Elektrik ve Manyetizma



İÇERİK

- Elektrik Yüklerinin Özellikleri
- Yalıtkanlar ve İletkenler
- Coulomb Yasası
- Elektrik Alanı
- Sürekli Yük Dağılımlarının Alanı
- Elektrik Alan Çizgileri
- Yüklü Parçacığın Elektrik Alan İçindeki Hareketi



Gök gürültülü sağanak yağış sırasında bir yıldırımdaki elektrik yükü, yıldırım ve negatif yüklü Dünya'nın yüzeyi arasında normalden daha yüksek bir elektrik alanı oluşturur. Bu güçlü elektrik alanı, yüklü bulut ile yer arasında bir elektrik deşarjı yaratır - muazzam bir kıvılcım.

Elektrik, teknolojik uygarlığın ve modern toplumun can damarıdır.

Elektriksiz telefon, televizyon, ev aletlerinin hiçbiri olmaz.

Modern tıp bir hayal olabilir ve karmaşık deneysel ekipman ve hızlı bilgisayarların olmaması ve özellikle de bilginin yavaş yayılması nedeniyle bilim ve teknolojinin de yavaş yayılmasına sebep olur.

Elektrik Kuvvetleri ve Elektrik Alanları

Elektrik kuvvetlerinin ve alanların keşfiyle, atomların düzenlemelerini görebilir, hücrenin iç işleyişini inceleyebilir ve güneş sisteminin sınırlarının ötesinde uzay aracı gönderebiliriz.

Bütün bunlar sadece son birkaç nesilde mümkün oldu.

En eski elektrik çalışmaları MÖ 700 yapılmıştır. Her şey, kehribar adı verilen bir fosil malzemenin yünle ovulduktan sonra küçük nesneleri çekmesinin fark edilmesi ile başladı.

Bu bölümde,

- elektrik yüklerinin özellikleri
- sürtünme ile yüklenme, ardından
- herhangi iki durgun yük arasındaki temel kuvvet yasası olan Coulomb yasasını tartışacağız.
- yükün elektrik alanı kavramı anlatacağız ve diğer yüklü parçacıklar üzerindeki etkilerini açıklayacağız.
- Gauss yasası tartışacağız.

Elektrik Yüklerinin Özellikleri

Elektrik yükleri ve kuvvetlerin varlığını gösteren birçok deney yapılabilir.
Saçınıza sürttüğünüz tarağın, ipek veya kürke sürtülmüş cam veya lastiğin kağıt parçalarını çektiğini görürsünüz. Yada şişirilmiş bir balonu yünle ovaladığınızda balon bir odanın tavanı veya duvarına saatlerce yapışık kalacaktır. Bu malzemelerin elektriklenmiş veya elektrikle yüklenmiş olduğunu söyleriz.





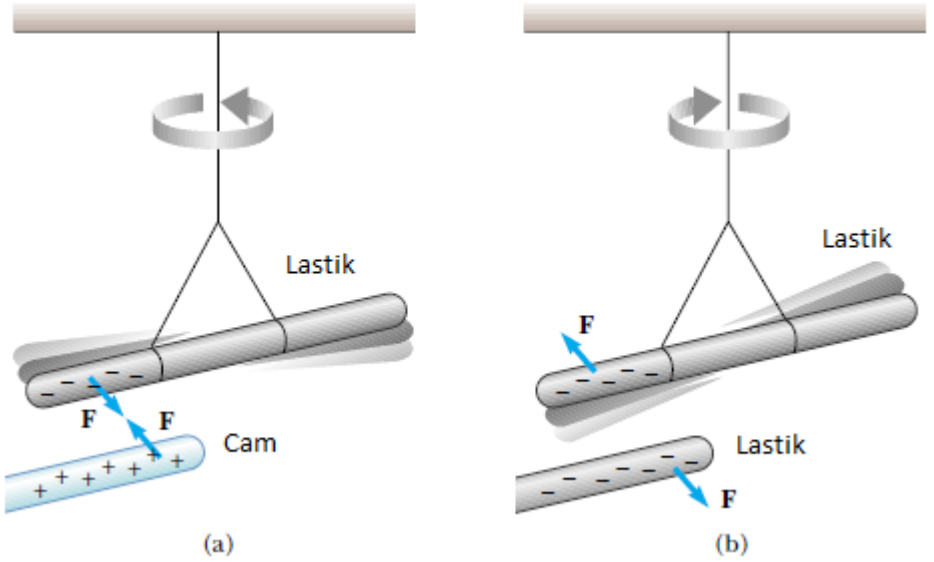




Elektrik Yüklerinin Özellikleri

- Deneyler pozitif ve negatif olmak üzere iki tür elektrik yükünün olduğunu göstermektedir.
- Aynı yükler birbirlerini iter, farklı yükler birbirlerini çeker.

Maddeler genellikle eşit miktarda pozitif ve negatif yük içerir. Aralarındaki elektriksel kuvvetler bu nesnelerin net negatif veya pozitif yükleri olduğunda ortaya çıkar, nesneler elektron kazanarak veya kaybederek yüklenir.

