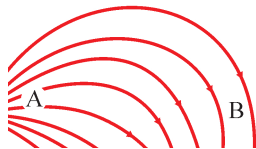
Bu elektrik alan için, uzayın her noktasında sonsuz sayıda küçük oklar çizmek yerine, bu okların geometrik yeri olan eğrileri çizelim.



Elektrik alan çizgilerinin özellikleri:

- Bir noktadaki **elektrik alan vektörü**, eğriye o noktada çizilen **teğet doğrultusunda** ve ok yönünde olur. ▼

- Bir noktadaki **elektrik alan şiddeti**, o nokta civarındaki eğri demetinin **sıklığı** ile orantılıdır.



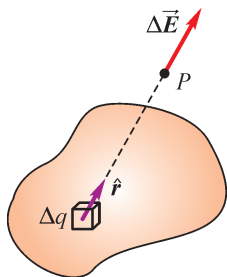
Hangi noktada elektrik alan şiddeti daha büyüktür? ▼

- Elektrik alan çizgileri (+) yüklerde başlar, (-) yüklerde, veya sonsuzda biter. ▼
- Elektrik alan çizgileri birbirini kesmez.
Tersi olsaydı çelişkili olurdu.

Sürekli Dağılmış Yükün Elektrik Alanı ▽

Bir bölgeye sürekli dağılmış yük.

Bunu $\Delta q_1, \Delta q_2, \dots$ gibi küçük yük elemanlarına böluştürelim.



Bu elemanlardan herhangi bir Δq_i elemanının elektrik alana $\Delta \vec{E}$ katkısı:

$$\Delta \vec{E}_i = \frac{k \Delta q_i}{r_i^2} \hat{r}_i \quad \blacktriangledown$$

Toplam elektrik alan, bu küçük katkıların vektörel toplamı olur:

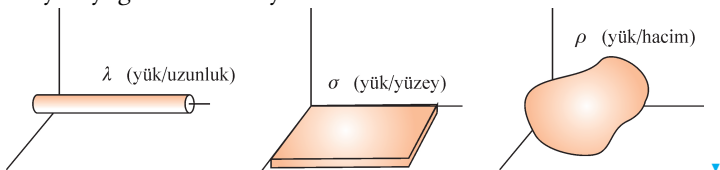
$$\vec{E} \approx \sum_i \Delta \vec{E}_i = \sum_i \frac{k \Delta q_i}{r_i^2} \hat{r}_i \quad \blacktriangledown$$

$\Delta q_i \rightarrow 0$ limitine gidildiğinde bu toplam integrale dönüşür:

$$\vec{E} = k \int \frac{dq}{r^2} \hat{r} \quad (\text{Sürekli dağılmış yükün } E \text{ alanı})$$

Yük Yoğunlukları

Olabilecek yük yoğunlukları ve yük elemanları:



- **Boyca yük yoğunluğu (λ):**

$$\lambda = \frac{Q}{L} \quad \longrightarrow \quad dq = \lambda dL \quad \blacktriangledown$$

- **Yüzey yük yoğunluğu (σ):**

$$\sigma = \frac{Q}{A} \quad \longrightarrow \quad dq = \sigma dA \quad \blacktriangledown$$

- **Hacim yük yoğunluğu (ρ):**

$$\rho = \frac{Q}{V} \quad \longrightarrow \quad dq = \rho dV$$

* * * 14. Bölümün Sonu * * *