

FİZİK II

ELEKTRİK VE MANYETİZMA



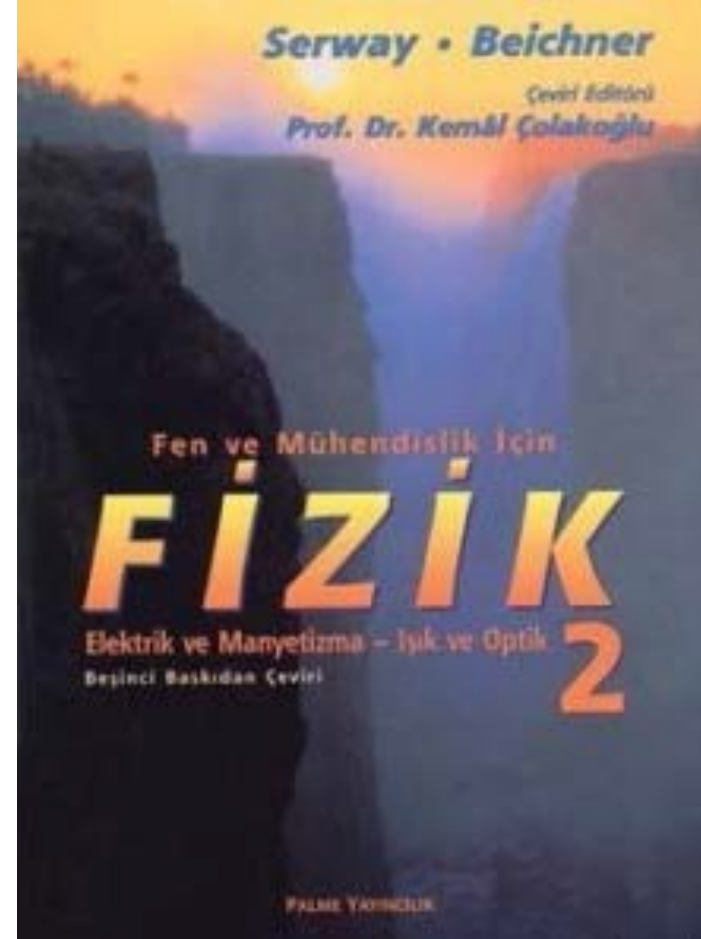
ELEKTRİK VE MANYETİZMA

- Bu dönem işlenecek konular

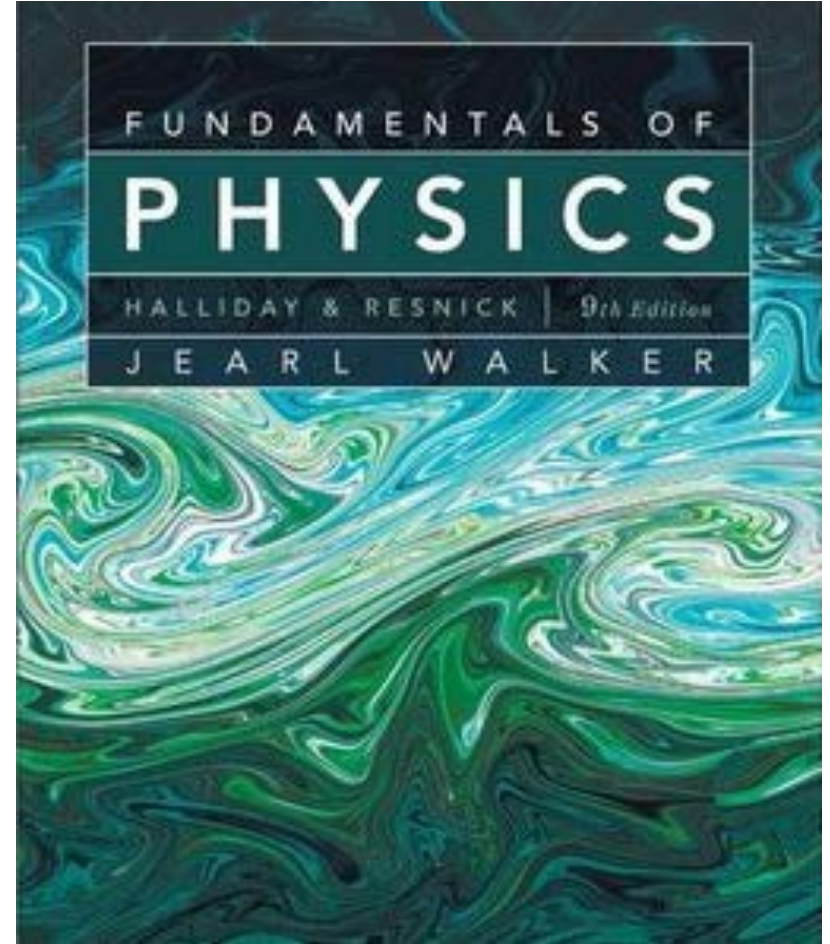
- Elektrik Yüklerin Özellikleri, Elektrik alanları, Coulomb Yasası,
- Elektrik Akısı, Gauss Yasası ve Uygulamaları,
- Elektrik Potansiyeli, Düzgün Bir Elektrik Alanında Potansiyel Farkları, Sürekli Yük Dağılımından İleri Gelen Elektrik Potansiyeli,
- Sığa, Kondansatörlerin Bağlanması, Yüklü Kondansatörlerde Depolanan Enerji, Dielektrikli Kondansatörler,
- Elektrik Akımı, Direnç ve Ohm Yasası, Elektrik Enerjisi ve Güç,
- Emk Kaynakları, Doğru Akım Devreleri, Kirchhoff Kuralları, RC Devreleri,
- Manyetik Alanlar, Düzgün Manyetik Alanda Yüklü Bir Parçacığın Hareketi,
- Biot Savart Yasası, İki Paralel İletken Arasındaki Manyetik Kuvvetler, Ampere Yasası,
- Faraday İndüksiyon Yasası, Hareketsel emk, Lenz Yasası,
- Öz İndüksiyon, RL Devreleri, Manyetik Alanda Depolanan Enerji
- Alternatif Akım Devreleri,
- Alternatif Akım Devreleri,
- Maxwell Denklemleri,
- Elektromanyetik Dalgalar

