

İçerik

- Elektrik Yüklerinin Özellikleri
- Yalıtkanlar ve İletkenler
- Coulomb Yasası
- Elektrik Alanı
- Sürekli Yük Dağılımının Elektrik Alanı
- Elektrik Alan Çizgileri
- Düzgün Bir Elektrik Alanında Yüklü Parçacıkların Hareketi

Elektrik Yüklerinin Özellikleri



Ref: Physics, Fifth Edition, Giancoli, Prentice Hall



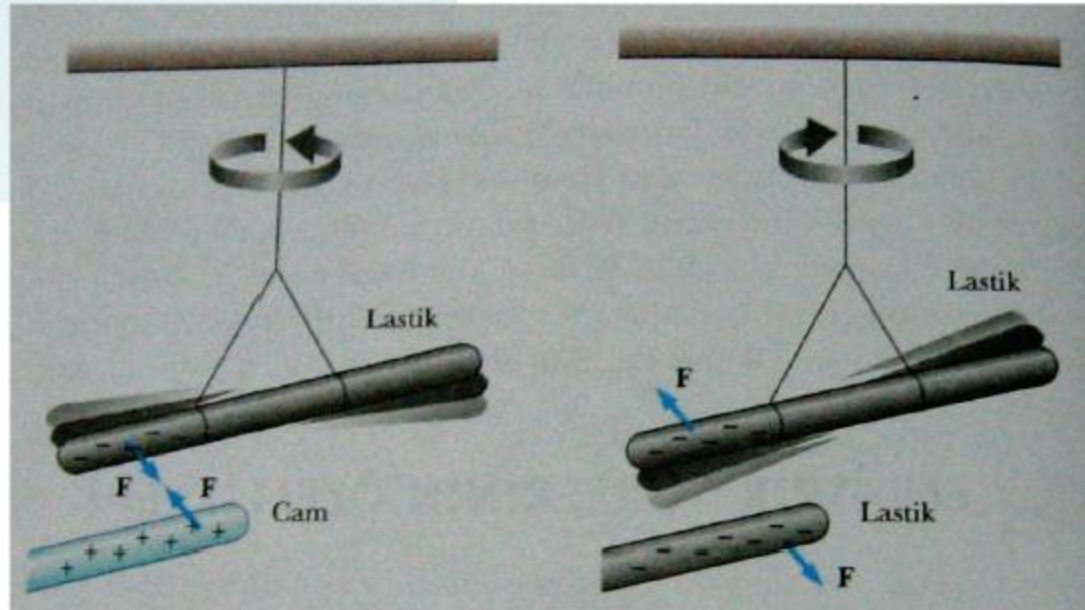
Ref: Fen ve Mühendislik için Fizik 2, Serway & Beichner

Charge and Mass of the Electron, Proton, and Neutron

Particle	Charge (C)	Mass (kg)
Electron (e)	$-1.602\,191\,7 \times 10^{-19}$	$9.109\,5 \times 10^{-31}$
Proton (p)	$+1.602\,191\,7 \times 10^{-19}$	$1.672\,61 \times 10^{-27}$
Neutron (n)	0	$1.674\,92 \times 10^{-27}$

Elektrik Yüklerinin Özellikleri

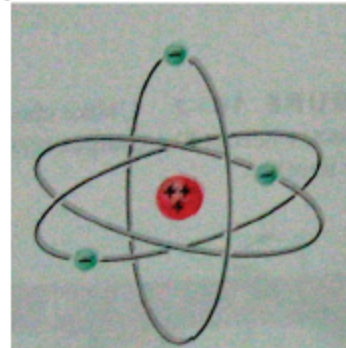
Aynı yükler birbirini iter, farklı yükler birbirini çekerler!



Ref: Fen ve Mühendislik için Fizik 2, Serway & Beichner

Elektrik Yüklerinin Özellikleri

- Doğada iki türlü yük bulunur. Benzer olanlar birbirlerini iterler, farklı olanlar ise birbirlerini çekerler
- Yük korunumludur
- Yük kuantumludur

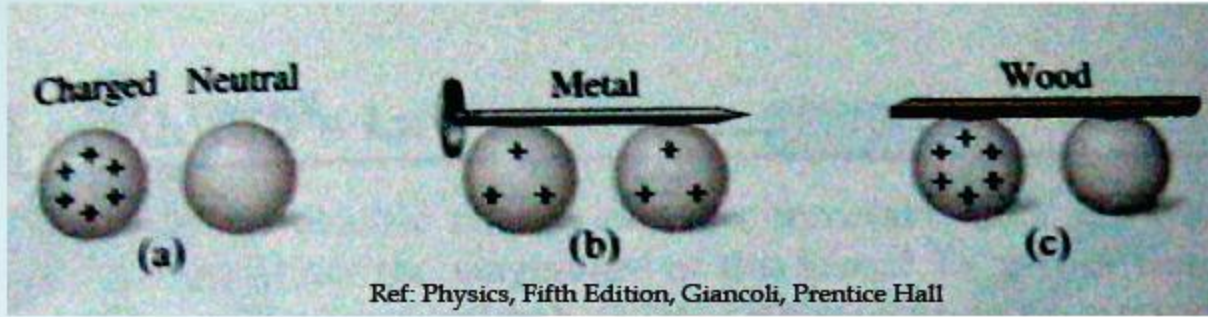


Ref: Physics, Fifth
Edition, Giancoli,
Prentice Hall

q yükü, bir temel e yük biriminin tam katları şeklinde bulunur. Yük kuantumlanmıştır yani kesikli “paketler” den oluşur.

$$q = Ne$$

Yalıtkanlar ve İletkenler

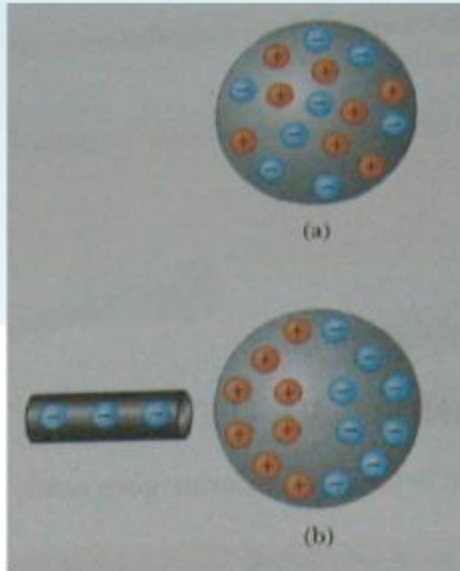


- Maddeler, elektrik yükünü iletme yeteneklerine göre sınıflandırılırlar.

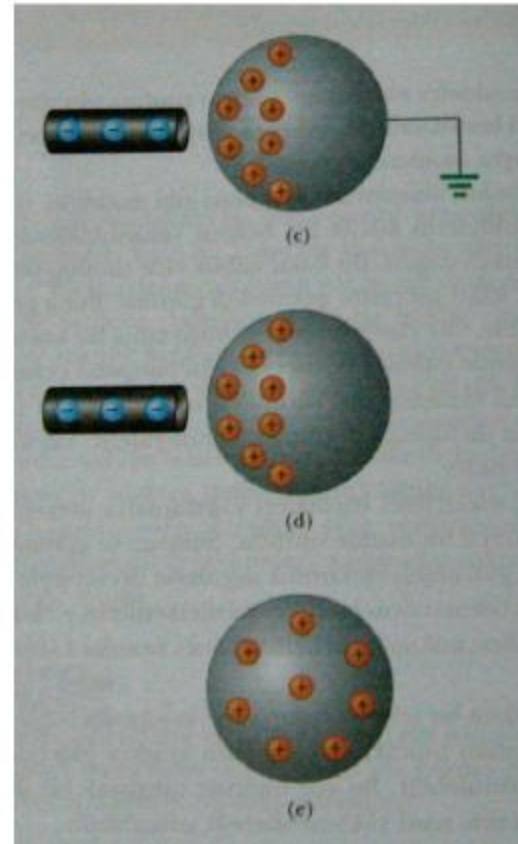
Elektriksel iletkenler, elektrik yüklerinin içinde özgürce hareket ettikleri, yalıtkanlar ise edemedikleri maddelerdir.

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

İndüksiyon ile yükleme



Ref: Fen ve Mühendislik için Fizik 2, Serway & Beichner



Coulomb's Law



Charles Coulomb

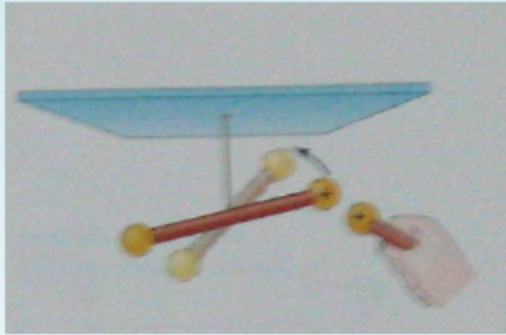
French physicist (1736–1806)

Coulomb's major contributions to science were in the areas of electrostatics and magnetism. During his lifetime, he also investigated the strengths of materials and determined the forces that affect objects on beams, thereby contributing to the field of structural mechanics. In the field of ergonomics, his research provided a fundamental understanding of the ways in which people and animals can best do work. (Photo courtesy of AIP Niels Bohr Library/E. Scott Barr Collection)



Şekil İki yük arasındaki elektrostatik kuvvetin ters-kare yasasına uyduğunu göstermede kullanılan Coluomb burulma terazisi. (Coulomb 1785 Fransız Bilimler)

Coulomb Yasası



Ref. Physics, Fifth Edition,
Giancoli, Prentice Hall

- Kuvvet, yüklü iki parçacığı birleştiren doğru boyunca yönelmiş olup aralarındaki r uzaklığının karesiyle ters orantılıdır.
- Kuvvet parçacıklardaki q_1 ve q_2 yüklerinin çarpımıyla orantılıdır.
- Kuvvet yükler zıt işaretli olduğunda çekici, aynı işaretli olduğunda iticidir.