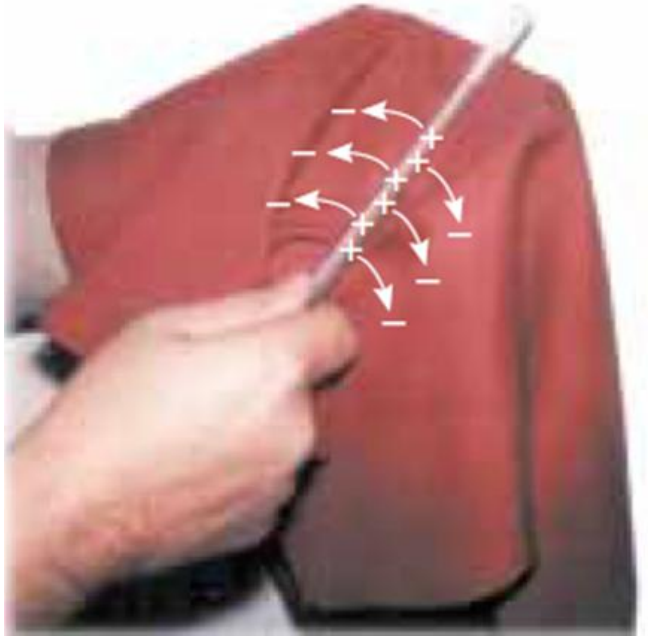


(a) Negatif yüklü bir lastik çubuk, pozitif yüklü bir cam çubuğu çeker. (b) Negatif yüklü bir lastik çubuk, negatif yüklü başka bir lastik çubuğu iter.

Elektrik Yüklerinin Özellikleri

- Elektrik yüklerinin diğer bir özelliği yükün korunumlu olmasıdır. Net bir elektrik yükü yaratılamaz veya yok edilemez.

Mesela sürtünmede yeni yükler oluşmaz. Sadece mevcut yükler birinden ötekine geçer. Böylece mesela bir cisim bir miktar pozitif yük kazanırken diğeri aynı miktar negatif yük kazanır.



Bir cam çubuk ipek ile ovulduğunda, elektronlar camdan ipeğe aktarılır. İpek negatif yüklenir, cam pozitif.

Elektrik Yüklerinin Özellikleri

- Elektrik yükleri *e* harfi ile gösterilen bölünmez bir yük biriminin katları halinde bulunur. Başka bir deyişle, yük, elektron veya proton üzerindeki yükün katları halinde gelir. Yani yük (q) kuantumlanmıştır. Denklem ile ifade etmek istersek;

N bir tamsayı olmak üzere,

$$q = Ne$$

q, yükü temsil etmek için kullanılan semboldür, N ise pozitif veya negatif bir tamsayıdır ve *e*, elektronun yüküdür, $1{,}6 \times 10^{-19}$ Coulomb.

Elektrik Yüklerinin Özellikleri

Özetlersek;

- Pozitif ve negatif olmak üzere doğada iki tür yük bulunur,
- Benzer yükler birbirini iter, zıt yükler birbirini çekerler,
- Pozitif yük protonların elektronlardan daha fazla olmasından; negatif yük elektronların protonlardan daha fazla olmasından kaynaklanır,
- Yük korunumludur.
- Yük kuantumludur, yani yük, *e* elementer yükün tam katları halinde bulunur,

Test 1

Şişirilmiş bir balonu saçınıza sürterseniz ikisinin birbirini çektiğini görürsünüz. Sürtmeden önce balon ve saçınızdaki yük miktarı sürtmeden öncekine göre
(a) az mıdır? (b) aynı mıdır? (c) daha çok mudur?

Test 2

Bir A cismi B cismine çekiliyor. B cisminin + yüklü olduğu biliniyorsa A cismi için ne söyleyebiliriz.
(a) + yüklüdür (b) – yüklüdür (c) nötrdür (d) cevaplamak için yeterli bilgi bulunmamaktadır.

Yalıtkanlar ve İletkenler

Malzemeleri elektronların malzeme içinde hareket edebilmesi açısından sınıflandırabiliriz.

- Elektriksel iletkenler, malzeme içinde elektronların nispeten serbestçe hareket edebildikleri (elektronlar çekirdeğe zayıf bağlı) malzemelerdir. Bakır, gümüş, demir, vücudumuz vs.
- Yalıtkanlar ise, tüm elektronların atomlara sıkı bağlandığı ve malzeme içinde serbestçe hareket edemediği malzemelerdir. Cam, lastik, tahta, platik, kuru hava vs.

Yalıtkanlar ve İletkenler

- Yarı iletkenler elektriksel özellikleri yalıtkanların ve iletkenlerin malzemeleri arasında bir yerdedir. Elektriksel özellikleri madde içerisine yabancı atomlar katkılanarak değiştirilebilir. Silisyum, germanyum, diyot vs.
- Süperletkenler, belirli bir sıcaklığın altında elektriği dirençsiz ileten malzemelerdir. Bakır veya çelik gibi daha tanıdık iletkenlerin aksine, bir süperiletken herhangi bir enerji kaybetmeden süresiz olarak bir akım taşıyabilir. Kimyasal elementlerin çoğu yeterince düşük sıcaklıkta süperiletken hale gelir.