DERS NOTLARININ
HAZIRLANMASINDA
YARARLANILAN KAYNAK KİTAPLAR

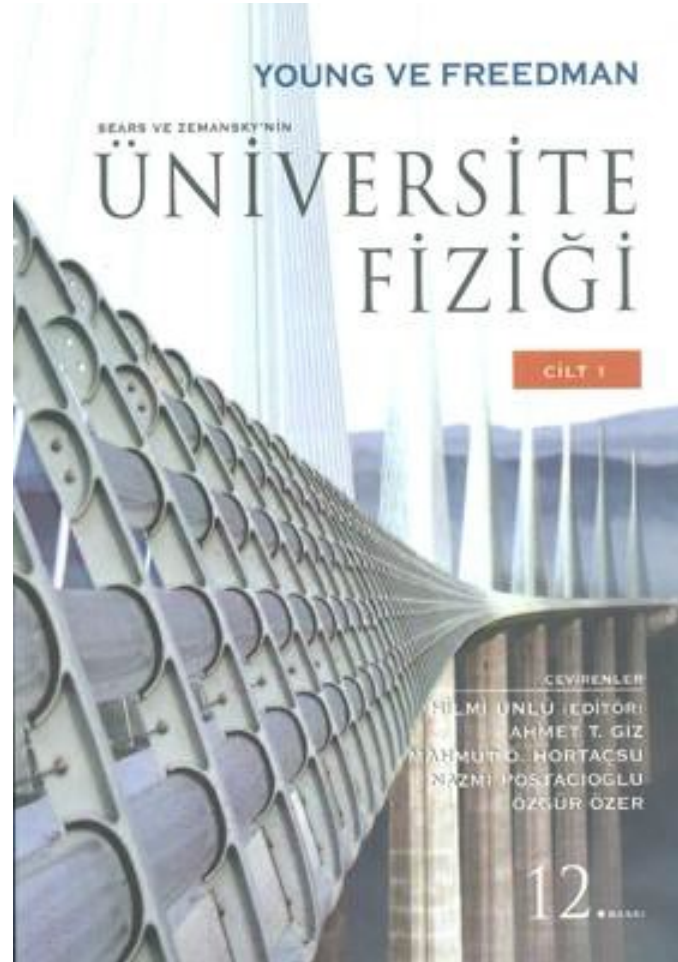
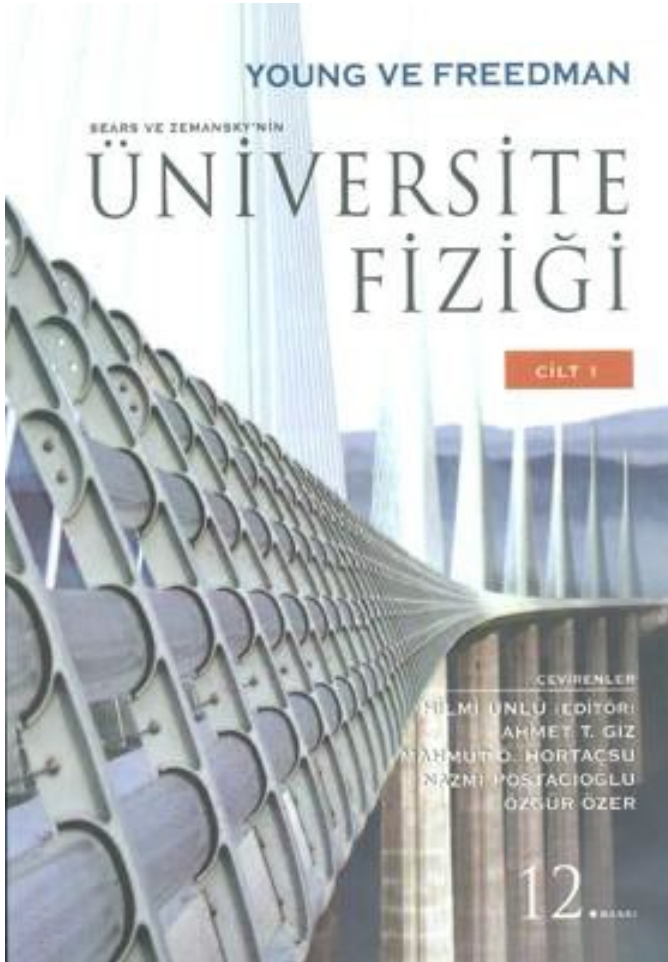
Fen ve Mühendislik İçin FİZİK (Ders Kitap)
(Raymond A. SERWAY ve John W. JEWETT)



Fiziğin Temelleri (Yardımcı Kitabı)
(David HALLIDAY, Robert RESNICK, Jearl WALKER)



Üniversite Fiziği (Yardımcı Kitap)
(Hugh D. YOUNG ve Roger A. FREEDMAN)



Elektrik ve Manyetizma

Bu dönem, Fizik dersinde, fiziğin elektrik ve manyetizma olayları ile ilgili dalını inceleyeceğiz.

Elektrik ve manyetizma radyo, televizyon, elektrik motoru, bilgisayar ve benzeri elektronik aygıtların çalışmasında başlıca rol oynarlar.

Katı ve sıvıların oluşmasını sağlayan atomlar ve moleküller arası kuvvetler temelde elektrik kökenlidir.

Eski Yunanlılar M.Ö. 700 yıllarında elektrik ve manyetizma olaylarını gözlemlediler. Bir kehribar parçasının sürtünmeyle elektriklenip saman parçalarını çektiklerini gördüler.

Doğal mıknatıs-manyetit (Fe_2O_3) parçalarının demir tarafından çekilmesi gözlemlerinden manyetik kuvvetlerin varlığını biliyorlardı.

Elektrik: Kehribarın Yunanca elektron adından ve

Manyetik: Manyetin ilk bulunduğu Magnesia "Manisa" bölgesinin adından gelmektedir.

Elektrik ve Manyetizma

İngiliz William Gilbert, 1600'lerde elektriklenmenin kehribarla sınırlı kalmayıp, genel bir olay olduğunu ortaya çıkarmıştır.

Elektrikte ters kare kuvvet yasası, 1785'de Charles Coulomb'un deneyleri ile doğrulandı.

Elektrik ve Manyetizmanın gerçekte birbiri ile ilgili olduğu 19. yüzyılın başlarına dek ortaya konulamadı.

Hans Oersted 1819'da, akım geçiren bir elektrik devresi yakınına konulan bir pusula iğnesinin saptığını belirledi.

Michael Faraday ve Joseph Henry 1831'de hemen hemen aynı zamanda bir telin bir mıknatıs yakınında (veya eşdeğer biçimde bir mıknatısın bir tel yakınında) hareket ettirilmesiyle telde bir akım oluştuğunu gösterdiler.

Elektrik ve Manyetizma

James Clark Maxwell 1873'de bu gözlemleri ve başka deneysel olguları bugün bildiğimiz elektromanyetik yasaları formüllemekte temel olarak kullandı.

1888'de Heinrich Hertz, elektromanyetik dalgaları laboratuvarında oluşturarak Maxwell'in öngörülerini doğruladı.

Bunu radyo ve televizyon gibi uygulamalardaki gelişmeler izledi.

Maxwell'in elektromanyetizmaya katkısı formüllediği yasaların tüm elektromanyetik olaylara temel oluşturması bakımından özellikle önemli olmuştur.

Maxwell'in bu çalışması, Newton'un kütle çekim kuramı ve hareket yasaları kadar önemlidir.

Elektrik ve Manyetizma



James Clerk
Maxwell

Maxwell Denklemleri

Gauss Yasası

(**E**'nin kaynağı elektrik yükleridir)

$$\nabla \cdot \mathbf{E} = \frac{\rho}{\epsilon_0}$$

$$\oint \mathbf{E} \cdot d\mathbf{A} = \frac{q}{\epsilon_0}$$

Gauss Yasasının benzeri

(Manyetik yükler yoktur)

$$\nabla \cdot \mathbf{B} = 0$$

$$\oint \mathbf{B} \cdot d\mathbf{A} = 0$$

Faraday Yasası

(**B** değiştiğinde **E**)

$$\nabla \times \mathbf{E} = -\frac{\partial \mathbf{B}}{\partial t}$$

$$\oint \mathbf{E} \cdot d\mathbf{s} = -\frac{d\Phi_B}{dt}$$

Amper Yasası

(**E** yokken **B**'nin değişimi **I** oluşturur)

$$\nabla \times \mathbf{B} = \mu_0 \mathbf{J} + \mu_0 \epsilon_0 \frac{\partial \mathbf{E}}{\partial t}$$

$$\oint \mathbf{B} \cdot d\mathbf{s} = \mu_0 I + \mu_0 \epsilon_0 \frac{d\Phi_E}{dt}$$

1. Elektrik Yükü ve Elektrik Alanları

1. Elektrik Yüklerinin Özellikleri
2. Yalıtkanlar ve İletkenler
3. Coulomb Yasası
4. Elektrik Alanı
5. Sürekli Bir Yük Dağılımının Elektrik Alanı
6. Elektrik Alan Çizgileri
7. Düzgün Bir Elektrik Alanında Yüklü Parçacıkların Hareketi

1. Elektrik Yüğü ve Elektrik Alanları

- Doğanın temel kuvvetlerinden biri, yüklü parçacıklar arasındaki elektromanyetik kuvvettir. Bu bölümde elektromanyetik kuvvetlerin başlıca özelliklerini anlatıp, iki yüklü parçacık arasındaki temel kuvvet yasası olan Coulomb yasasını tartışacağız. Daha sonra Elektrik alanı ve yüklü parçacıklar üzerindeki etkisini inceleyeceğiz. Ayrıca belli bir yük dağılımının Elektrik alanının Coulomb yasasında nasıl hesaplanacağını inceleyeceğiz. Son olarak da yüklü bir parçacığın düzgün bir elektrik alandaki hareketini inceleyeceğiz.

1. Elektrik Yükü ve Elektrik Alanları

1.1 Elektrik Yüklerinin Özellikleri

Elektrik yükleri ve kuvvetlerinin varlığını göstermek için birkaç basit deney yapabiliriz.

Saçınızı kuru bir günde taradıktan sonra , tarağın kağıt parçalarını çekeceğini göreceksiniz.