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

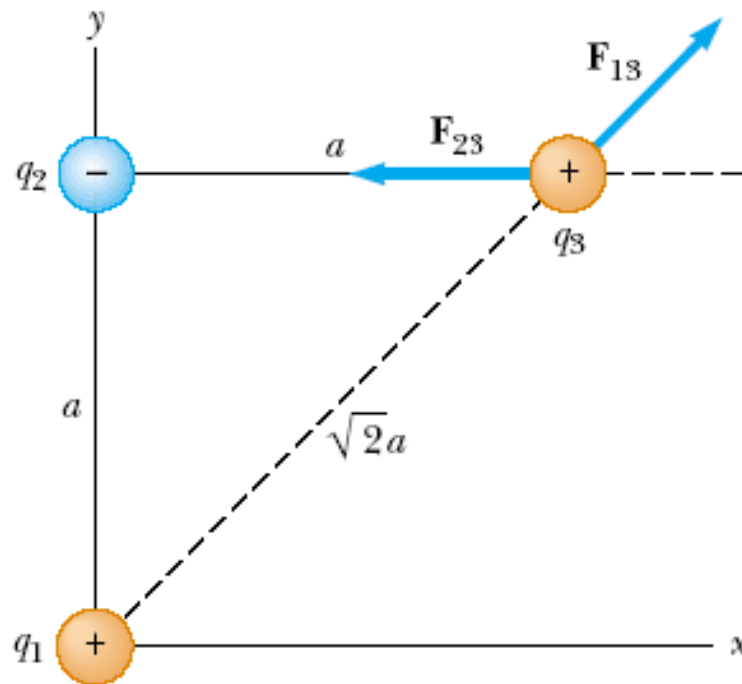
k = Coulomb sabiti
 $= 8,9875 \times 10^9 \text{ N.m}^2/\text{C}^2$

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

ϵ_0 = Boş uzayın elektriksel geçirgenliği
 $= 8,8542 \times 10^{-12} \text{ C}^2/\text{N.m}^2$

Örnek

Şekilde görüldüğü gibi bir üçgenin köşelerine konulmuş üç nokta yük düşününüz . Burada $q_1=q_3=5,0 \mu\text{C}$, $q_2=-2,0 \mu\text{C}$ ve $a=0,10\text{m}$ dir. q_3 üzerine etkiyen bileşke kuvveti bulunuz.



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

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

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

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

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

Örnek

Üç nokta yük x ekseninde bulunmaktadır. Artı $q_1=15 \mu\text{C}$ yükü $x=2\text{m}$ 'de, artı $q_2=6 \mu\text{C}$ yükü başlangıç noktasında ($x=0\text{m}$) bulunmaktadır. x ekseninde bu iki yük arasına yerleştirilmiş, negatif q_3 yüküne etkiyen bileşke kuvvet sıfır olduğuna göre q_3 'ün koordinatları nedir?

Ref: Fen ve Mühendislik için Fizik 2, Serway & Beichner

$$F_{13} = k_e \frac{|q_1||q_3|}{(2.00 - x)^2} \quad F_{23} = k_e \frac{|q_2||q_3|}{x^2}$$

$$k_e \frac{|q_2||q_3|}{x^2} = k_e \frac{|q_1||q_3|}{(2.00 - x)^2}$$

$$(2.00 - x)^2 |q_2| = x^2 |q_1|$$

$$(4.00 - 4.00x + x^2)(6.00 \times 10^{-6} \text{ C}) = x^2(15.0 \times 10^{-6} \text{ C})$$

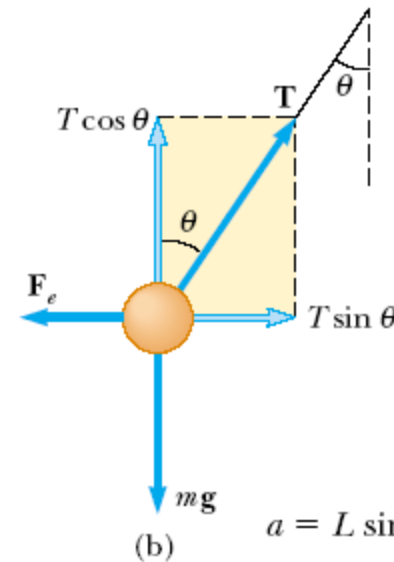
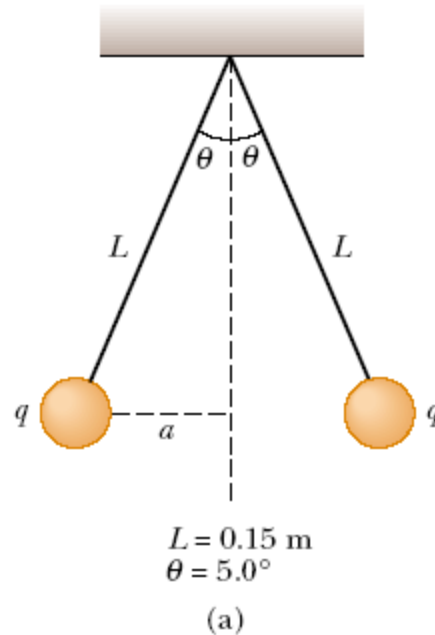
$$3.00x^2 + 8.00x - 8.00 = 0$$

$$x = 0.775 \text{ m.}$$

Örnek

Ref: Fen ve Mühendislik için Fizik 2, Serway & Beichner

Her birinin kütlesi 3×10^{-2} kg olan yüklü özdeş iki küçük küre, şekilde görüldüğü gibi dengede asılı durmaktadır. İplerin her biri 0,15m uzunluğunda ve açı $\theta = 5^\circ$ dir. Her bir küredeki yük miktarını bulun



$$a = L \sin \theta = (0.15 \text{ m}) \sin(5.0^\circ) = 0.013 \text{ m}$$

$$r = 2a = 0.026 \text{ m}$$

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

$$|q|^2 = \frac{F_e r^2}{k_e} = \frac{(2.6 \times 10^{-2} \text{ N})(0.026 \text{ m})^2}{8.99 \times 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2/\text{C}^2} = 1.96 \times 10^{-15} \text{ C}^2$$

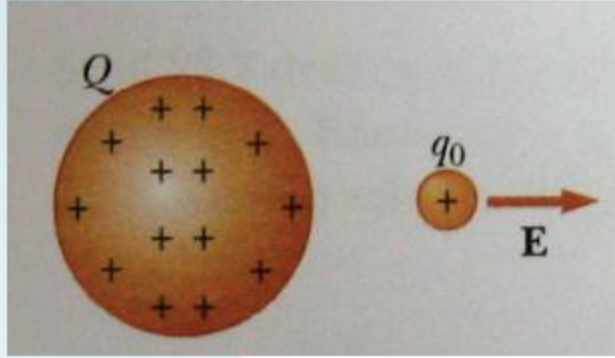
$$|q| = 4.4 \times 10^{-8} \text{ C}$$

$$(1) \quad \sum F_x = T \sin \theta - F_e = 0$$

$$(2) \quad \sum F_y = T \cos \theta - mg = 0$$

$$F_e = mg \tan \theta = (3.0 \times 10^{-2} \text{ kg})(9.80 \text{ m/s}^2) \tan(5.0^\circ) \\ = 2.6 \times 10^{-2} \text{ N}$$

Elektrik Alanı



Ref: Fen ve Mühendislik
için Fizik 2, Serway &
Beichner

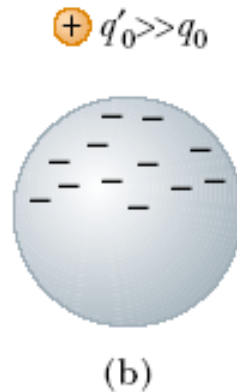
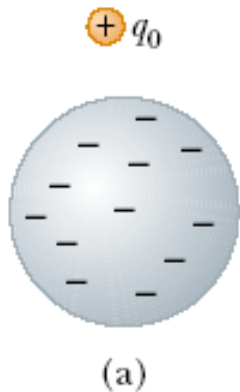
Uzayda bir noktadaki **E elektrik alanı**, o noktaya konulan artı bir deneme yüküne etkiyen F_e elektrik kuvvetinin deneme yükünün q_0 büyüklüğüne bölümü olarak tanımlanır.

$$E \equiv \frac{F_e}{q_0} \quad (N / C)$$

E deneme yükünce oluşturulmayıp deneme yüküne dışarıdan etkiyen bir alandır. **F**'nin artı bir deneme yüküne etkidiğini varsaydıığımızdan **E**, **F** doğrultusundadır. Buna göre, *durgun bir deneme yükü bir noktaya konulduğunda elektrik kuvvet etkisinde kalırsa, o noktada bir elektrik alanı vardır* denir.