İndüksiyonla Yüklenme

Yüksüz cisimler farklı yollarla yüklenebilir;

- Sürtünme ile yüklenme; elektronlar bir nesneden diğerine aktarılır.
- İletim ile yüklenme; yüklenmemiş bir cismi başka yüklü bir nesneyle temas ettirerek yükleme.
- İndüksiyonla (etki ile) yüklenme; yüklü bir cisim nötr bir iletken cismin yakınına getirilir ancak değdirilmez. Nötr iletken yakınında yüklü bir nesnenin varlığı, iletken içindeki elektronları hareket etmeye zorlar (veya indükler).

indüksiyonla Yüklenme

Pozitif yüklü cisim yüksüz metal çubuğa yaklaştırılır, dokundurulmaz. Metal çubuk içindeki negatif yükler cisme, pozitif yüke doğru hareket ederler (kutuplanma). Pozitif yükler ise diğer uçta kalırlar. Bu sürece indüksiyonla veya etki ile yüklenme adı verilir. Çubuktaki net yük hala sıfırdır.



Test 3

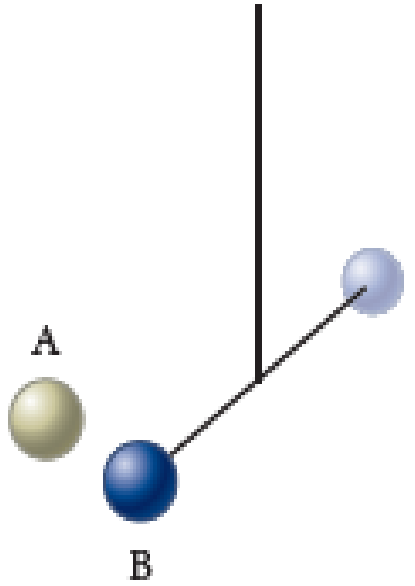
Üç cisim birbirine yaklaştırılmaktadır. A ve B bir araya getirildiğinde birbirlerini çekiyor, B ve C cisimleri bir araya getirildiğinde itiyorlar. Buna göre,

(a) A ve C cisimlerinin aynı işaretli olduğu sonucuna varırız.
(b) A ve C cisimleri zıt işaretli yüklere sahiptir.
(c) Cisimlerin üçü de aynı işaretlidir.
(d) Cisimlerden biri nötrdür.
(e) Cisimler üzerindeki yükler hakkında bilgi edinmek için ek deneyler yapmamız gerekir.

Coulomb Yasası

- Coulomb burulma terazisiyle yaptığı deneylerde durgun yüklü cisimler arasındaki elektrik kuvvetlerinin;
- *yükler arasındaki uzaklığın karesiyle ters orantılı,*
- her bir küredeki *yüklerin büyüklüklerinin çarpımı ile doğru orantılı olduğunu,* ve
- yükler *zıt işaretli* olduğunda *çekici, aynı işaretli olduğunda itici,*

olduğunu bulmuştur.



Küçük bir halter uzun bir iple asılmıştır. İpteki burulma miktarı yüklü A ve B küreleri arasındaki kuvvetin şiddetinin bir ölçüsüdür.

Coulomb Yasası

Böylece iki nokta yük arasındaki kuvvetin büyüklüğü *Coulomb Yasası* ile verilebilir.

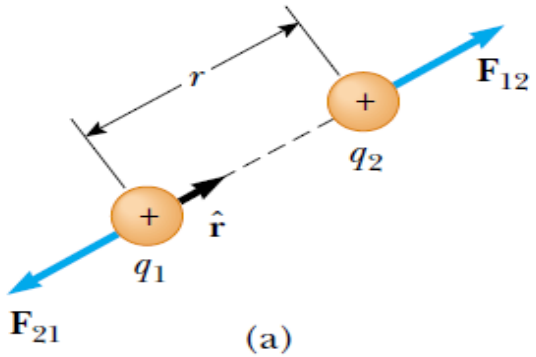
$$F = k\frac{|q_1 q_2|}{r^2}$$

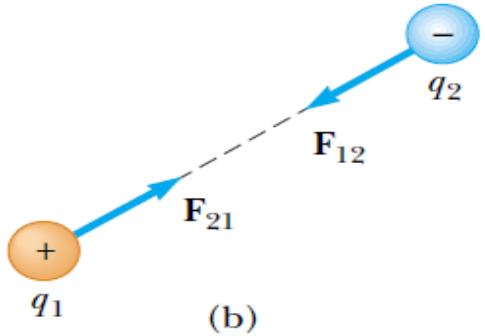
r: iki yük arsındaki uzaklık q_1 ve q_2: yükler

$k=1/(4\pi\varepsilon_0)$: Coulomb sabiti, $k \approx 8{,}98\times10^9\ Nm^2/C^2$

ε_0: boş uzayın elektrik geçirgenliği,

$\varepsilon_0 \approx 8{,}85\times10^{-12}\ C^2/Nm^2$, $e = 1{,}602\times10^{-19}\ C$, $1\mu = 10^{-6}\ C$