Şişirilmiş bir balonun yünle ovulması durumunda balon odanın duvarı veya tavanına saatlerce yapışık kalabilir.

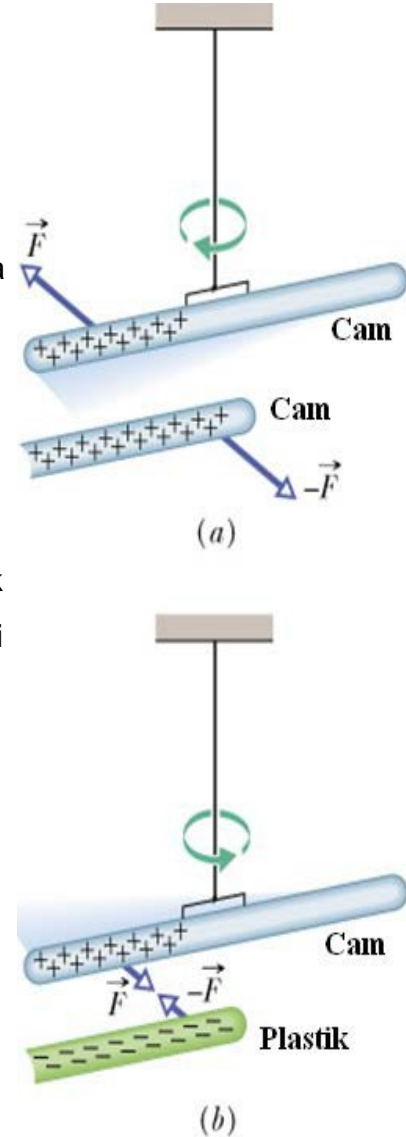
Ayakkabılarınızı yün bir halıya iyice sürterek, vücudunuzu kolayca elektrikleylebilirsiniz. Havadaki aşırı nem vücudunuzda biriken yükün toprağa kaçmasına yol açacağından bu tür deneyler kuru havalarda en iyi sonuç verir.

Bir dizi basit deneylerle Amerikalı fizikçi Benjamin Franklin artı ve eksi adını verdiği iki çeşit yük bulmuştur.

Yandaki şekil 2 ayrı elektrik yükünün varlığını ispatlamaktadır. Cam veya plastik çubuklar ipek veya kürke sürtüldüklerinde elektrikleymiş olurlar. Elektrikleymiş çubuklar birbirlerine bir kuvvet etkendirirler. Cam ile plastik çubuktaki yüklerin birbirinden farklı olduğu açıktır.

Cam çubukta oluşan elektrik yüküne artı, plastik çubukta oluşan elektrik yüküne eksi isim vererek elektrik kuvvetlerine bir anlatım getirmiştir.

Deney sonuçlarına göre aynı cins elektrik yükleri birbirlerini iterler, ayrı cins elektrik yükleri ise birbirlerini çekerler.



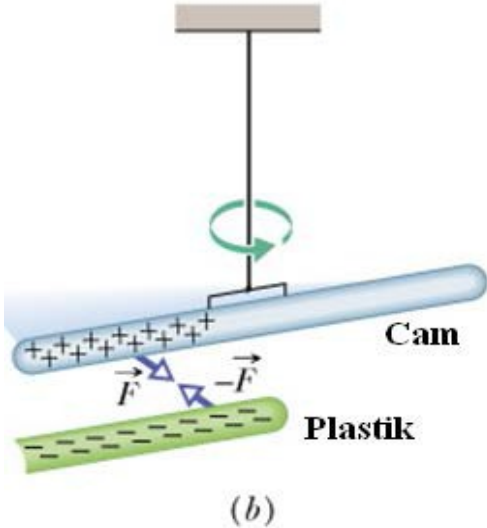
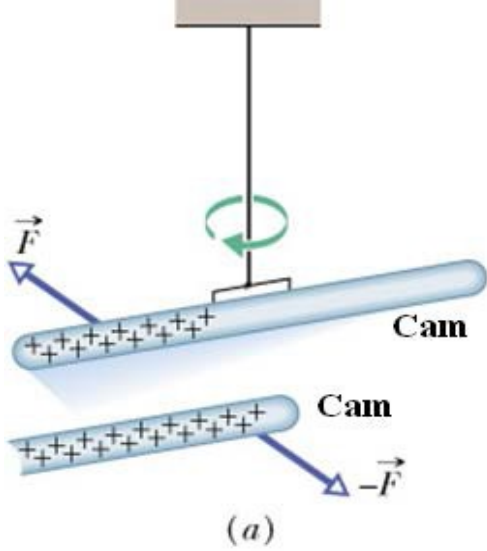
1. Elektrik Yükü ve Elektrik Alanları

1.1 Elektrik Yüklerinin Özellikleri

B. Franklin'in elektrik modelinin bir başka önemli yanı, **elektrik yükünün daima korunuyor olmasıdır**. Yani, bir cisim bir başkasına sürtüldüğünde yük oluşmaz, elektriklenme yükün bir cisimden diğerine geçmesiyle olur. Böylece cisimlerin biri bir miktar eksi yük kazanırken diğeri artı yük kazanır.

Robert Millikan 1909'da elektrik yükünün her zaman bir temel e yük biriminin tam katları halinde bulunduğunu keşfetti. Yani **q yükü kuantumlanmıştır**. N tam sayı olmak üzere $q=Ne$ 'dir.

Aynı dönem yapılan deneyler, elektronun yükünü $-e$ ve protonun yükünün $+e$ olduğu ortaya koymuştur. Nötr parçacıkların elektrik yükleri yoktur.



1. Elektrik Yüğü ve Elektrik Alanları

1.1 Elektrik Yüğülerinin Özellikleri

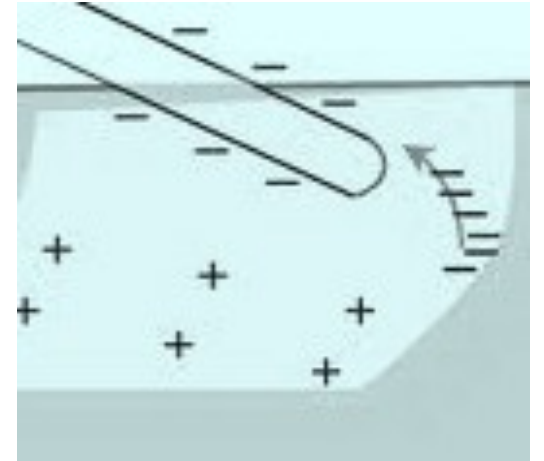
Elektrik Yüğüünün Özellikleri:

Doğada iki tür yük bulunur.

Benzer olanlar birbirlerini iterler, farklı olanlar ise birbirlerini çekerler.

Yük korunumludur.

Yük kuantumludur.



1. Elektrik Yüğü ve Elektrik Alanları

1.1 Elektrik Yüğülerinin Özellikleri

Elektriksel **iletkenler**, elektrik yüğülerinin içinde özgürce hareket ettikleri, **yalıtkanlar** ise edemedikleri maddelerdir.

Cam, plastik gibi maddeler elektriksel yalıtkan sınıfına girerler. Bu tür maddeler sürtölerek yüğülendiklerinde yalnızca sürtünen bölgeler yüğülenir ve bu yüğü maddenin başka tarafına geçemez.

Bakır, Gümüş, alüminyum gibi maddeler iyi elektriksel iletkenlerdir. Bu maddelerin küçük bir bölgesi yüğülenildiğinde yüğü iletkenin tüm yüzeyine çabukça dağılır.

Yarıiletkenler elektriksel özellikleri yalıtkanlarla iletkenler arasında bir yerde bulunan üçüncü bir madde sınıfıdır. Silisyum, germanyum gibi transistör ve ışık veren diyot gibi çeşitli elektronik aygıtların üretiminde sıkça kullanılan yarıiletkenlerin iyi bilinen örnekleridir.

1. Elektrik Yükü ve Elektrik Alanları

1.3 Coulomb Yasası

Charles Coulomb, kendi buluşu olan burulma terazisini kullanarak, yüklü cisimler arasındaki Elektrik kuvvetlerinin büyüklüklerini ölçtü. Coulomb, yüklü iki küçük küre arasındaki elektrik kuvvetinin $F \propto 1/r^2$ şeklinde, aralarındaki r uzaklığının karesiyle ters orantılı olduğunu doğruladı.