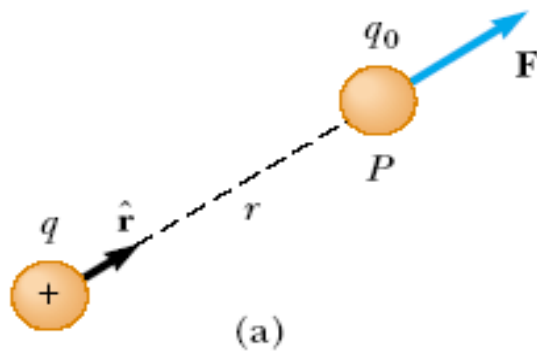
Elektrik Alanı

Bir noktada deneme yükünün bulunup bulunmadığına bakılmaksızın o noktada elektrik alanının bulunduğu söylenir.



- Yeterince küçük q_0 deneme yükü için küredeki yük dağılımı değişmez
- q'_0 deneme yükü büyük olduğunda küredeki yük dağılımı q'_0 'ın yakınlığı nedeniyle değişir.

Elektrik Alanı

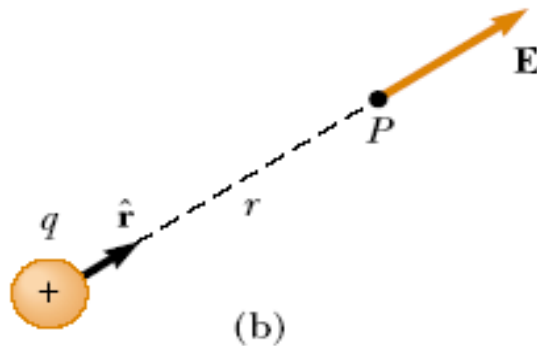


Coulomb yasasına göre q yükünün deneme yüküne uyguladığı kuvvet;

$$F_e = k_e \frac{qq_0}{r^2} \hat{r}$$

Deneme yükünün bulunduğu konumda elektrik alanı $E=F_e/q_0$ ile tanımlandığından;

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



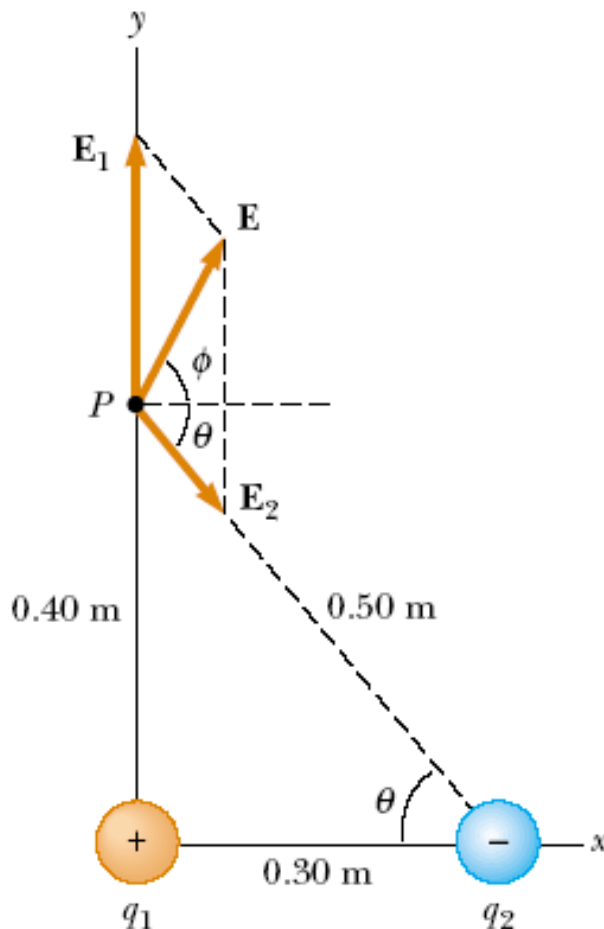
Yükler topluluğunun herhangi bir P noktasında oluşturduğu toplam elektrik alanı, bütün yüklerin elektrik alanlarının vektörel toplamına eşittir;

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

Örnek

Ref: Fen ve Mühendislik için Fizik 2, Serway & Beichner

Şekilde görüldüğü gibi bir $q_1 = 7,0 \mu\text{C}$ yükü başlangıç noktasında, ikinci bir $q_2 = -5,0 \mu\text{C}$ yükü x eksenini üzerinde başlangıç noktasından $0,3 \text{ m}$ uzakta bulunmaktadır. $(0; 0,40) \text{ m}$ koordinatlı P noktasındaki elektrik alanını bulunuz.



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

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

$$\mathbf{E}_1 = 3.9 \times 10^5 \hat{\mathbf{j}} \text{ N/C}$$

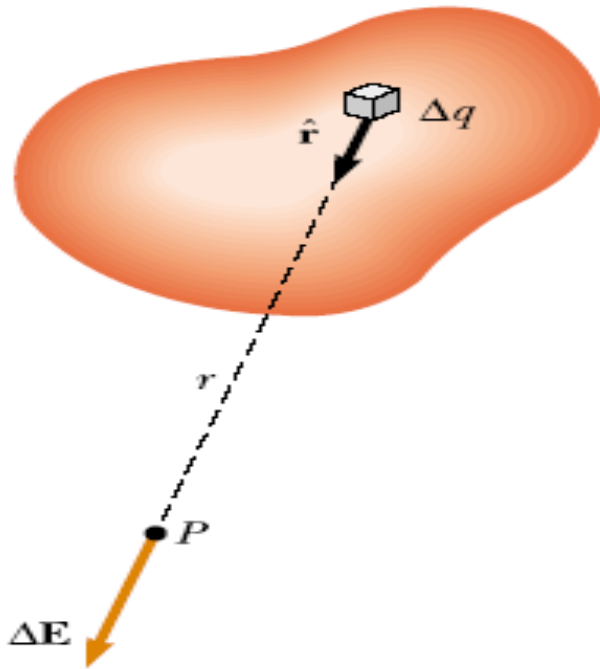
$$\mathbf{E}_2 = (1.1 \times 10^5 \hat{\mathbf{i}} - 1.4 \times 10^5 \hat{\mathbf{j}}) \text{ N/C}$$

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

From this result, we find that \mathbf{E} makes an angle ϕ of 66° with the positive x axis and has a magnitude of $2.7 \times 10^5 \text{ N/C}$.

Sürekli Bir Yük Dağılımının Elektrik Alanı

Çoğunlukla elektrik yükleri birbirlerine çok yakın olduklarından, bu yüklerin oluşturduğu bir sistem, bir çizgi, bir yüzey veya hacim üzerinde sürekli bir biçimde dağılmış toplam yükten söz etmek gerekir.



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

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

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

Sürekli Bir Yük Dağılımının Elektrik Alanı

- Bir Q yükü bir V hacmine düzgün olarak dağılmışsa, ρ hacimsel yük yoğunluğu;

$$\rho \equiv \frac{Q}{V}$$

- Bir Q yükü, A yüzölçümlü bir yüzeye düzgün olarak dağılmışsa, σ yüzeysel yük yoğunluğu;

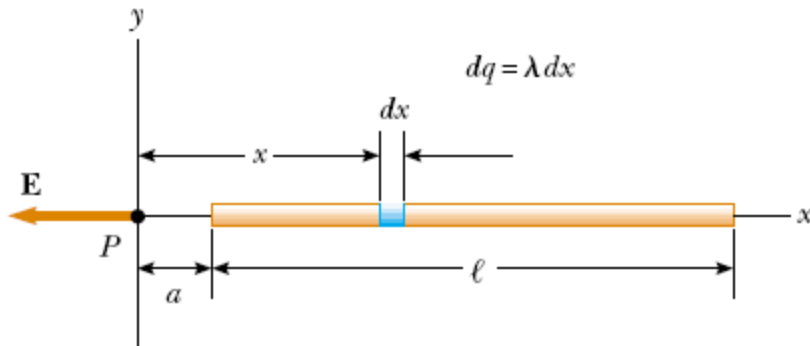
$$\sigma \equiv \frac{Q}{A}$$

- Bir Q yükü, l uzunluğunda bir doğru boyunca düzgün olarak dağılmışsa, λ doğrusal yük yoğunluğu;

$$\lambda \equiv \frac{Q}{l}$$

Örnek

Şekilde görüldüğü gibi ℓ uzunluklu bir çubuğun toplam yükü Q , boyca yük yoğunluğu λ dır. Çubuk ekseninde, çubuğun bir ucundan a uzaklığında bir P noktasındaki elektrik alanı hesaplayınız.



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

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

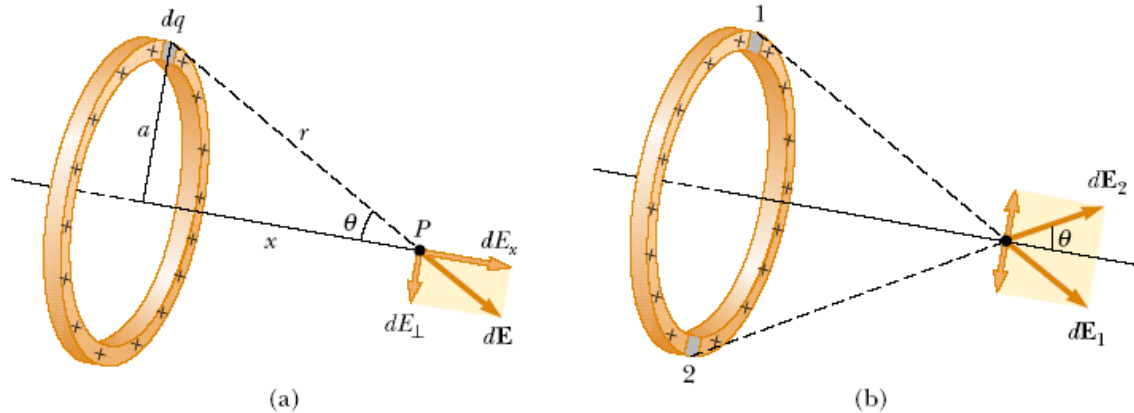
$$E = k_e \lambda \int_a^{\ell+a} \frac{dx}{x^2} = k_e \lambda \left[-\frac{1}{x} \right]_a^{\ell+a}$$

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

Örnek

Şekilde görüldüğü gibi 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.

