

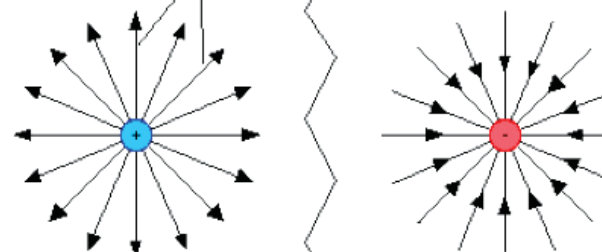
# ELEKTROMANYETİK ALAN

Yük, kabaca bir cismin üzerine birikmiş elektrik yükleri tarafından belirlenen bir nicelik. Yükü taşıyan parçacıklar, bildiği üzere elektron ve proton. Eğer bir cisim yüklüyse, bu üzerinde bulunan yük taşıyıcılarının dengersiz dağılımından ya da sayıca birinin diğerinden fazla olmasına bağlıdır. Bilindiği üzere proton artı, elektron da eksi yüklü olarak kabul edilir ve fiziksel olaylar bu kabullenmeler doğrultusunda açıklanır. Bir cisim artı yüklü demek, üzerinde taşıdığı protonların sayısı elektronlardan fazla demektir. Eğer cisim eksi yüklüyse, bunun tam tersi geçerli demektir. Yükler arasındaki etkileşim, yüklerin cinsleriyle ilgilidir. Aynı işaretli yükler birbirini iterken, farklı cinsteki işaretler birbirini çeker. Yükler arasındaki etkileşimler, yükler arasında oluşan kuvvetlerin bir sonucudur. İşin bu kısmını herkes lise fiziğinden muhakkak biliyordur. Bu yazımda anlatacağım daha çok fizikçiler arasında kullanılan bazı terimleri açıklamak ve bazı kavramları kafamıza daha iyi oturtmak amacıyla. Bu kavramlardan en önemlileriyse elektrik alan, manyetik alan ve bu iki alanın Faraday ve Maxwell tarafından birleştirilmiş olan ve tek genel geçer alan olan elektromanyetik alan.

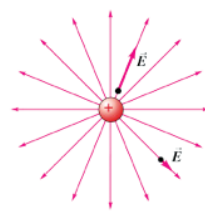
## Alan nedir?

Alan, yükler tarafından yüklerin etraflarında oluşan ve yüklerin karakterine göre ve yükten uzaklığa bağlı olarak (ayrıca yüklerin hareketine bağlı olarak) değişen ve yüklerin birbirlerine olan etkilerini, bu etkilerin ve yönünü açıklamak için ortaya konmuş bir kavram. Alana, sadece yükün karakterini gösterebilme yetisi de denebilir. Bir yük, bir başka yüke etki etmek için ya fiziksel olarak dokunur ya da yükler alanlarının ortak etkileşimiyle aralarında bir itme ya da çekme kuvveti uygularlar. Fizikçiler, yüklerin arasında bir şey olmaksızın birbirlerini nasıl etkilediklerini göstermek için bu kavramı geliştirdiler. Bu kavramı geliştirmekle kalmayıp onu madde kadar gerçek bir kimliğe büründürdüler. Daha sonraları fizikçiler gördü ki; alan enerji ve momentum taşıyabilmekteydi. Bu özellik, ala-

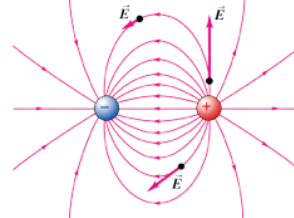
elektrik alan çizgileri (E vektörüyle gösterilir)



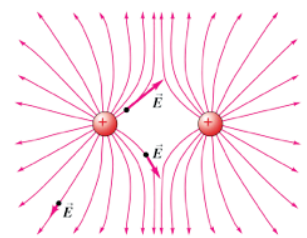
Şekil 1



Şekil 2

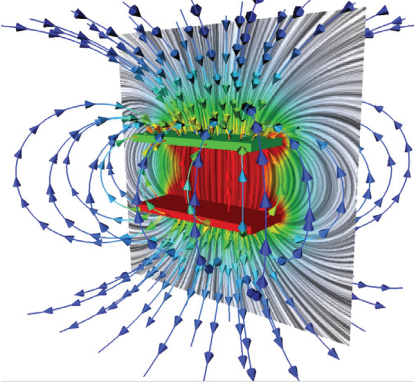


Şekil 3



Şekil 4

nı madde ve enerji kadar gerçek yapmakta (masa, sandalye kadar gerçek...). Fizikçiler, madde ve enerji arasında nasıl bir bağıntı kuruyorlarsa, madde ve alan arasında da bir o kadar yakın bir bağıntı kuruyorlar. Hatta bazı fizikçiler, alanı maddenin beşinci hali olarak da kabul ediyorlar. Elektrik, manyetik veya elektromanyetik alandaki değişimler ışık hızıyla değişir. Bir yükün alanının etkileri,



sonsuzda dahi görülür. Alan etkileri, yüklü parçacıklardan olan uzaklığın karesiyle ters orantılıdır. Yani, etki  $1/R^2$  ile azalır. Alan kavramı bizim için o kadar önemlidir ki, sadece bu kavramla cisimler arasında olan uzaktan etkileşimler anlaşılabilir. Alan kavramını belki henüz kafanızda canlandıramamış olabilirsiniz. Bunun için tedirgin olmayın; çünkü diğer alanları anlatırken bu kavramın ne anlama geldiğini daha iyi anlayacaksınız.