Coulomb yasasına göre:

Kuvvet, parçacıkları birleştiren doğru boyunca yönelmiş olup aralarındaki uzaklığın karesiyle ters orantılıdır.

Kuvvet, parçacıklardaki q_1 ve q_2 yüklerinin çarpımıyla orantılıdır.

Kuvvet, yükler zıt işaretli olduğunda çekici, aynı işaretli olduğunda iticidir. Gravitasyon daima bir çekim kuvvetidir. Bu ise elektriksel yükün iki ayrı cins, kütlenin ise tek cins olduğu gerçeğini ortaya koyar.

Bu durumda k_e Coulomb sabiti olmak üzere **Coulomb** kuvveti:

$$F_e = k_e \frac{|q_1| |q_2|}{r^2}$$

Parçacık	Yük (C)	Kütle (kg)
Elektron (e)	-1.6021917x10 ⁻¹⁹	9.1095x10 ⁻³¹
Proton (p)	1.6021917x10 ⁻¹⁹	1.67261x10 ⁻²⁷
Nötron (n)	0	1.67492x10 ⁻²⁷

$$k_e = 8.9875 \times 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2 / \text{C}^2$$

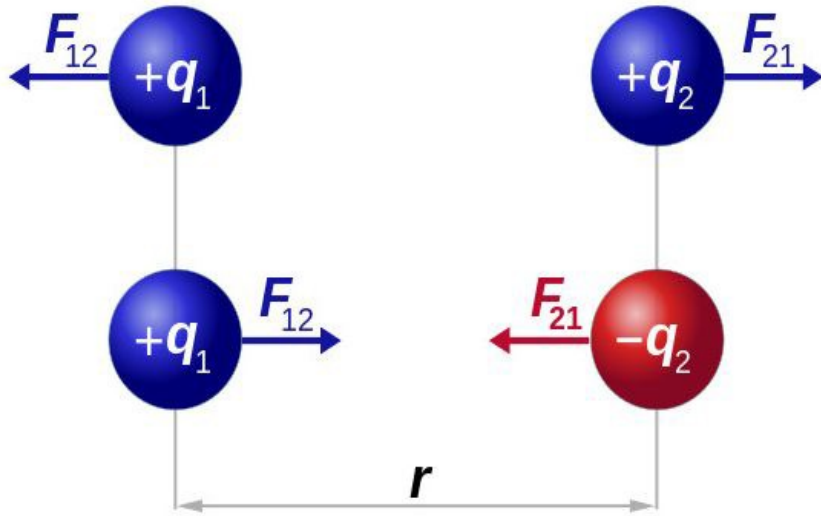
$$k_e = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}$$

Burada ϵ_0 , boş uzayın elektriksel geçirgenliği olarak bilinir ve değeri $8.85 \times 10^{-12} \text{ C}^2 / (\text{N} \cdot \text{m}^2)$ dir.

1. Elektrik Yükü ve Elektrik Alanları

1.3 Coulomb Yasası

Coulomb kuvveti vektörel bir niceliktir. Bu durumda Coulomb kuvveti:



$$\mathbf{F}_{12} = k_e \frac{q_1 q_2}{r^2} \hat{\mathbf{r}}$$

$$\mathbf{F}_{21} = -\mathbf{F}_{12}$$

$$\mathbf{F}_{21} = -\mathbf{F}_{12}$$

$$F = G \frac{m_1 m_2}{r^2}$$

Coulomb kuvveti ve Newton'un gravitasyonel kuvveti aynı formdadır. Tek fark, gravitasyonel kuvveti her zaman çekici bir kuvvettir. Buna karşın Coulomb kuvveti, yüklerin işaretine bağlı olarak çekici veya itici olabilir.

1. Elektrik Yükü ve Elektrik Alanları

Örnek 1:

Hidrojen atomundaki elektron ve proton arasındaki uzaklık ortalama olarak yaklaşık 5.3×10^{-11} m'dir. Bu parçacıklar arasındaki elektriksel ve kütle çekim kuvvetlerinin büyüklüğünü bulunuz.

$$F_e = k_e \frac{|q_1||q_2|}{r^2} \quad k_e = 8.9875 \times 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2/\text{C}^2$$

$$F_e = k_e \frac{|e||-e|}{r^2} = (8.99 \times 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2/\text{C}^2) \frac{(1.60 \times 10^{-19} \text{ C})^2}{(5.3 \times 10^{-11} \text{ m})^2} = 8.2 \times 10^{-8} \text{ N}$$

$$\begin{aligned} F_g &= G \frac{m_e m_p}{r^2} \\ &= (6.67 \times 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2/\text{kg}^2) \\ &\quad \times \frac{(9.11 \times 10^{-31} \text{ kg})(1.67 \times 10^{-27} \text{ kg})}{(5.3 \times 10^{-11} \text{ m})^2} \\ &= 3.6 \times 10^{-47} \text{ N} \end{aligned}$$

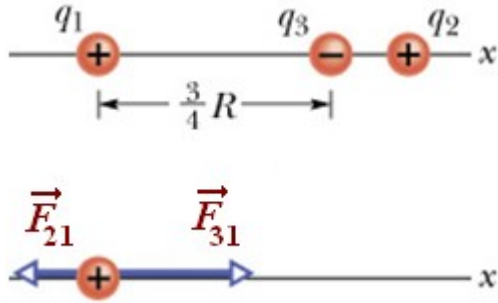
Parçacık	Yük (C)	Kütle (kg)
Elektron (e)	$-1.6021917 \times 10^{-19}$	9.1095×10^{-31}
Proton (p)	$1.6021917 \times 10^{-19}$	1.67261×10^{-27}
Nötron (n)	0	1.67492×10^{-27}

Atomdaki yüklü parçacıklar arasındaki kütle çekim kuvveti, elektriksel kuvvetin yanında önemsenmeyebilir. İki kuvvet arasında biçimsel benzerlik vardır.

Gravitasyon daima bir çekim kuvvetidir. Bu ise elektriksel yükün iki ayrı cins, kütle için ise tek cins olduğu gerçeğini ortaya koyar.

$$F_e/F_g \approx 2 \times 10^{39}$$

1. Elektrik Yükü ve Elektrik Alanları



Coulomb Yasası ve Üstüste Binme İlkesi:

Bir yük grubunun belirli bir yüke uyguladığı net kuvvet, tüm yüklerin uyguladığı kuvvetlerin vektörel toplamına eşittir.

Örneğin, q_2 ve q_3 yükleri tarafından q_1 yüküne uygulanan net kuvvet (F_1),

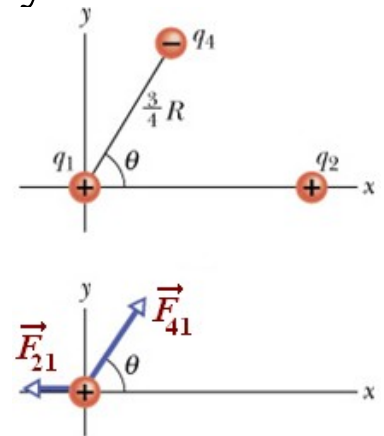
$$\vec{F}_1 = \vec{F}_{21} + \vec{F}_{31}$$

ile verilir. Burada, \vec{F}_{21} ve \vec{F}_{31} sırasıyla q_2 ve q_3 yüklerinin q_1 yüküne uyguladığı kuvvetlerdir. q_1 yüküne etkiyen n tane nokta yük olması durumunda ise net kuvvet,

$$\vec{F}_1 = \vec{F}_{21} + \vec{F}_{31} + \vec{F}_{41} + \dots + \vec{F}_{n1} = \sum_{i=2}^n \vec{F}_{i1}$$

ile ifade edilir.

$$\vec{F}_1 = \vec{F}_{21} + \vec{F}_{41}$$



1. Elektrik Yükü ve Elektrik Alanları

Örnek 2:

q_3 yüküne etki eden bileşke kuvveti bulunuz.