Ref: Fen ve Mühendislik için Fizik 2, Serway & Beichner



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

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

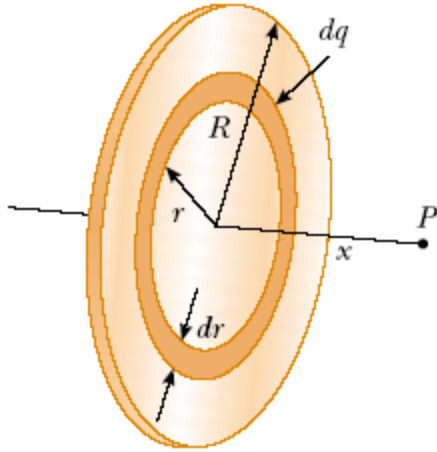
$$E_x = \int \frac{k_e x}{(x^2 + a^2)^{3/2}} dq = \frac{k_e x}{(x^2 + a^2)^{3/2}} \int dq$$

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

$$x \ll a, \quad E_x = \frac{k_e Q}{a^3} x$$

ÖRNEK: Düzgün yük dağılımlı bir diskin Elektrik Alanı.

R yarıçaplı bir diskin, düzgün olan yüzeyce yük yoğunluğu σ dır. Diskin ekseninde, merkezinden x uzaklığında elektrik alanını hesaplayınız.



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

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

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

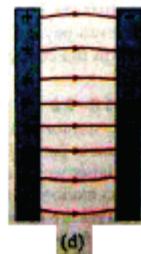
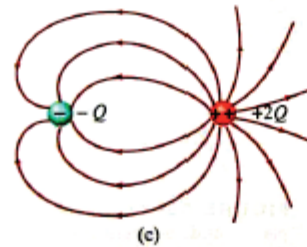
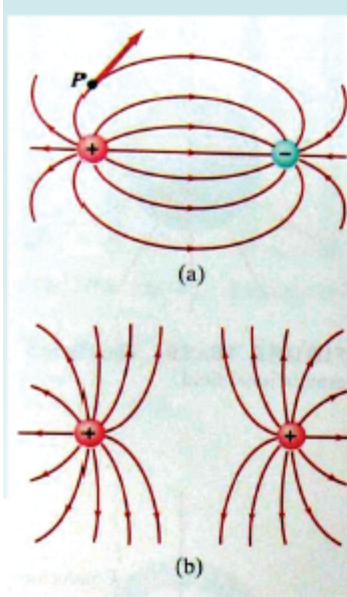
$$= 2\pi k_e \sigma \left(1 - \frac{x}{(x^2 + R^2)^{1/2}} \right)$$

This result is valid for all values of $x > 0$.

$$R \gg x;$$

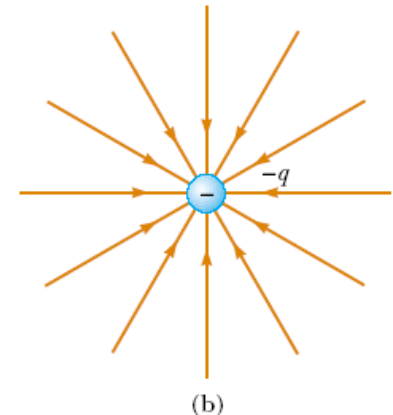
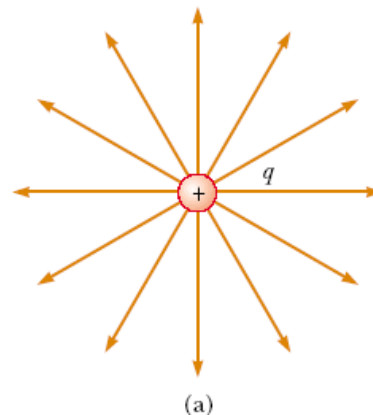
$$E_x = 2\pi k_e \sigma = \frac{\sigma}{2\epsilon_0}$$

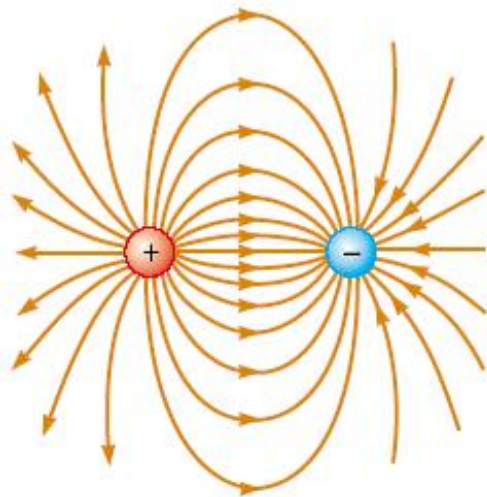
Elektrik Alan Çizgileri



Ref: Physics, Fifth
Edition, Giancoli, Prentice
Hall

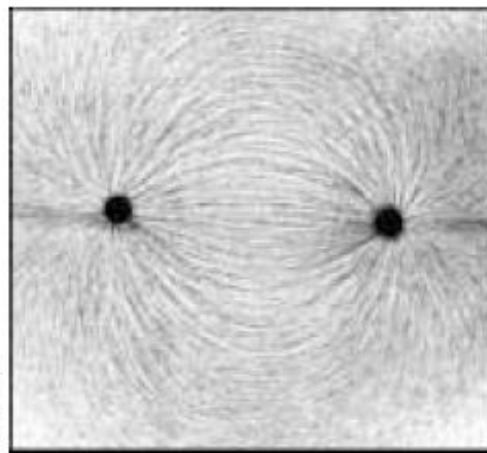
- Elektrik alanı vektörel bir büyüklük olduğu için, doğrultusu her noktada elektrik alan vektörü ile aynı olan çizgiler çizerek bu alanı tanımlamak mümkündür.
- Alan çizgileri bir artı yükten çıkıp bir eksi yükte son bulmalıdır.
- Bir artı yükten ayrılan veya bir eksi yüke ulaşan alan çizgilerinin sayısı yük miktarıyla orantılıdır.
- İki alan çizgisi birbirini kesemez.



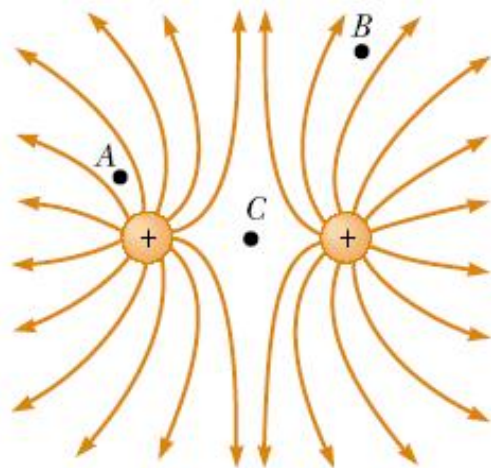


(a)

Courtesy of Harold M. Waage, Princeton University

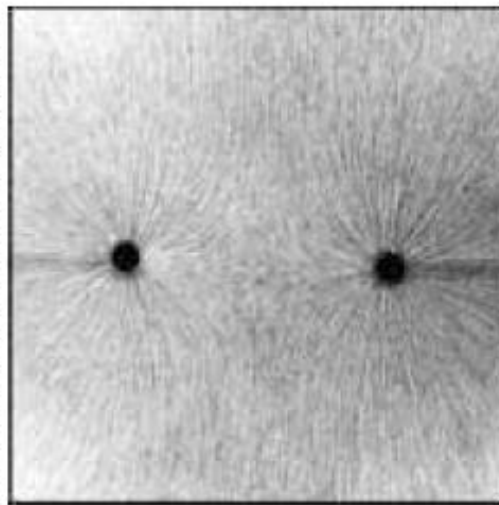


(b)

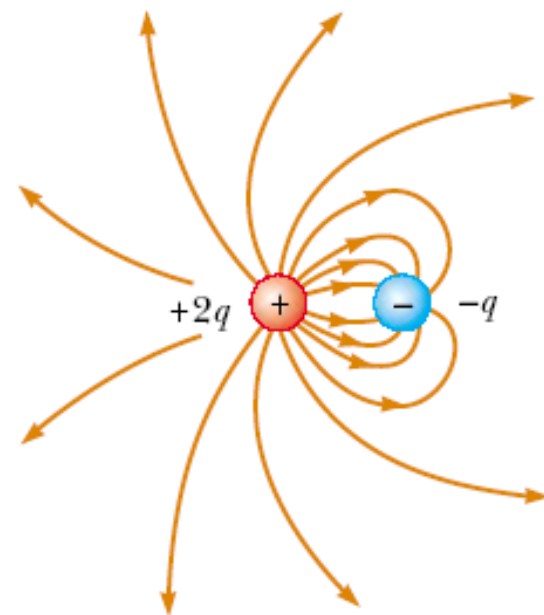


(a)

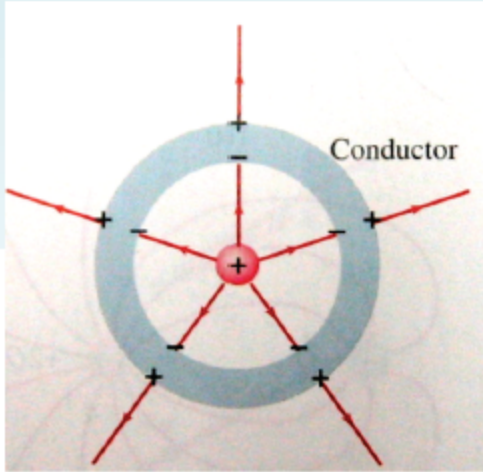
Courtesy of Harold M. Waage, Princeton University



(b)



Düzgün Bir Elektrik Alan ve İletkenler



- Bir iletkenin içinde elektrik alanın büyüklüğü sıfırdır.
- Elektrik yükleri iletken bir cismin yüzeyinde yayılırlar.
- Q yükünün etrafına iletken bir halka yerleştirildiği düşünülürse, iletken halka üzerindeki elektrik alan sıfırdır.