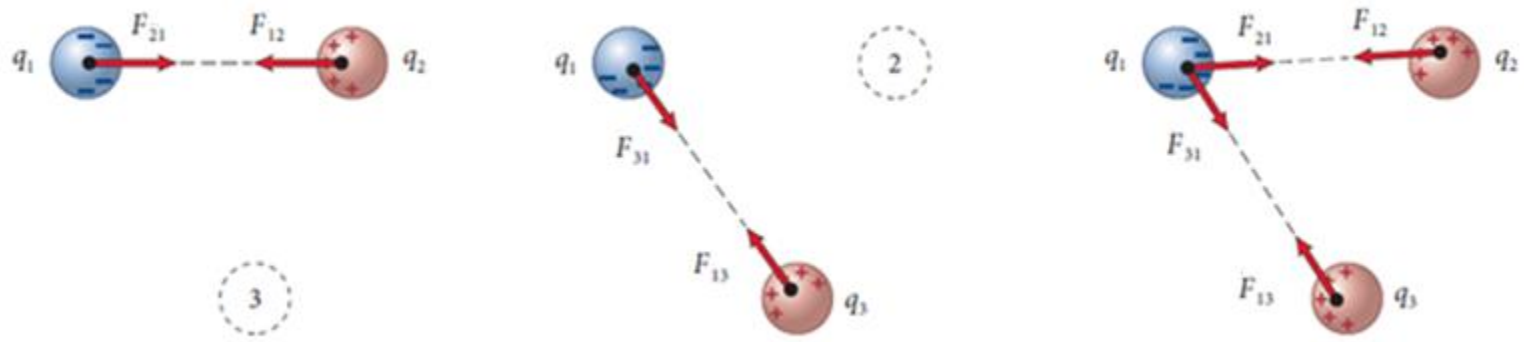




$$\mathbf{F}_{21} = -\mathbf{F}_{12}$$

r aralıklı iki nokta yük arasındaki elektrik kuvveti (a) aynı işaretli yükler, (b) zıt işaretli yükler

Coulomb Yasası



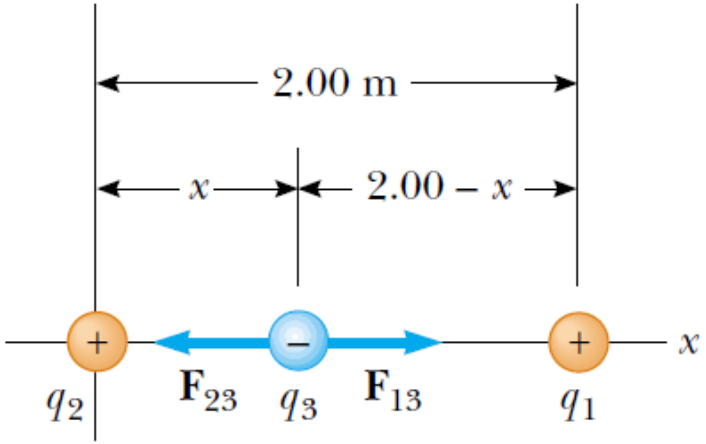
Şekildeki gibi ikiden fazla yük (mesela üç yük) bulunduğunda yüklerden herhangi biri (mesela q_1) üzerine etkiyen kuvvet ($\mathbf{F}_1$) (toplam, net kuvvet) öteki yüklerden ileri gelen kuvvetlerin vektörel toplamına eşittir.

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

Örnek 1

Şekilde q_3 üzerine etkiyen bileşke kuvvet sıfır olduğuna göre q_3'ün x koordinatı nedir?

$q_2 = 6\,\mu\text{C}$ $\quad$ $q_1 = 15\,\mu\text{C}$



$$F_{13} = k\frac{q_1\ q_3}{(2.00 - x)^2} \qquad F_{23} = k\frac{q_2\ q_3}{x^2}$$

q_3 üzerine etkiyen bileşke kuvvet sıfır olduğundan F_{13} ve F_{23} aynı büyüklükte ve zıt yönlü olmalı.

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

$$(2 - x)^2\ q_2 = x^2\ q_1$$

$$(4 - 4x + x^2)(6\times 10^{-6}\,\text{C}) = x^2(15\times 10^{-6}\,\text{C})$$

Denklemin çözümünden $\quad 3x^2 + 8x - 8 = 0$

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

Denklemin çözümünden elde edilen diğer sonuç neden kullanamayız?

$$x = -3.44\ \text{m}$$

Elektrik Kuvvetleri ve Elektrik Alanları

Elektron, Proton ve Nötronun Kütlesi ve Yükü

Parçacık	Kütle (kg)	Yük	
		Coulomb	Yük Birimi
Elektron (e)	9.10938×10^{-31}	-1.6022×10^{-19}	-1
Proton (p)	1.67262×10^{-27}	$+1.6022 \times 10^{-19}$	$+1$
Nötron (n)	1.67493×10^{-27}	0	0

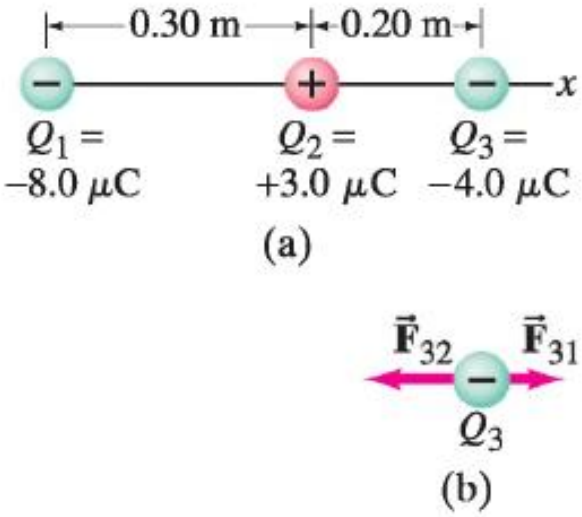
$$p_m \approx n_m \approx 1840 \times e^-_m$$