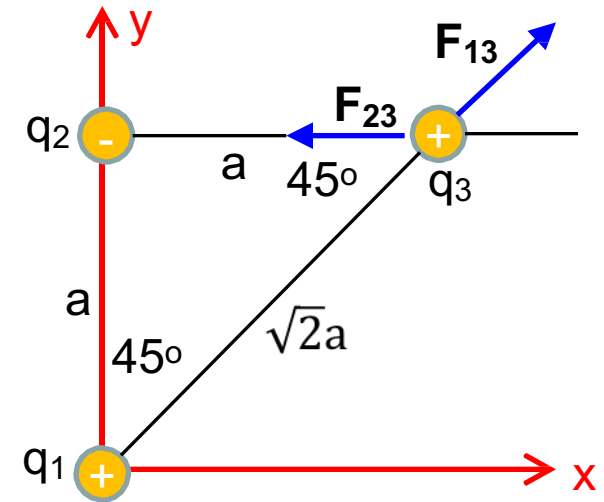
$$q_2 = -2.0 \mu\text{C}, \quad q_1 = q_3 = 5.0 \mu\text{C} \quad a = 0.10 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} F_{23} &= k_e \frac{|q_2||q_3|}{a^2} \\ &= (8.99 \times 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2/\text{C}^2) \frac{(2.0 \times 10^{-6} \text{ C})(5.0 \times 10^{-6} \text{ C})}{(0.10 \text{ m})^2} \\ &= 9.0 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} F_{13} &= k_e \frac{|q_1||q_3|}{(\sqrt{2}a)^2} \\ &= (8.99 \times 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2/\text{C}^2) \frac{(5.0 \times 10^{-6} \text{ C})(5.0 \times 10^{-6} \text{ C})}{2(0.10 \text{ m})^2} \\ &= 11 \text{ N} \end{aligned}$$

$$F_{3x} = F_{13x} + F_{23x} = 7.9 \text{ N} + (-9.0 \text{ N}) = -1.1 \text{ N}$$

$$F_{3y} = F_{13y} + F_{23y} = 7.9 \text{ N} + 0 = 7.9 \text{ N}$$



$$F_{13x} = F_{13} \cos 45^\circ = 7.9 \text{ N}$$

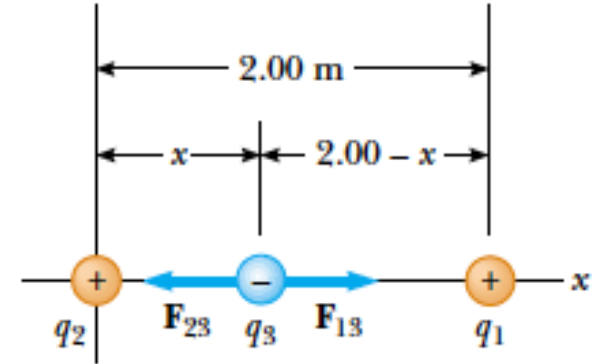
$$F_{13y} = F_{13} \cos 45^\circ = 7.9 \text{ N}$$

$$\mathbf{F}_3 = (-1.1\hat{\mathbf{i}} + 7.9\hat{\mathbf{j}}) \text{ N}$$

1. Elektrik Yüğü ve Elektrik Alanları

ÖRNEK 23.3 Bileşke Kuvvet Nerede Sıfırdır?

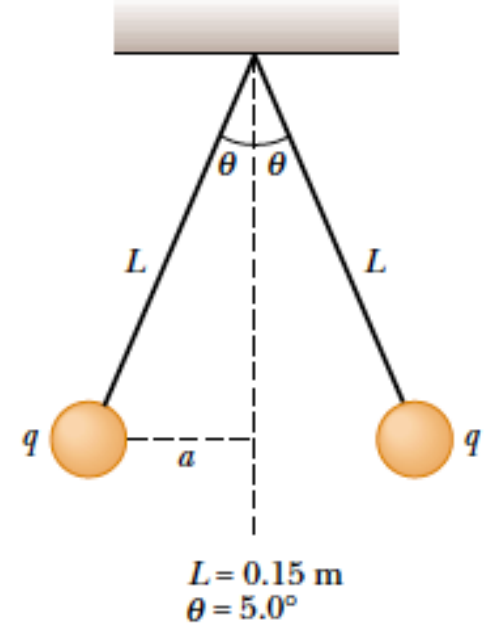
Üç nokta yük, Şekil 23.8 deki gibi, x ekseninde bulunmaktadır. Artı $q_1 = 15 \mu\text{C}$ yükü $x = 2 \text{ m}$ de, artı $q_2 = 6 \mu\text{C}$ yükü de başlangıç noktasında bulunmaktadır. q_3 e etkileyen bileşke kuvvet sıfırdır. q_3 ün x koordinatı nedir?



1. Elektrik Yüğü ve Elektrik Alanları

ÖRNEK 23.4 Küreler Üzerindeki Yüğü Bulunuz

Herbirinin kütlesi 3×10^{-2} kg olan yüklü özdeş iki küçük küre, Şekil 23.9a daki gibi dengede asılı durmaktadır. İplerin herbiri 0,15 m uzunluğunda ve açı $\theta = 5^\circ$ dir. Her bir küredeki yük miktarını bulunuz.



1. Elektrik Yükü ve Elektrik Alanları

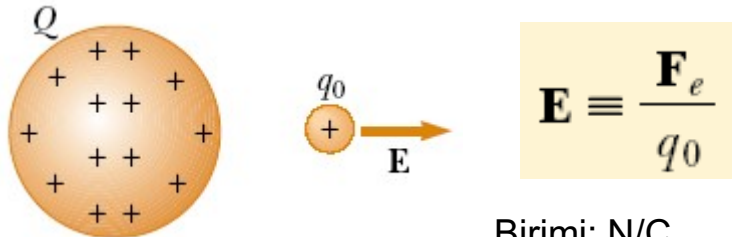
1.4 Elektrik Alanı

Alan kuvvetleri uzayda cisimler birbirine değmeseler bile etki ederler. Uzayda bir noktadaki , **g** kütle çekim alanı m deneme kütlesine etki eden **F_g** kuvvetinin deneme kütlesine bölümüne eşittir. Yani

$$\mathbf{g} = \mathbf{F}_g / m$$

dir. Elektrik kuvvetlerine benzer yaklaşım M. Faraday tarafından yapılmıştır. Bu yaklaşımda elektrik yüklü bir cismi saran uzay bölgesinde elektrik alanının bulunduğu söylenir. Bu alana başka bir yüklü cisim girdiğinde bu cisme bir elektrik kuvveti etki eder.

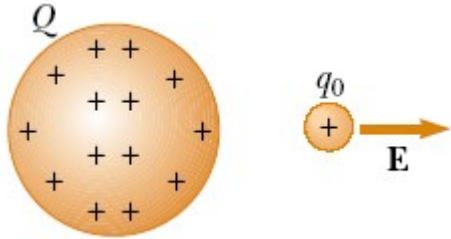
Küçük bir artı deneme yükünün daha büyük bir artı yük taşıyan ikinci bir cismin yakınında bulunduğunu düşünelim. Deneme yükünün konumundaki elektrik alanının şiddeti, birim yük başına elektrik kuvveti olarak tanımlanır. Yani, uzayda bir noktadaki **E** elektrik alanı, o noktaya konulan artı bir deneme yüküne etkiyen **F_e** elektrik kuvvetinin deneme yükünün q_0 büyüklüğüne bölümü olarak tanımlanır:



E, deneme yükünce oluşturulmayıp, deneme yüküne dışardan etki eden bir alandır. Elektrik alanının varoluşu, kaynağının bir özelliğidir. Örneğin her elektronun kendi **E** alanı vardır.

1. Elektrik Yükü ve Elektrik Alanları

1.4 Elektrik Alanı

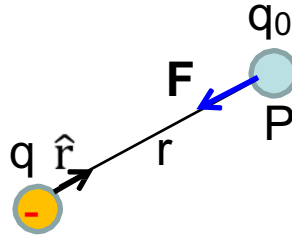
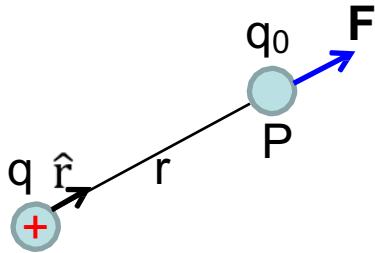


$$\mathbf{E} \equiv \frac{\mathbf{F}_e}{q_0}$$

Birimi: N/C

Not : q_0 test yükü, küredeki yük dağılımını değiştirmeyecek kadar küçüktür.