Düzgün Bir Elektrik Alanında Yüklü Parçacıkların Hareketi

q yüklü m kütleli bir parçacık E elektrik alanına konulduğunda, yüke etkiyen net kuvvet;

$$F=qE=ma \text{ olur.}$$

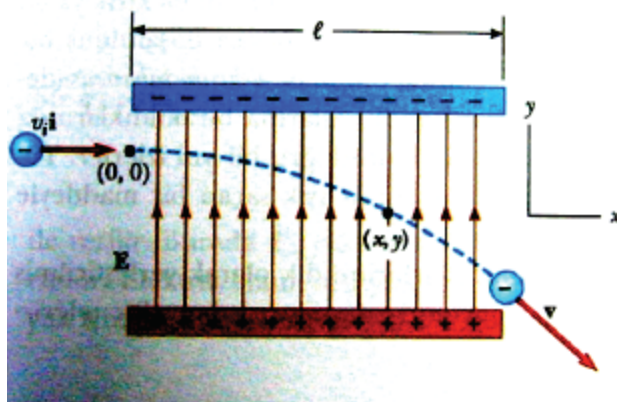
Bu kuvvet parçacığa etkiyen net kuvvet ise parçacık a ivmesi ile hızlanır.

$$\vec{a} = -\frac{eE}{m} \hat{j}$$

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

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

$$x = v_i t \Rightarrow y = \frac{1}{2} a_y t^2 = -\frac{1}{2} \frac{eE}{m} t^2$$



Ref: Fen ve Mühendislik için Fizik 2, Serway & Beichner

Örnek

Bir elektron $v_i = 3 \times 10^6$ m/s ve $E = 200$ N/C olmak üzere, düzgün bir elektrik alan bölgesine giriyor. Plakaların yatay eni $\ell = 0,100$ m dir. a) Elektronunun elektrik alandaki ivmesini bulunuz. b) Elektronun, elektrik alanı ne kadar sürede geçtiğini bulunuz. c) Elektrik alanındayken elektronun y düşey yer değiştirmesi ne kadardır?

Ref: Fen ve Mühendislik için Fizik 2, Serway & Beichner

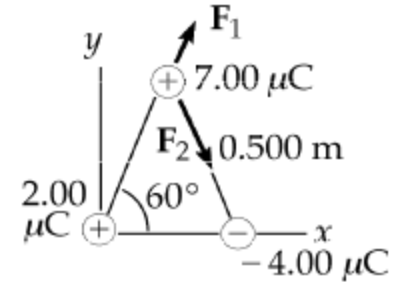
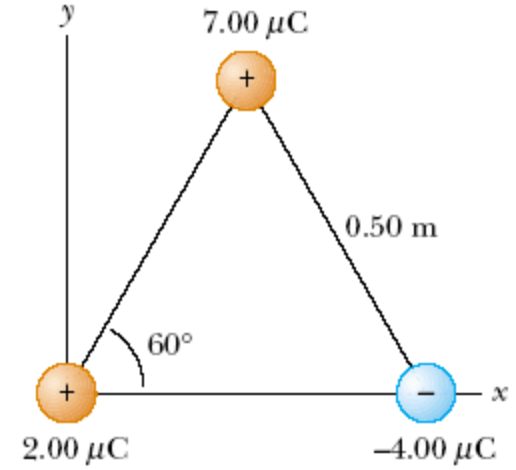
$$\begin{aligned} \text{(A)} \quad \mathbf{a} &= -\frac{eE}{m_e} \hat{\mathbf{j}} = -\frac{(1.60 \times 10^{-19} \text{ C})(200 \text{ N/C})}{9.11 \times 10^{-31} \text{ kg}} \hat{\mathbf{j}} \\ &= -3.51 \times 10^{13} \hat{\mathbf{j}} \text{ m/s}^2 \end{aligned}$$

$$\text{(B)} \quad t = \frac{\ell}{v_i} = \frac{0.100 \text{ m}}{3.00 \times 10^6 \text{ m/s}} = 3.33 \times 10^{-8} \text{ s}$$

$$\begin{aligned} \text{(C)} \quad y_f &= \frac{1}{2} a_y t^2 = -\frac{1}{2} (3.51 \times 10^{13} \text{ m/s}^2) (3.33 \times 10^{-8} \text{ s})^2 \\ &= -0.0195 \text{ m} = -1.95 \text{ cm} \end{aligned}$$

SORULAR

1) Şekildeki gibi üç nokta yük bir eşkenar üçgenin köşelerinde bulunuyor. **a)** $7\ \mu\text{C}$ 'luk yük üzerindeki net elektrik kuvvetini hesaplayınız. **b)** $2\ \mu\text{C}$ 'luk yükün konumunda, $7\ \mu\text{C}$ ve $-4\ \mu\text{C}$ 'luk yüklerden ileri gelen elektrik alanın şiddetini hesaplayınız.



$$F_1 = k_e \frac{q_1 q_2}{r^2} = \frac{(8.99 \times 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2 / \text{C}^2)(7.00 \times 10^{-6} \text{ C})(2.00 \times 10^{-6} \text{ C})}{(0.500 \text{ m})^2} = 0.503 \text{ N}$$

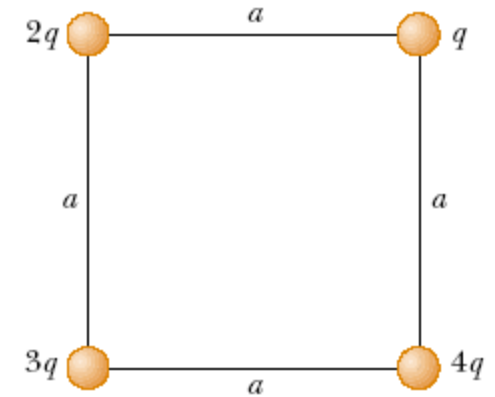
$$F_2 = k_e \frac{q_1 q_2}{r^2} = \frac{(8.99 \times 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2 / \text{C}^2)(7.00 \times 10^{-6} \text{ C})(4.00 \times 10^{-6} \text{ C})}{(0.500 \text{ m})^2} = 1.01 \text{ N}$$

$$F_x = 0.503 \cos 60.0^\circ + 1.01 \cos 60.0^\circ = 0.755 \text{ N}$$

$$F_y = 0.503 \sin 60.0^\circ - 1.01 \sin 60.0^\circ = -0.436 \text{ N}$$

$$\mathbf{F} = (0.755 \text{ N})\hat{\mathbf{i}} - (0.436 \text{ N})\hat{\mathbf{j}} = \boxed{0.872 \text{ N at an angle of } 330^\circ}$$

2) Şekildeki gibi dört nokta yük a kenar uzunluklu bir karenin köşelerinde bulunmaktadır. Artı q yüküne etkiyen bileşke kuvveti bulunuz. Ref: Fen ve Mühendislik için Fizik 2, Serway & Beichner

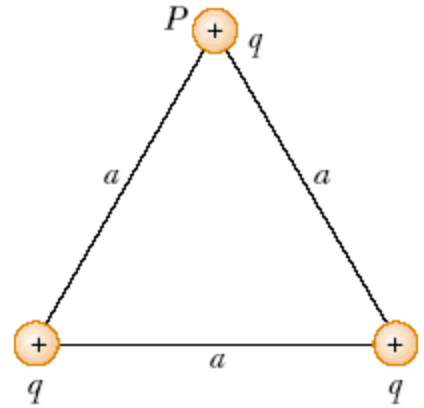


$$(a) \quad \mathbf{E} = \frac{k_e q_1}{r_1^2} \hat{\mathbf{r}}_1 + \frac{k_e q_2}{r_2^2} \hat{\mathbf{r}}_2 + \frac{k_e q_3}{r_3^2} \hat{\mathbf{r}}_3 = \frac{k_e (2q)}{a^2} \hat{\mathbf{i}} + \frac{k_e (3q)}{2a^2} (\hat{\mathbf{i}} \cos 45.0^\circ + \hat{\mathbf{j}} \sin 45.0^\circ) + \frac{k_e (4q)}{a^2} \hat{\mathbf{j}}$$

$$\mathbf{E} = 3.06 \frac{k_e q}{a^2} \hat{\mathbf{i}} + 5.06 \frac{k_e q}{a^2} \hat{\mathbf{j}} = \boxed{5.91 \frac{k_e q}{a^2} \text{ at } 58.8^\circ}$$

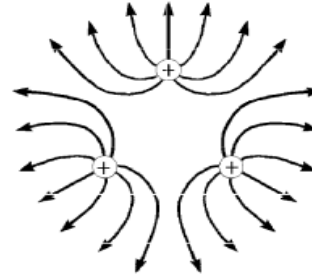
$$(b) \quad \mathbf{F} = q\mathbf{E} = \boxed{5.91 \frac{k_e q^2}{a^2} \text{ at } 58.8^\circ}$$

3) Üç özdeş nokta yük ($q=+2.7 \mu\text{C}$), 35 cm kenar uzunluklu bir eşkenar üçgenin köşelerine konuluyor. (a) Üçgenin merkezinde bileşke elektrik alanın büyüklüğü ne kadardır? (b) Yükler düzleminde hangi noktada (∞ dışında) elektrik alanı sıfırdır? (c) P noktasında, üçgenin iki taban yükünden ileri gelen elektrik alanının büyüklük ve doğrultusu nedir?