## Elektrik alanı nedir?

Elektrik alanı E vektörü ile gösterilir. E bir vektördür ve yönü vardır (bkz şekil 1). Eksi yük için elektrik alan vektörü E radyal (yükten olan doğrusal uzaklık) olarak eksi yüke doğru yönelmiştir. Artı yük içinse durum, radyal olarak yükten dışarı doğrudur. Bu vektörün anlamı R kadar bir uzaklıkta bulunan artı birim yük üzerine etki eden kuv-

vetin büyüklüğü ve yönüyle aynı olmasıdır. Yani R kadar uzaklığa konan bir artı birim yükün, ne kadar kuvvet, ivme ile nereye doğru hareket edeceğini göstermektedir. Elektrik alan vektörünün şiddeti  $1/R^2$  ile orantılı olarak azalır.

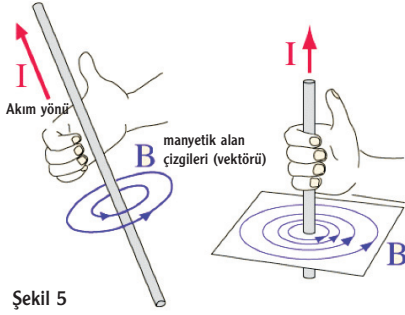
Elektrik alan vektörü, elektrik alan çizgilerini oluşturur ve çizgilerin nerden nereye doğru gittiğini gösterir (bkz şekil 2). Elektrik alan çizgileri iki yük arasında nasıl şekil alır, ona bir bakalım.

İki zıt kutuplu yük için elektrik alan çizgileri, artıdan çıkıp eksiye son bulur. İki farklı çizgi hiçbir zaman bir diğer çizgiyi kesmez (bkz şekil 3). Aynı kutuplu iki artı veya eksi yük içinse, yüklerden çıkan çizgiler birbirlerini kesmeyecek bir biçimde birbirlerini bükerek ve sonsuzda son bulur (bkz şekil 4). (Not: Şekillerdeki düzgün ışınlar gibi gösterilen okların elektrik alan çizgilerinin o noktadaki elektrik alanının büyüklüğünü ve yönünü göstermek için kullanılan vektör işaretleri olduğunu unutmayalım.)

## Manyetik alan

Elektrik alanı, bir gözlemciye göre duran yüklerin (parçacıkların) oluşturduğu bir alan çeşidi olarak karşımıza çıkarken, manyetik alansa bir gözlemciye göre düzgün doğrusal (ivmesiz) hareket eden yüklerin (parçacıkların) oluşturduğu bir alan olarak karşımıza çıkmakta. Manyetik alan da elektrik alanı gibi vektörel (büyüklüğü ve yönü olan) bir niceliktir. Manyetik alan vektörü, B simgesiyle gösterilir. Ve B manyetik alan vektörünün yönü, yüklerin hareket yönüne diktir. Manyetik alan çizgileri, elektrik alan çizgilerinin aksine bir yükte başlayıp bir yükte son bulmazlar. Tersine, alan çizgileri kendi üzerine kapanan eğriler oluştururlar. Bunun yanında, elektrik alan çizgileri gibi birbirlerini kesmezler.

Elektrikte hareket eden yükler, artı yükler olarak kabul edilir ve eksi yüklerin (aslında hareket eden yükler eksi yüklü parçacıklar olan elektronlardır) tersi yönünde aktığı kabul edilir. Ve teoriler ve hesaplar artı yüklerin hareketine göre çözülür. Manyetik alan çizgilerinin sıklığı, akım geçen telden radyal uzaklığın karesiyle ters orantılı olarak azalır (Elekt-



Şekil 5

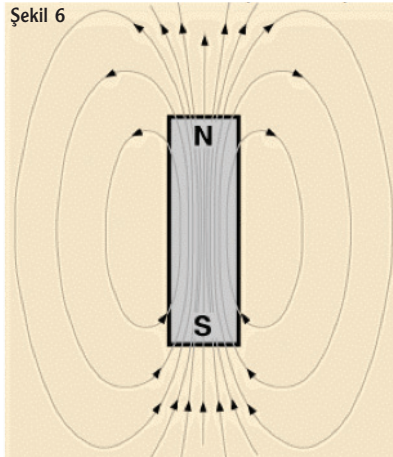
trik alan çizgilerinde olduğu gibi). Bilimsel otoritelere kabullenilmiş olan sağ el kuralı geçerlidir. Sağ el kuralı, sağ el baş parmağınıza akım yönünde tutup diğer parmaklarınızı tel etrafına doladığınızda manyetik alan vektörünün yönünü bulmanızı sağlar.