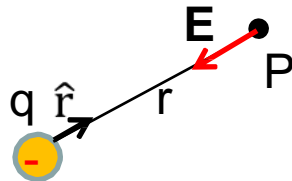
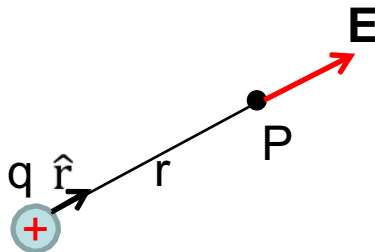
\mathbf{E} , alanının doğrultusu alana konulan artı bir deneme yüküne etki eden kuvvetin doğrultusudur.



$$\mathbf{F}_e = k_e \frac{q q_0}{r^2} \hat{\mathbf{r}}$$

$$\mathbf{E} = k_e \frac{q}{r^2} \hat{\mathbf{r}}$$

$$\mathbf{E} = k_e \sum_i \frac{q_i}{r_i^2} \hat{\mathbf{r}}_i$$



Yükler topluluğunun herhangi bir noktada oluşturduğu toplam elektrik alan bütün yüklerin elektrik alanlarının vektörel toplamına eşittir.

Görüldüğü gibi E ile F aynı yöndedir.

1. Elektrik Yükü ve Elektrik Alanları

Örnek 3: İki Yükün Elektrik Alanı

Bir $q_1 = 7,0 \mu\text{C}$ yükü başlangıç noktasında, ikinci bir $q_2 = -5,0 \mu\text{C}$ yükü x ekseninde başlangıçtan $0,3 \text{ m}$ uzakta bulunmaktadır (Şekil 23.13). $(0; 0,40) \text{ m}$ koordinatlı P noktasındaki elektrik alanını bulunuz.

$$E_1 = k_e \frac{|q_1|}{r_1^2} = (8.99 \times 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2/\text{C}^2) \frac{(7.0 \times 10^{-6} \text{ C})}{(0.40 \text{ m})^2}$$
$$= 3.9 \times 10^5 \text{ N/C}$$

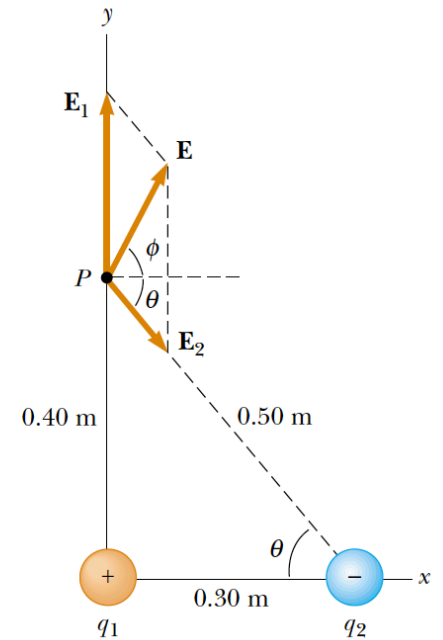
$$E_2 = k_e \frac{|q_2|}{r_2^2} = (8.99 \times 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2/\text{C}^2) \frac{(5.0 \times 10^{-6} \text{ C})}{(0.50 \text{ m})^2}$$
$$= 1.8 \times 10^5 \text{ N/C}$$

$$x \quad E_2 \cos \theta = \frac{3}{5} E_2 \quad y \quad -E_2 \sin \theta = -\frac{4}{5} E_2$$

$$\mathbf{E}_1 = 3.9 \times 10^5 \hat{\mathbf{j}} \text{ N/C} \quad \mathbf{E}_2 = (1.1 \times 10^5 \hat{\mathbf{i}} - 1.4 \times 10^5 \hat{\mathbf{j}}) \text{ N/C}$$

$$\mathbf{E} = \mathbf{E}_1 + \mathbf{E}_2 = (1.1 \times 10^5 \hat{\mathbf{i}} + 2.5 \times 10^5 \hat{\mathbf{j}}) \text{ N/C}$$

$$\phi \text{ of } 66^\circ \quad 2.7 \times 10^5 \text{ N/C.}$$



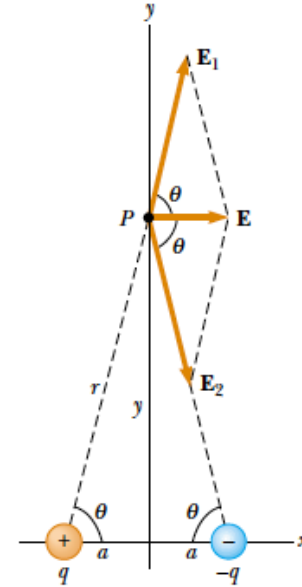
Alıştırma P de bulunan $2 \times 10^{-8} \text{ C}$ luk bir yüke etkiyen elektrikselsel kuvveti bulunuz.

1. Elektrik Yüğü ve Elektrik Alanları

Örnek 4:

ÖRNEK 23.6 Bir Dipolün Elektrik Alanı

Bir elektrik dipolü, aralarında belli bir uzaklık bulunan artı ve eksi $-q$ yük çiftinden oluşur. Şekil 23.14 deki dipol için P noktasında bu yüklerin oluşturduğu \mathbf{E} elektrik alanını bulunuz. Burada P , başlangıç noktasından $y \gg a$ uzaklığındadır.



1. Elektrik Yükü ve Elektrik Alanları

1.5 Sürekli Bir Yük Dağılımının Elektrik Alanı

Sürekli yük dağılımını, şekildeki gibi herbirinde Δq küçük yüklerin olacağı küçük parçalara ayıralım. Herbir Δq yükün p noktasında oluşturacağı elektrik alanı:

$$\Delta \mathbf{E} = k_e \frac{\Delta q}{r^2} \hat{\mathbf{r}}$$

olsun. Bu durumda bütün parçaların p noktasında oluşturacağı \mathbf{E} alanı ise:

$$\mathbf{E} \approx k_e \sum_i \frac{\Delta q_i}{r_i^2} \hat{\mathbf{r}}_i$$

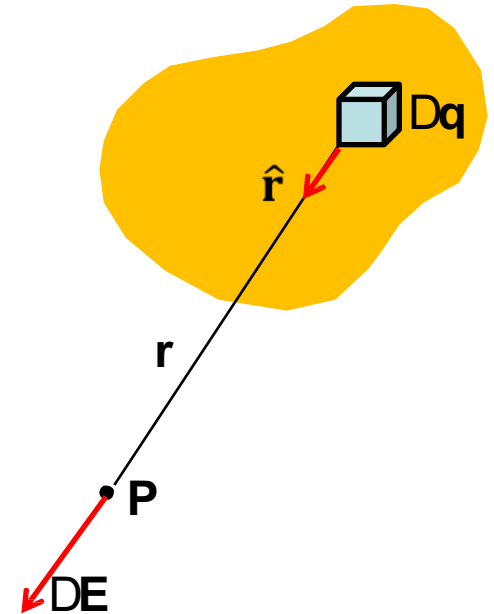
$$\Delta q_i \rightarrow 0 \quad \mathbf{E} = k_e \lim_{\Delta q_i \rightarrow 0} \sum_i \frac{\Delta q_i}{r_i^2} \hat{\mathbf{r}}_i = k_e \int \frac{dq}{r^2} \hat{\mathbf{r}}$$

Hacim üzerine yük düzgün dağılmış ise: $\rho \equiv \frac{Q}{V}$

Yüzey üzerine yük düzgün dağılmış ise: $\sigma \equiv \frac{Q}{A}$

Yol üzerine yük düzgün dağılmış ise: $\lambda \equiv \frac{Q}{\ell}$

$$dq = \rho dV \quad dq = \sigma dA \quad dq = \lambda d\ell$$

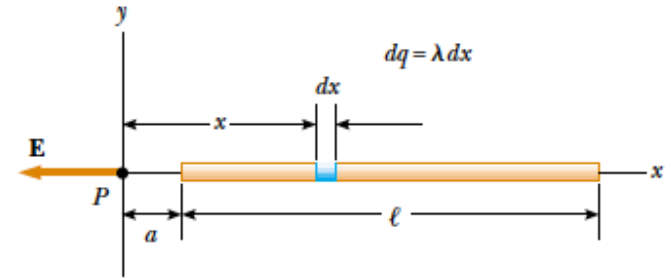


1. Elektrik Yükü ve Elektrik Alanları

Örnek 5:

ÖRNEK 23.7 Yüklü Bir Çubuğun Elektrik Alanı

ℓ uzunluklu bir çubuğun toplam yükü Q , boyca yük yoğunluğu λ dır. Çubuk ekseninde, çubuğun bir ucundan d uzaklığında bir P noktasındaki elektrik alanını hesaplayınız



$$dq = \lambda \, dx.$$

$$dE = k_e \frac{dq}{x^2} = k_e \frac{\lambda \, dx}{x^2}$$

$$E = \int_a^{\ell+a} k_e \lambda \frac{dx}{x^2}$$

$$E = k_e \lambda \int_a^{\ell+a} \frac{dx}{x^2} = k_e \lambda \left[-\frac{1}{x} \right]_a^{\ell+a}$$

$$= k_e \lambda \left(\frac{1}{a} - \frac{1}{\ell + a} \right) = \frac{k_e Q}{a(\ell + a)}$$

$$Q = \lambda \ell.$$

1. Elektrik Yükü ve Elektrik Alanları

Örnek 6

ÖRNEK 23.8 Düzgün Yüklü Bir Halkanın Elektrik Alanı

a yarıçaplı bir halka üzerinde düzgün olarak dağılmış artı bir Q yükü bulunmaktadır. Halka ekseninde, halka merkezinden x uzaklığında bir P noktasında halkanın elektrik alanını hesaplayınız (Şek. 23.17a).

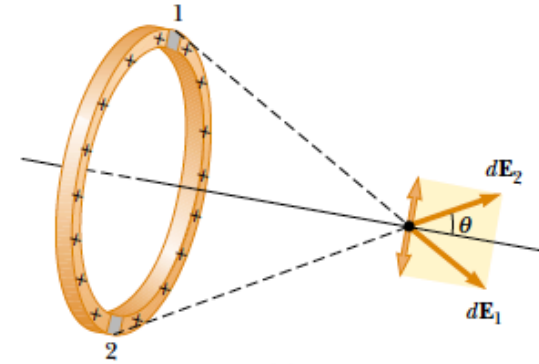
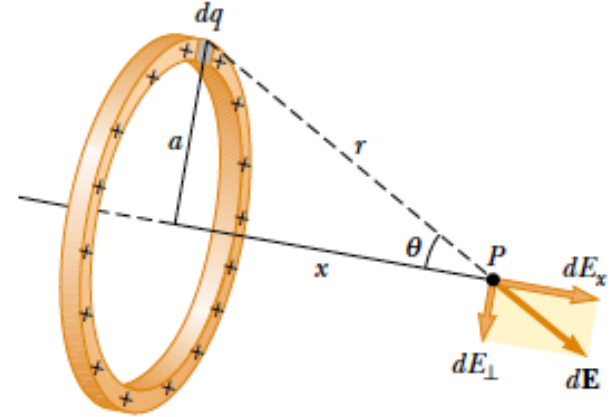
$$dE = k_e \frac{dq}{r^2} \quad dE_x = dE \cos \theta$$

$$r = (x^2 + a^2)^{1/2}; \quad \cos \theta = x/r,$$

$$dE_x = dE \cos \theta = \left(k_e \frac{dq}{r^2} \right) \frac{x}{r} = \frac{k_e x}{(x^2 + a^2)^{3/2}} dq$$

$$E_x = \int \frac{k_e x}{(x^2 + a^2)^{3/2}} dq = \frac{k_e x}{(x^2 + a^2)^{3/2}} \int dq$$
$$= \frac{k_e x}{(x^2 + a^2)^{3/2}} Q$$

B
d

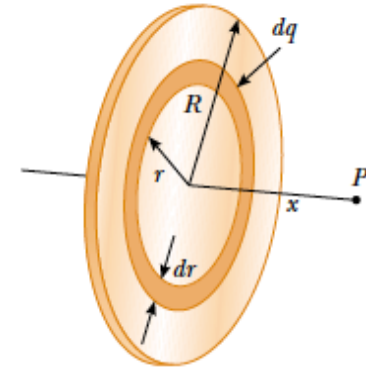


1. Elektrik Yükü ve Elektrik Alanları

Örnek 7:

ÖRNEK 23.9 Düzgün Yük Dağılımlı Bir Diskin Elektrik Alanı

R yarıçaplı bir disk, σ düzgün yüzeysel yük yoğunluğu vardır. Diskin ekseninde, merkezinden x uzaklığında bir P noktasındaki elektrik alanı hesaplayınız (Şek. 23.18).



$$dq = 2\pi\sigma r dr$$

$$dE_x = \frac{k_e x}{(x^2 + r^2)^{3/2}} (2\pi\sigma r dr)$$

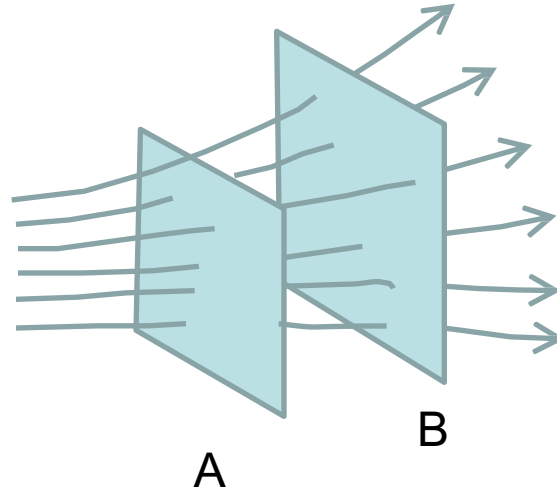
$$\begin{aligned} E_x &= k_e x \pi \sigma \int_0^R \frac{2r dr}{(x^2 + r^2)^{3/2}} \\ &= k_e x \pi \sigma \int_0^R (x^2 + r^2)^{-3/2} d(r^2) \\ &= k_e x \pi \sigma \left[\frac{(x^2 + r^2)^{-1/2}}{-1/2} \right]_0^R \\ &= 2\pi k_e \sigma \left(1 - \frac{x}{(x^2 + R^2)^{1/2}} \right) \end{aligned}$$

1. Elektrik Yüğü ve Elektrik Alanları

1.6 Elektrik Alan Çizgileri

Elektrik alan desenlerini gözönünde canlandırmanın uygun yolu, doğrultusu her noktada elektrik alan vektörü ile aynı olan çizgiler çizmektir. Elektrik alan çizgileri denilen bu çizgiler uzayın herhangi bir bölgesinde elektrik alanına şu şekilde bağlıdır:

- E elektrik alan vektörü, elektrik alan çizgisine her noktada teğettir.
- Alan çizgilerine dik olan birim yüzeyden geçen çizgilerin sayısı, o bölgedeki elektrik alanın büyüklüğü ile orantılıdır. Buna göre alan çizgileri birbirlerine yakın olduğunda E büyük, uzak olduğunda küçüktür.