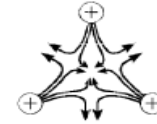


- (a) The electric field has the general appearance shown. It is zero at the center, where (by symmetry) one can see that the three charges individually produce fields that cancel out.

In addition to the center of the triangle, the electric field lines in the second figure to the right indicate three other points near the middle of each leg of the triangle where $E = 0$, but they are more difficult to find mathematically.



- (b) You may need to review vector addition in Chapter Three. The electric field at point P can be found by adding the electric field vectors due to each of the two lower point charges: $E = E_1 + E_2$.



The electric field from a point charge is $E = k_e \frac{q}{r^2} \hat{r}$.

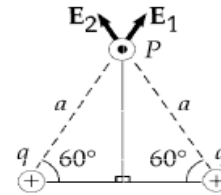
As shown in the solution figure at right,

$$E_1 = k_e \frac{q}{a^2} \text{ to the right and upward at } 60^\circ$$

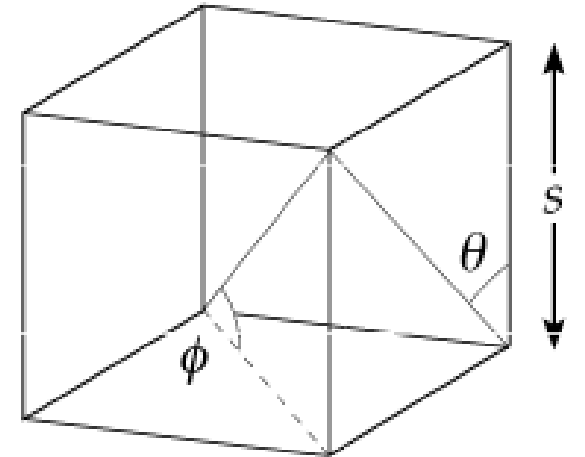
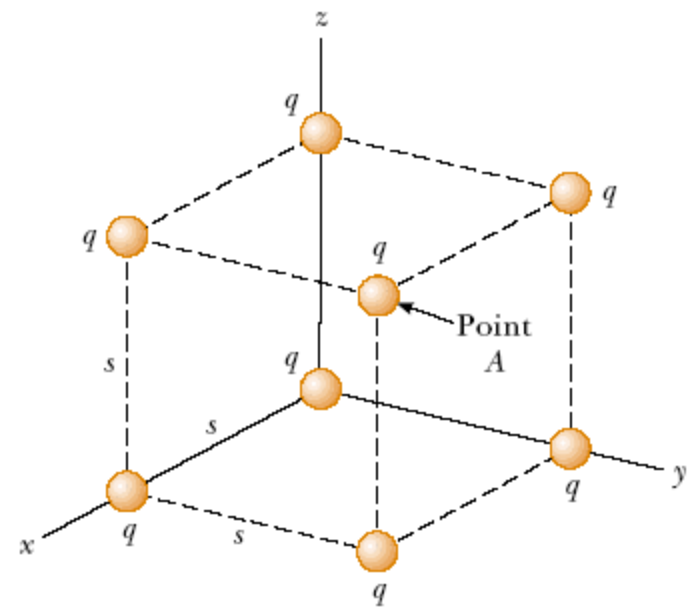
$$E_2 = k_e \frac{q}{a^2} \text{ to the left and upward at } 60^\circ$$

$$E = E_1 + E_2 = k_e \frac{q}{a^2} \left[(\cos 60^\circ \hat{i} + \sin 60^\circ \hat{j}) + (-\cos 60^\circ \hat{i} + \sin 60^\circ \hat{j}) \right] = k_e \frac{q}{a^2} \left[2(\sin 60^\circ \hat{j}) \right]$$

$$= \boxed{1.73 k_e \frac{q}{a^2} \hat{j}}$$

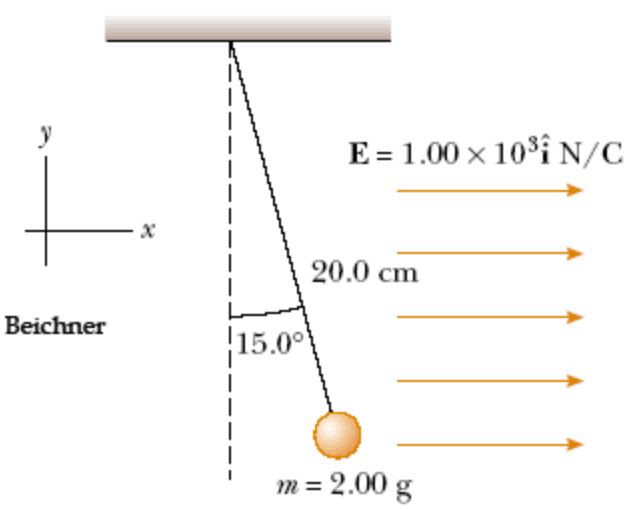


4) Şekilde gösterildiği gibi, sekiz $+q$ yükü s kenar uzunluklu bir kübün köşelerine konuluyor. (a) A noktasındaki yükü diğer yüklerin uyguladığı bileşke kuvvetin x , y , z bileşenlerini bulunuz. (b) Bu bileşke kuvvetin büyüklük ve doğrultusunu bulunuz. Ref: Fen ve Mühendislik için Fizik 2, Serway & Beichner

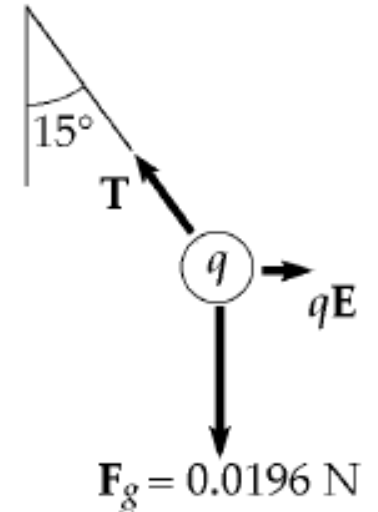


5) Şekilde gösterildiği gibi, 2 g'lık plastik küçük bir top 20 cm uzunluğunda bir ip ile düzgün bir elektrik alanında asılıyor. Top, şekildeki gibi, ipin düşeyle 15°'lik bir açı yapması durumunda dengede ise, topta ne kadar net yük vardır?

Ref: Fen ve Mühendislik için Fizik 2, Serway & Beichner



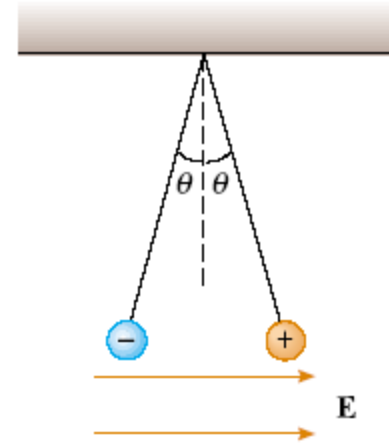
Cevap: $q = 5.25 \mu\text{C}$



Serbest cisim diyagramı

6) Şekilde gösterildiği gibi, 2 g kütleli iki küçük küre 10 cm uzunluklu ince ipliklerle asılıyor. Düzgün bir elektrik alanı x doğrultusunda uygulanıyor. Kürelerin yükleri $-5 \times 10^{-8} \text{ C}$ ve $+5 \times 10^{-8} \text{ C}$ ise, küreleri $\theta = 10^\circ$ açıda dengede tutabilecek elektrik alan şiddetini bulunuz. Ref: Fen ve Mühendislik için Fizik 2, Serway & Beichner