Örnek 2

Şekildeki gibi üç nokta yük x ekseni üzerinde bulunmaktadır. Diğer iki yükten dolayı Q_3 üzerine etkiyen kuvveti hesaplayınız.

$$F_{31} = k\frac{Q_3 Q_1}{r_{31}^2} = \frac{(9.0\times10^9\,\mathrm{N\cdot m^2/C^2})(4.0\times10^{-6}\,\mathrm{C})(8.0\times10^{-6}\,\mathrm{C})}{(0.50\,\mathrm{m})^2} = 1.2\,\mathrm{N}$$

$$F_{32} = k\frac{Q_3 Q_2}{r_{32}^2} = \frac{(9.0\times10^9\,\mathrm{N\cdot m^2/C^2})(4.0\times10^{-6}\,\mathrm{C})(3.0\times10^{-6}\,\mathrm{C})}{(0.20\,\mathrm{m})^2} = 2.7\,\mathrm{N}$$

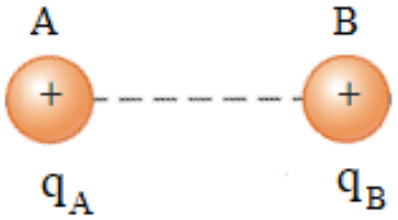


Böylece Q_3 üzerine etkiyen net kuvvet;

$$F = -F_{32} + F_{31} = -2.7\,\mathrm{N} + 1.2\,\mathrm{N} = -1.5\,\mathrm{N}$$

Test 4

Şekilde A cisminin yükü +2 μC ve B cisminin yükü +6 μC dur. Buna göre aşağıdakilerden hangisi doğrudur.



(a) $\mathbf{F}_{AB} = -3\mathbf{F}_{BA}$ (b) $\mathbf{F}_{AB} = -\mathbf{F}_{BA}$ (c) $3\mathbf{F}_{AB} = -\mathbf{F}_{BA}$

Elektrik Alanı

Yerçekim alanı $\boldsymbol{g}=\boldsymbol{F}/m$, m kütlesi başına etkiyen kuvvet şeklinde tanımlanabilir. Benzer biçimde ***elektrik alanı da***, alanı bulmak istediğimiz noktaya konulan bir $+q$ ***deneme yüküne etkiyen kuvvet*** olarak tanımlanabilir. Birimi SI'da N/C dur.

$$\mathbf{E} = \frac{\mathbf{F}}{q}$$

Demek ki ***bir yük*** bir noktaya konduğunda elektriksel ***kuvvet etkisi altında kalırsa*** o noktada bir ***elektrik alanı vardır*** deriz. ***Alanın yönü*** o noktadaki pozitif yüke etkiyen ***kuvetle aynı yöndedir***.

Elektrik Alanı

Noktasal Q yükünden r uzakta elektrik alanın büyüklüğü;

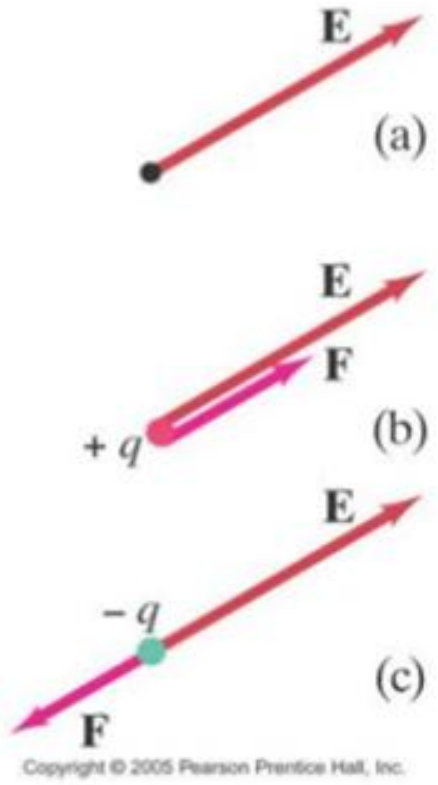
$$E \rightarrow (N/C)$$

$$E = \frac{F}{q} = \frac{kqQ/r^2}{q}$$

$$E = k\frac{Q}{r^2}$$

Uzayda belirli bir noktadaki elektrik alanı bilirsek, o noktaya konan herhangi bir q yüküne etkiyen kuvveti hesaplayabiliriz.