1. Elektrik Yükü ve Elektrik Alanları

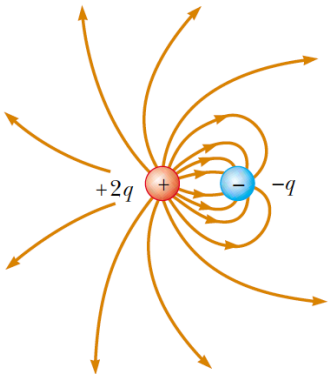
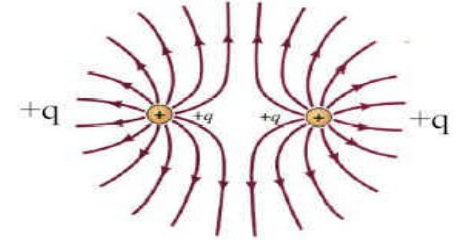
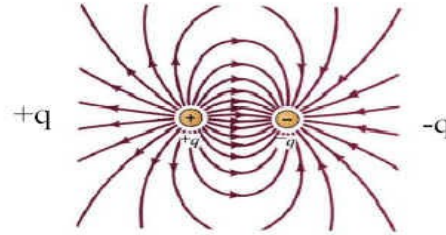
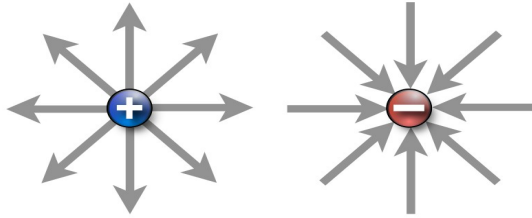
1.6 Elektrik Alan Çizgileri

Artı bir nokta yükü temsil eden elektrik alan çizgileri yükten radyal olarak bütün doğrultularda dışarı doğru yönelmişlerdir. Bir eksi nokta elektrik alan çizgileri yarıçap boyunca yüke doğru yönelmiştir. Her iki durumda da alan çizgileri yarıçap boyunca olup sonsuza dek uzanırlar. Kaynak yüke yaklaştıkça, alan şiddetinin artmasının göstergesi olarak alan çizgileri sıkışırlar.

Elektrik alan çizgilerinin çizim kuralları:

- Alan çizgileri artı yükten çıkıp bir eksi yükte son bulmalıdır.
- Bir artı yükten ayrılan veya bir eksi yüke ulaşan alan çizgilerinin sayısı yük miktarıyla orantılıdır.
- İki alan çizgisi birbirini kesemez.

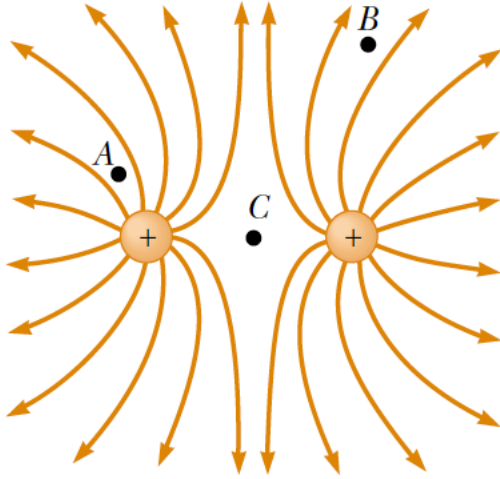
$$N_2/N_1 = Q_2/Q_1$$



+2q yükünden ayrılan alan çizgilerinin sayısı, -q yüküne girenlerin iki katıdır. Buna göre, artı yükten ayrılan alan çizgilerinin yalnız yarısı eksi yüke girmektedir. Öteki yarı sonsuzda bulunduğu varsayılan eksi bir yükte son bulmaktadır. Yükler arasındaki uzaklığa göre yüklerden çok uzaklarda elektrik alan çizgileri bir tek +q yükününkilere eşdeğerdir.

1. Elektrik Yüğü ve Elektrik Alanları

Örnek 8: Şekildeki A B ve C noktalarındaki elektrik alan büyüklüğünü büyükten başlayarak sıralayınız.



1. Elektrik Yükü ve Elektrik Alanları

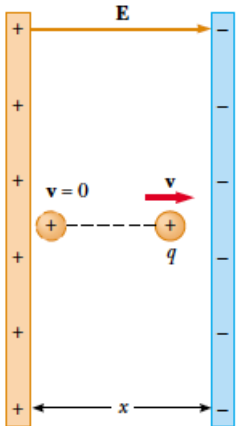
1.7 Düzgün Bir Elektrik Alanında Yüklü Parçacıkların Hareketi Elektrik Alan Çizgileri

q yüklü m kütleli bir parçacık bir \mathbf{E} elektrik alanına konulduğunda yüke etkiyen elektrik kuvveti $q\mathbf{E}$ 'dir. Bu durumda parçacık hızlanacaktır ve Newton'un ikinci yasasına göre parçacığın ivmesi:

$$\mathbf{F}_e = q\mathbf{E} = m\mathbf{a} \quad \mathbf{a} = \frac{q\mathbf{E}}{m}$$

\mathbf{E} elektrik alanı düzgün ise (yani doğrultu ve büyüklüğü sabit ise) ivmesi sabittir. Parçacığın yükü artı ise ivme Elektrik alan ile aynı, eksi ise zıt yöndedir.

Örnek 9: x eksenini doğrultusunda olan düzgün bir E elektrik alanında, m kütleli artı q nokta yükü durgun halden serbest bırakılıyor. Hareketini inceleyelim.



$$x_f = x_i + v_i t + \frac{1}{2}at^2$$

$$v_f = v_i + at$$

$$v_f^2 = v_i^2 + 2a(x_f - x_i)$$

$$x_i = 0 \quad v_i = 0$$

$$x_f = \frac{1}{2}at^2 = \frac{qE}{2m} t^2$$

$$v_f = at = \frac{qE}{m} t$$

$$v_f^2 = 2ax_f = \left(\frac{2qE}{m} \right) x_f$$

$$\Delta x = x_f - x_i$$

$$K = \frac{1}{2}mv_f^2 = \frac{1}{2}m \left(\frac{2qE}{m} \right) \Delta x = qE\Delta x$$

$$W = \Delta K$$

$$F_e \Delta x = qE\Delta x$$

23 Elektrik Alanları

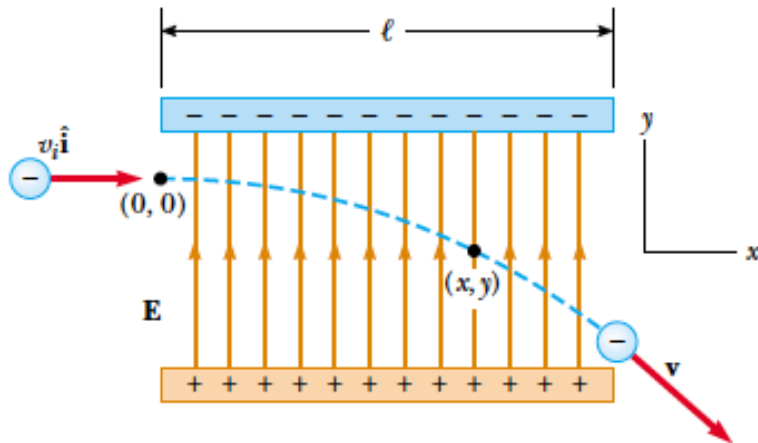
1.7 Düzgün Bir Elektrik Alanında Yüklü Parçacıkların Hareketi Elektrik Alan Çizgileri

Zıt işaret yüklü iki düz metal tabaka arasındaki elektrik alan yaklaşık olarak düzgündür.

–e yüklü bir elektronun bu alana v_i ilk hızıyla yatay olarak fırlatıldığını varsayalım. E elektrik alanı artı y doğrultusunda olduğundan, elektronun ivmesi eksi y doğrultusundadır.

$$\mathbf{F}_e = q\mathbf{E} = m\mathbf{a} \quad \mathbf{a} = -\frac{eE}{m_e}\hat{\mathbf{j}}$$

İvme sabit olduğundan $V_{yi}=0$ dir. Elektrik alanında, bir t süresi kaldıktan sonra elektronun hız bileşenleri,



$$v_x = v_i = \text{constant}$$

$$v_y = a_y t = -\frac{eE}{m_e} t$$

$$x_f = v_i t$$

$$y_f = \frac{1}{2} a_y t^2 = -\frac{1}{2} \frac{eE}{m_e} t^2$$

Örnek 10:

ÖRNEK 23.11 Hızlandırılmış Bir Elektron

Bir elektron, Şekil 23.25 teki gibi, $v_i = 3 \times 10^6$ m/s ve $E = 200$ N/C olmak üzere, düzgün bir elektrik alan bölgesine giriyor. Plakaların yatay eni $\ell = 0,100$ m dir. (a) Elektronun elektrik alanındaki ivmesini bulunuz.

(b) Elektronun, elektrik alanı ne kadar sürede geçtiğini bulunuz?

(c) Elektrik alanındayken elektronun y düşey yerdeğiştir-mesi ne kadardır?

Alıştırma Elektronun elektrik alandan ayrılış hızını bulunuz.