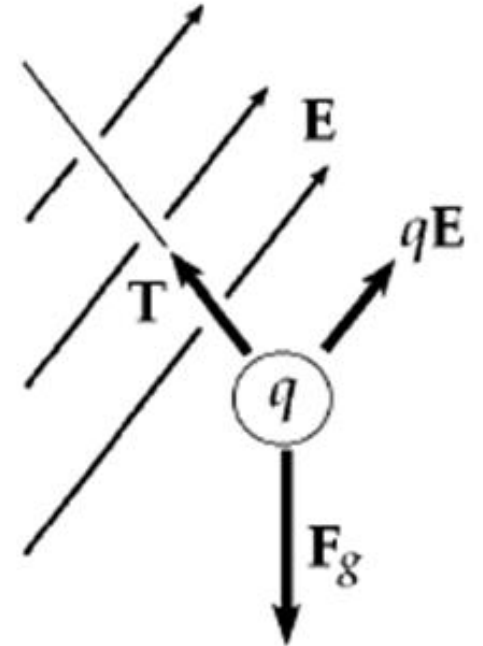
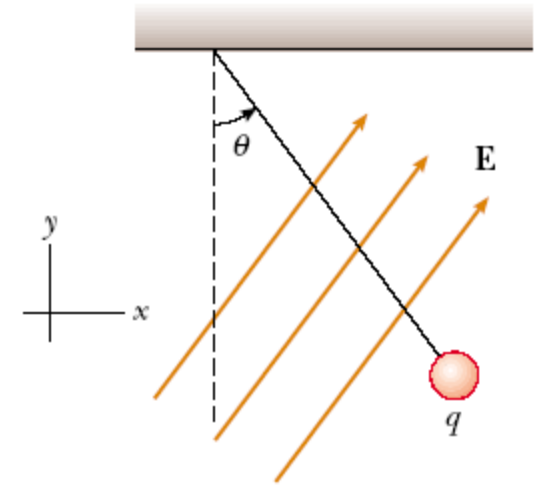
Cevap: $E = 443 \text{ kN/C}$



7) Şekildeki gibi, 1 g'lık bir mantar top ince bir iplikle düzgün bir elektrik alanının bulunduğu bölgede asılıyor. $\mathbf{E} = (3\mathbf{i} + 5\mathbf{j}) \times 10^5 \text{ N/C}$ olduğunda top $\theta = 37^\circ$ 'de dengede kalıyor. (a) toptaki yükü ve (b) ipteki gerilmeyi bulunuz.

Ref: Fen ve Mühendislik için Fizik 2, Serway & Beichner

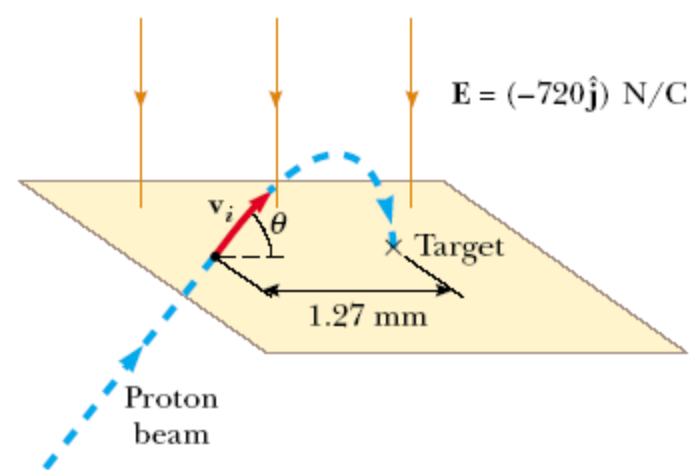
Cevap: (a) $q = 10.9 \text{ nC}$, (b) $T = 5.44 \text{ mN}$



Serbest cisim diyagramı

8) Şekilde görüldüğü gibi, protonlar düzgün bir $\mathbf{E} = (-720\hat{j})$ N/C elektrik alan bölgesine $v_0 = 9,55 \times 10^3$ m/s ilk hızıyla fırlatılıyorlar. Protonların fırlatıldıkları noktadan yatay olarak 1.27 mm uzaklıktaki bir hedefi vurmaları bekleniyor. (a) Vuruşun sağlanacağı iki θ açısını, ve (b) her iki atış için vuruşa kadar geçen süreyi bulunuz.

Ref: Fen ve Mühendislik için Fizik 2, Serway & Beichner



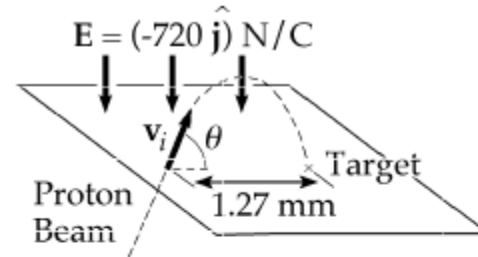
$$v_i = 9.55 \times 10^3 \text{ m/s}$$

$$(a) \quad a_y = \frac{eE}{m} = \frac{(1.60 \times 10^{-19})(720)}{(1.67 \times 10^{-27})} = 6.90 \times 10^{10} \text{ m/s}^2$$

$$R = \frac{v_i^2 \sin 2\theta}{a_y} = 1.27 \times 10^{-3} \text{ m so that}$$

$$\frac{(9.55 \times 10^3)^2 \sin 2\theta}{6.90 \times 10^{10}} = 1.27 \times 10^{-3}$$

$$\sin 2\theta = 0.961 \quad \theta = \boxed{36.9^\circ} \quad 90.0^\circ - \theta = \boxed{53.1^\circ}$$



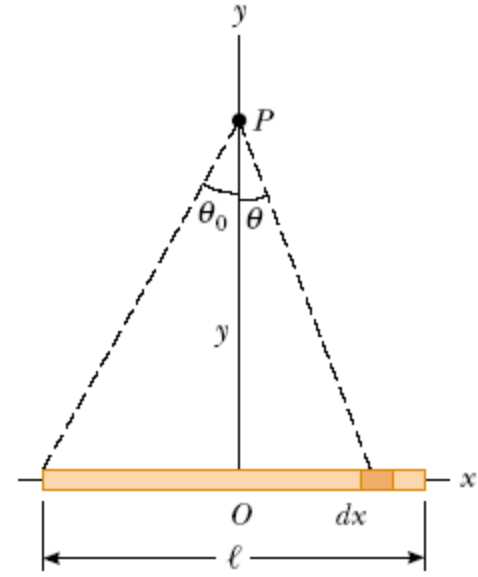
$$(b) \quad t = \frac{R}{v_{ix}} = \frac{R}{v_i \cos \theta} \quad \text{If } \theta = 36.9^\circ, t = \boxed{167 \text{ ns}}.$$

$$\text{If } \theta = 53.1^\circ, t = \boxed{221 \text{ ns}}.$$

9) Şekilde gösterildiği gibi, uzunluğu ℓ , boyca yük yoğunluğu λ olan ince bir çubuk x eksenı üzerındedir. (a) Çubuğun orta dikmesi üzerinde, çubuktan y uzaklıktaki P noktasında elektrik alanın x bileşeni olmadığını ve $E=2k \lambda \sin \theta_0 / y$ ile verildiğini gösteriniz. (b) (a)'daki sonucu kullanarak sonsuz uzunluklu bir çubuğun alanının $E=2k \lambda / y$ ile verildiğini gösteriniz.

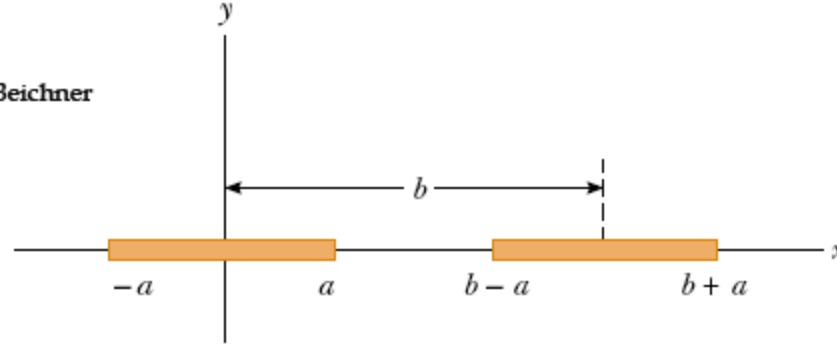
Ref: Fen ve Mühendislik için Fizik 2, Serway & Beichner

Cevap: (a)
$$E = \frac{2k_e \lambda \sin \theta_0}{y}$$



10) $2a$ uzunluğunda özdeş ince çubuklar boylarına düzgün olarak dağılmış $+Q$ yüklerine sahiptirler. Çubuklar x eksenini boyunca merkezleri $b > 2a$ olacak şekilde birbirinden ayrılmışlardır. Sağdaki çubuğa etkiyen kuvvetin $F = \left(\frac{k_e Q^2}{4a^2} \right) \ln \left(\frac{b^2}{b^2 - 4a^2} \right)$ ile verildiğini gösteriniz.