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

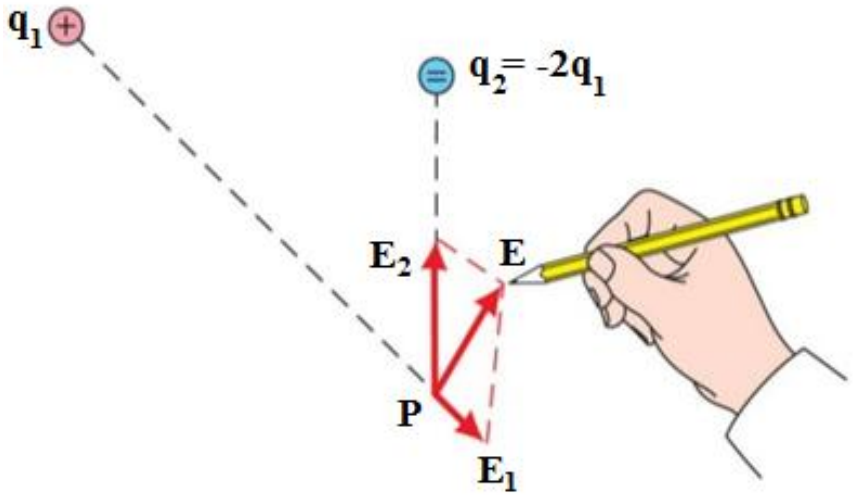


(a) Uzayda verilen bir noktadaki $\boldsymbol{E}$ alanı (b) O noktadaki pozitif yüke etkiyen kuvvet (c) o noktaya konan negatif yüke etkiyen kuvvet.

Elektrik Alanı

Birden fazla yükün oluşturduğu elektrik *alanı*, *her bir yükün* ilgilendiğimiz noktadaki elektrik *alanlarının vektörel toplamına eşittir*.

$$\mathbf{E} = \mathbf{E}_1 + \mathbf{E}_2 + \cdots$$



Örnek 3

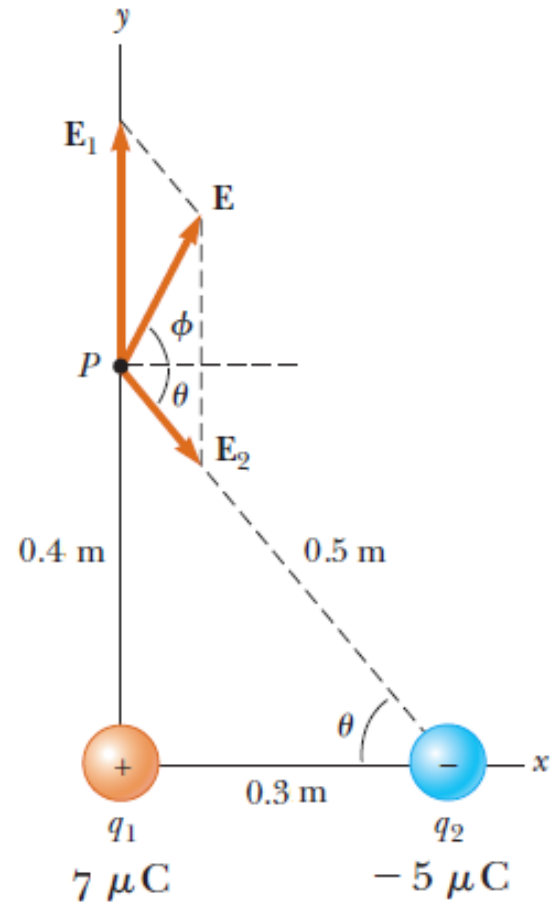
Şekilde P noktasındaki $\boldsymbol{E}$ alanı nedir?

$$E_1 = k\frac{q_1}{r_1^2} = (9\times10^9\,\mathrm{N\cdot m^2/C^2})\frac{(7.0\times10^{-6}\,\mathrm{C})}{(0.40\,\mathrm{m})^2}$$
$$= 3.9\times10^5\,\mathrm{N/C}$$

$$E_2 = k\frac{q_2}{r_2^2} = (9\times10^9\,\mathrm{N\cdot m^2/C^2})\frac{(5.0\times10^{-6}\,\mathrm{C})}{(0.50\,\mathrm{m})^2}$$
$$= 1.8\times10^5\,\mathrm{N/C}$$

$$E = \sqrt{E_1^2 + E_2^2 - 2E_1E_2\cos 127^\circ}$$

$$E = 2.71\times10^5\,\mathrm{N/C}$$



Test 5

$+ 3\mu C$ luk bir yük 4×10^{6} N/C luk sağa yönelmiş elektrik alanın bulunduğu bir P noktasındadır. Bu yük $-3\mu C$ luk bir yük ile değiştirilirse P deki elektrik alan;

(a) etkilenmez

(b) yönü tersine çevrilir

(c) belirlenemeyen şekilde değişir

Sürekli Yük Dağılımının Alanı

Pek çok durumda yükün sürekli dağıldığını kabul edebiliriz. Bu yük dağılımını sonuz küçük dq yüklerine böleriz. Bunların her biri birer nokta yük gibi davranır ve r uzaklıkta bir noktada elektrik alana katkısı;

$$dE = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\frac{dq}{r^2}$$

Toplam elektrik alanı bunların hepsinin toplamına eşit olacaktır.

$$\mathbf{E} = \int d\mathbf{E}$$

Sürekli Yük Dağılımının Alanı

Sürekli yük dağılımı alanı hesaplarında yük yoğunluğu kavramını kullanmak kolaylık ağlar.

Yük dağılımı düzgün değilse dq yük elamanı;

- Hacimsel yük yoğunluğu $\rho \equiv \frac{Q}{V}$ C/m^3 $dq = \rho\, dV$
- Yüzeysel yük yoğunluğu $\sigma \equiv \frac{Q}{A}$ C/m^2 $dq = \sigma\, dA$
- Çizgisel yük yoğunluğu $\lambda \equiv \frac{Q}{\ell}$ C/m $dq = \lambda\, d\ell$

Örnek 3

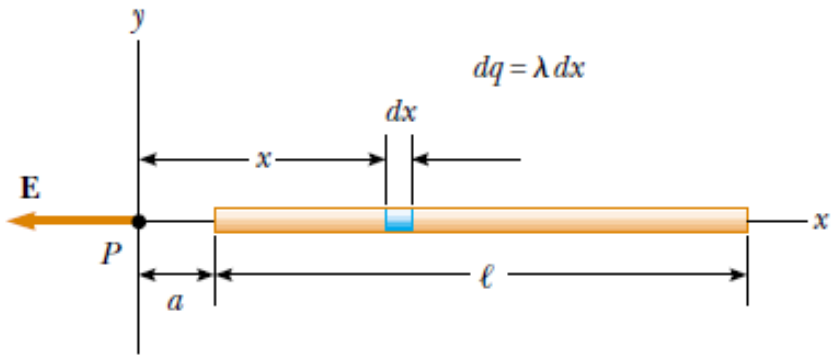
ℓ uzunluklu bir çubuğun toplam yükü Q ve çizgisel yük yoğunluğu λ dır. Çubuktan a uzaklıkta P noktasında E alanını hesaplayınız.

$$dq = \lambda\, dx \quad \text{ve} \quad dE = k\,\frac{dq}{x^2} = k\,\frac{\lambda\, dx}{x^2}$$

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

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

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



$$Q = \lambda \ell$$

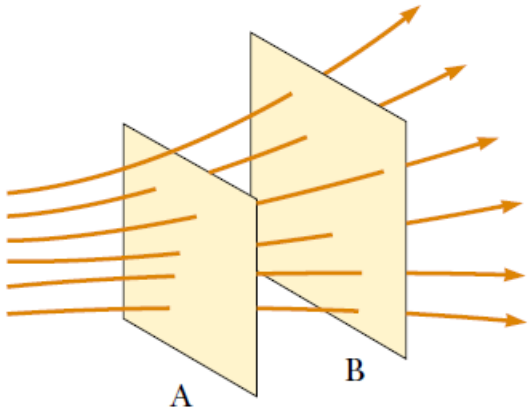
Elektrik Alan Çizgileri

Elektrik alanı gözümüzde canlandımak, somut hale getirmek için elektrik alan çizgilerini kullanırız.

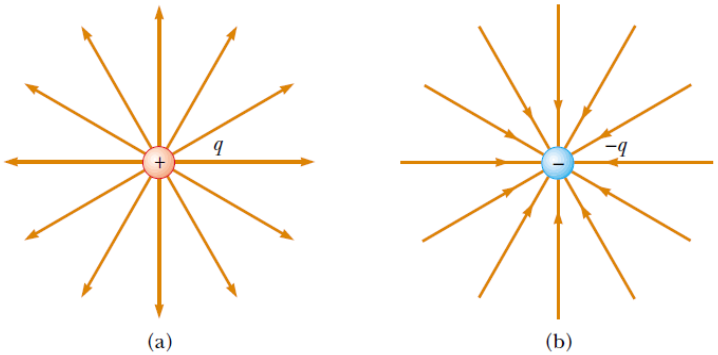
Bu çizgilerin özellikleri,

- Alan çizgileri alanın yönünü gösterir, $\boldsymbol{E}$ alan her noktada alan çizgilerine teğettir ve çizgiler hiçbir zaman birbiriyle kesişmez ($\boldsymbol{E}$ bir noktada iki yöne sahip olamaz),
- Alan çizgilerine dik birim yüzeyden geçen çizgi sayısı $\boldsymbol{E}$ alanın büyüklüğü ile orantılıdır, çizgiler birbirine ne kadar yakın ise alan o kadar büyüktür,
- Alan çizgileri pozitif yükten başlar, negatif yükte son bulur.

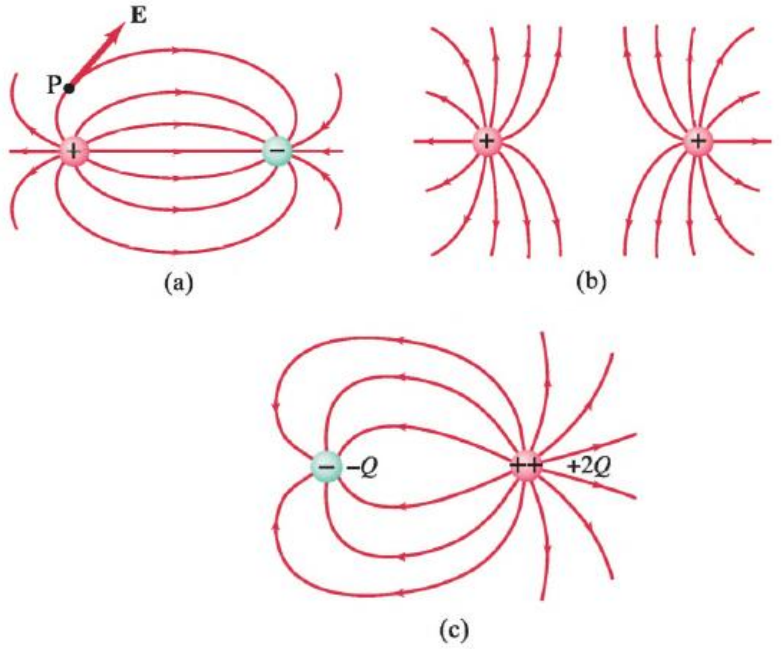
Elektrik Alan Çizgileri



A yüzeyindeki alanın büyüklüğü B yüzeyindekinden büyük. Düzgün olmayan alan.