Ref: Fen ve Mühendislik için Fizik 2, Serway & Beichner

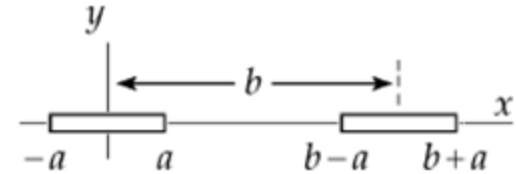


$$E = \frac{k_e Q}{d(2a + d)}$$

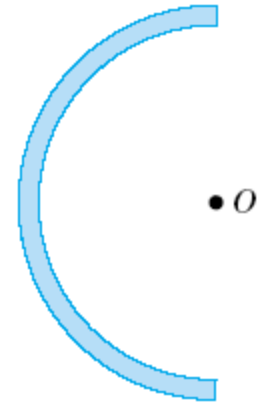
$$dF = \frac{k_e Q Q}{2a} \frac{dx}{d(d + 2a)}$$

$$F = \frac{k_e Q^2}{2a} \int_{x=b-2a}^b \frac{dx}{x(x+2a)} = \frac{k_e Q^2}{2a} \left(-\frac{1}{2a} \ln \frac{2a+x}{x} \right)_{b-2a}^b$$

$$F = \frac{+k_e Q^2}{4a^2} \left(-\ln \frac{2a+b}{b} + \ln \frac{b}{b-2a} \right) = \frac{k_e Q^2}{4a^2} \ln \frac{b^2}{(b-2a)(b+2a)} = \boxed{\left(\frac{k_e Q^2}{4a^2} \right) \ln \left(\frac{b^2}{b^2 - 4a^2} \right)}$$



11) 14 cm uzunluğunda düzgün yüklü yalıtkan bir çubuk, Şekildeki gibi yarım daire şeklinde bükülüyor. Çubuğun toplam yükü $-7.5 \mu\text{C}$ ise yarım dairenin O merkezinde elektrik alanın büyüklük ve doğrultusunu bulunuz. Ref: Fen ve Mühendislik için Fizik 2, Serway & Beichner



Simetriden dolayı $E_y = \int dE_y = 0$, and $E_x = \int dE \sin \theta = k_e \int \frac{dq \sin \theta}{r^2}$

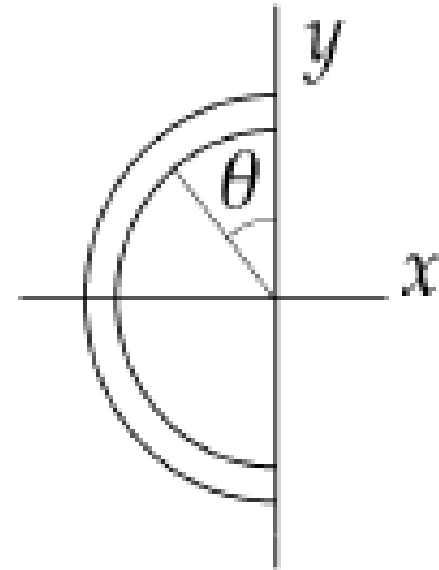
burada $dq = \lambda ds = \lambda r d\theta$,

$$E_x = \frac{k_e \lambda}{r} \int_0^\pi \sin \theta d\theta = \frac{k_e \lambda}{r} (-\cos \theta) \Big|_0^\pi = \frac{2k_e \lambda}{r} \quad \text{olur.}$$

burada $\lambda = \frac{q}{L}$ and $r = \frac{L}{\pi}$. Verilenler yerlerine yazılırsa

$$E_x = \frac{2k_e q \pi}{L^2} = \frac{2(8.99 \times 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2/\text{C}^2)(7.50 \times 10^{-6} \text{ C})\pi}{(0.140 \text{ m})^2} = 2.16 \times 10^7 \text{ N/C} .$$

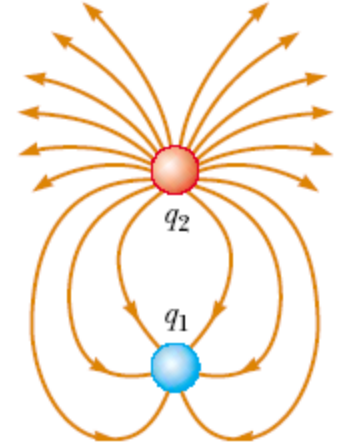
$$E = (-2.16 \times 10^7 \hat{i}) \text{ N/C} = \boxed{-21.6 \hat{i} \text{ MN/C}} \quad \text{elde edilir.}$$



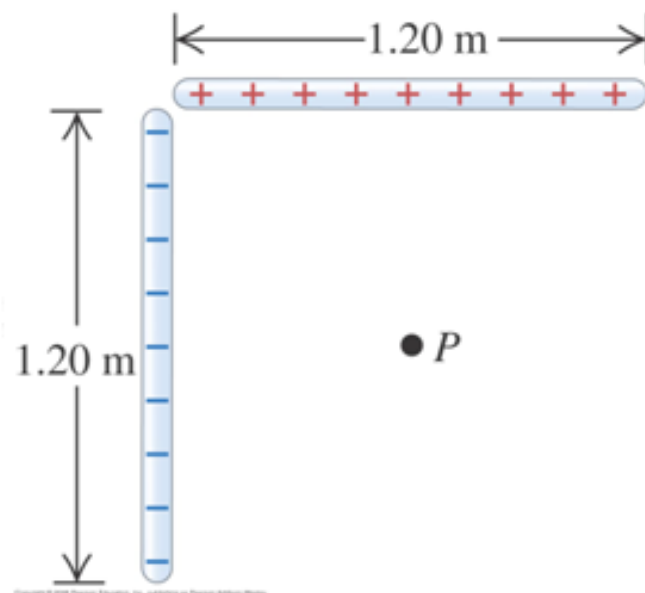
12) Aşağıdaki şekil aralarında küçük bir uzaklık bulunan iki nokta yükün elektrik alan çizgilerini göstermektedir. (a) q_1/q_2 oranını bulunuz. (b) q_1 ve q_2 nin işaretlerini bulunuz.

(a) $\frac{q_1}{q_2} = \frac{-6}{18} = \boxed{-\frac{1}{3}}$

(b) $\boxed{q_1 \text{ is negative, } q_2 \text{ is positive}}$



13) 1.20 m uzunluğunda iki yalıtkan tel, Şekil deki gibi, dik açı yapacak şekilde uç uca getirilmiştir. Tellerden biri düzgün dağıtılmış $+2.50 \mu\text{C}$, diğeri de düzgün dağıtılmış $-2.50 \mu\text{C}$ yük taşımaktadır. Tellerin, her ikisinden de 60.0 cm uzaktaki P noktasında oluşturdukları elektrik alanının büyüklük ve yönünü bulunuz.



(b) Bu tellerin P noktasında serbest bırakılan bir elektrona uyguladıkları kuvvetin büyüklük ve yönünü bulunuz.

Ref: University Physics, Young & Freedman, Pearson Addison Wesley

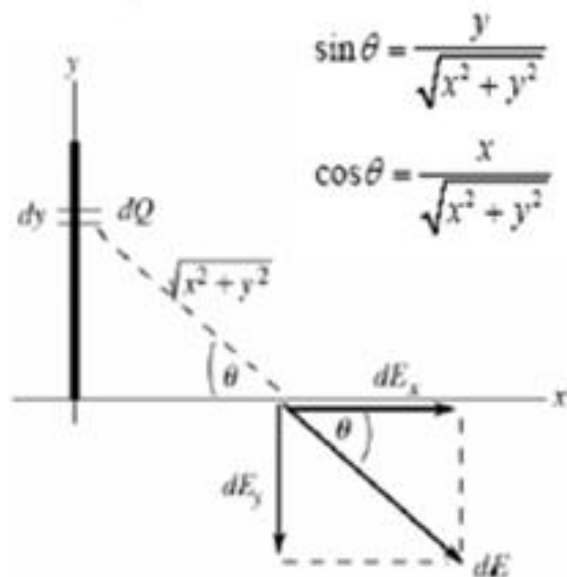
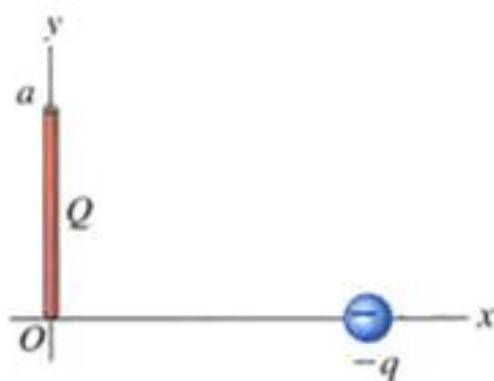
Cevap:

$$(a) E_{\text{net}} = 2 \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Q}{x\sqrt{x^2 + a^2}} \cos 45^\circ = 6.25 \times 10^4 \text{ N/C.}$$

$$(b) F = eE = 1.00 \times 10^{-14} \text{ N}$$

14) Pozitif Q yükü y -ekseni üzerinde $y = 0$ ve $y = a$ arasına düzgün olarak dağıtılmıştır. Negatif bir $-q$ yükü de pozitif x -ekseni üzerinde, orijinden x mesafesindedir .

(a) Q yük dağılımının x -ekseni üzerindeki noktalarda oluşturduğu elektrik alanının x ve y -bileşenlerini bulunuz. (b) Q yük dağılımının $-q$ yüküne uyguladığı kuvvetin x ve y -bileşenlerini bulunuz. (c) $x \gg a$ ise $F_x = -Qq/4\pi\epsilon_0 x^2$ ve $F_y = +Qqa/8\pi\epsilon_0 x^3$ olduğunu gösteriniz. Neden bu sonucun çıktığını açıklayınız.



Cevap: (a) $E_x = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 x \sqrt{x^2 + a^2}}$

$$E_y = -\frac{Q}{4\pi\epsilon_0 a} \left(\frac{1}{x} - \frac{1}{\sqrt{x^2 + a^2}} \right)$$

(b) $F_x = -qE_x = \frac{-qQ}{4\pi\epsilon_0 x \sqrt{x^2 + a^2}}$

$$F_y = -qE_y = \frac{qQ}{4\pi\epsilon_0 a} \left(\frac{1}{x} - \frac{1}{\sqrt{x^2 + a^2}} \right)$$

(c) $F_x \approx -\frac{qQ}{4\pi\epsilon_0 x^2}$

$$F_y \approx \frac{qQ}{4\pi\epsilon_0 a} \left(\frac{1}{x} - \frac{1}{x} + \frac{a^2}{2x^3} \right) = \frac{qQa}{8\pi\epsilon_0 x^3}$$