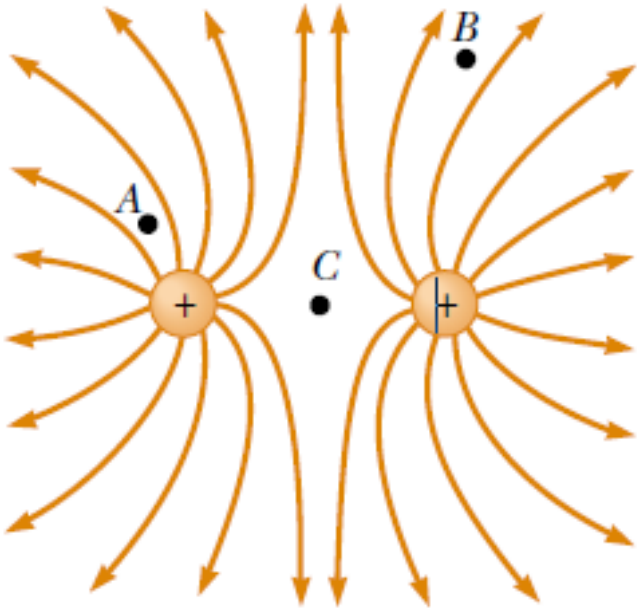
a) Pozitif bir nokta yük civarında elektrik alan çizgileri
b) Negatif bir nokta yük civarında elektrik alan çizgileri



a) Dipolün b) İki pozitif yükün c)Bir $+2Q$ nokta yük ile bir $-Q$ yükünün elektrik alan çizgileri.

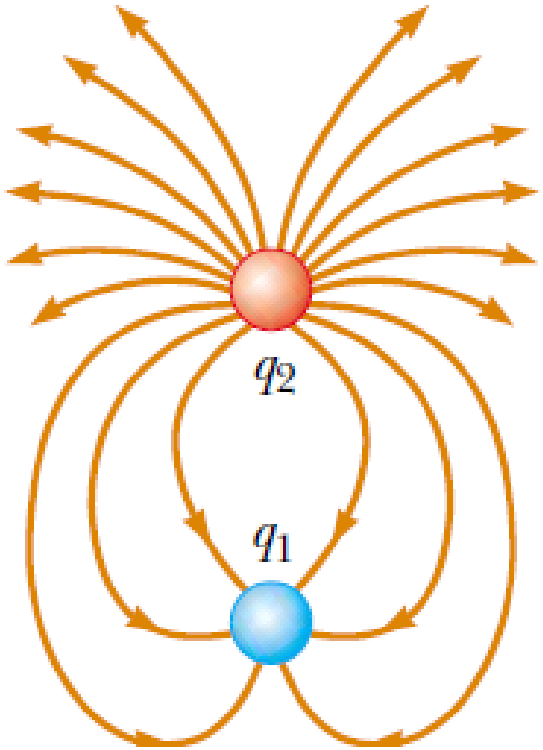
Test 6

Şekilde A, B ve C noktalarında elektrik alanın büyüklüklerini büyükten küçüğe sıralayın.



Örnek 4

Şekilde iki nokta yükün elektrik alan çizgileri görülmektedir. (a) q_1/q_2 oranını bulunuz, (b) q_1 ve q_2 nin işaretleri nedir?



$q_1/q_2 = -6/18 = -1/3$

$q_1 \rightarrow$ -

$q_2 = \rightarrow$ +

Yüklü Parçacığın Elektrik Alan İçindeki Hareketi

q yüklü ve m kütleli bir cisim bir elektrik alanına konduğunda yüke

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

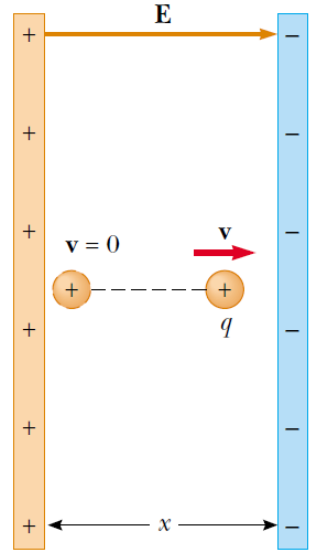
elektrik kuvveti etkir. Newton'un ikinci yasasından,

$$\mathbf{F} = q\mathbf{E} = m\mathbf{a}$$

yazabiliriz. Parçacığın ivmesi

$$\mathbf{a} = \frac{q\mathbf{E}}{m}$$

elde edilir.



Düzgün bir $\boldsymbol{E}$ alanında + bir q yükü üzerine etkiyen $\boldsymbol{F} = q\boldsymbol{E}$ kuvvetinden dolayı ivme kazanır.

Elektrik Kuvvetleri ve Elektrik Alanları

Kaynaklar