Manyetik alan, günlük yaşamımızda her yerde karşımıza çıkmakta. Akım geçiren her şey, manyetik alan oluşturur. Mıknatıslar manyetik alan oluşturur, hatta dünyanın akışkan olan iç kesimleri dahi dünyanın manyetik alanını oluşturur (bkz şekil 6 ve 7).

Manyetik alan çizgileri her zaman kapalıdır; ama bazı durumlarda manyetik alan çizgilerini sanki N kutuplu bir uçtan çıkan ve S kutuplu bir uca doğru hareket eden çizgiler olarak düşünebiliriz. Analoji kurmak adına, bu durumu, aynı elektrik alan çizgilerinin artı kutuptan eksi kutba yönelmesine benzetebiliriz.

## Elektromanyetik Ne Peki?

Okuduğunuz üzere manyetik alanın ve elektrik alanın kökenleri, her zaman olduğu ve olacağı gibi yüklere bağlı. Eğer bir gözlemciye göre yüklü parçacıklar hareket etmiyorsa, orada sadece elektrik alan vardır. Eğer yükler hareket halindeyse, gözlemciye göre yüklü parçacıkların hareketinden ötürü gözlemci elektrik alanın yanı sıra bir de manyetik alanın etkilerini hissedecektir. Faraday ve Maxwell, bu olguların yüklerin gözlemcilere göre hareketlerinden kaynaklandığını ve zamana bağlı olarak değişen manyetik alanın bir elektrik alan oluşturacağını ve aynı zamanda, zamana bağlı olarak değişen elektrik alanın bir manyetik alan oluşturacağını bul-



Şekil 6

dular ve formüleştirdiler. Elektromanyetik alan, aslında manyetik alanla elektrik alanının birleştirilmiş asıl halidir.

## Maddenin Mıknatıslık Özelliği

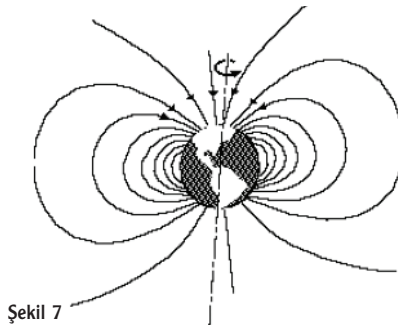
Bazı maddeler neden mıknatıslık özellikleri kazanır? Doğal mıknatıslar nasıl oluşur? Mıknatıslık özelliği maddenin maddeye nasıl değişir? Ve son olarak maddenin mıknatıslık özelliği nasıl yok edilir? Bu bölümde bu soruların cevaplarını arayacağız.

Bazı metallerin neden mıknatıslık özelliği varken; bazı metaller bu özelliği göstermez? Demir, kobalt, nikel, gadolinyum ve disprozium gibi elementler güçlü mıknatıslık özellikleri gösterebilirler. Demir, mıknatıslık özelliği yokken bile bir mıknatısın manyetik alanına tabi tutulduğunda mıknatıslık özelliği kazanır. Bunun nedenini açıklamak için maddeyi atomal boyutta incelememiz gerekiyor.

Atom çekirdeği etrafında dönen elektronlar, sanki bir tel üzerinde hareket eden yükler gibi (bir sarımlık bir selonoid (bobin) veya tel halka gibi) manyetik alanlar oluştururlar. Elektronların yörünge hareketi sonucu oluşturdukları bu manyetik alana atomların manyetik dipol momentleri denir. Eğer ki yörüngede zıt yönde hareket eden bir çift elektron varsa, bu atomun manyetik dipol momentleri sıfır olur. Yörüngelerinde tek sayılı elektronlar (çiftlenmemiş elektronlar) bulduran atomlar, küçük mıknatıslar gibi davranırlar.

Bazı maddelerde bu küçük atomik mıknatısların manyetik dipol momentleri her yöne doğru rasgele dağılmıştır. Bu dağılım sonucu yöne bağlı (vektörel) toplam manyetik dipol momentleri, birbirlerini nötrleyerek sıfır manyetik alan oluştururlar. Eğer ki, demir gibi bir element düzgün bir manyetik alan etkisinde belli bir süre bekletilirse, bu elementin her bir atomu, manyetik dipol momentlerini bu etkisi altında kaldıkları manyetik alan yönüne çevirmeye çalışırlar. Büyük bir çoğunlukla manyetik dipol momentleri aynı yöne bakan bu atomların yöne bağlı (vektörel) toplam manyetik dipol momentleri maddenin kendi oluşturduğu manyetik alana eşittir. Artık elimizde kendimizin oluşturduğu bir mıknatıs bulunmaktadır. Atomların dizilişleri ne kadar düzgünse maddenin manyetik alanı da o kadar güçlüdür.

Doğal mıknatısların oluşumu aşağı yukarı buna benzer. Yerin altındaki bazı maddeler dünyanın manyetik alanına göre atomlarının



Şekil 7

dizilişlerini düzenler ve doğal mıknatıslar oluştururlar. Bazı maddeler, atomlarının özelliklerine göre manyetizma özelliği kazanırlar. Manyetik özellikler üç çeşide ayrılır. Bunlar ferromanyetikler, paramanyetikler ve diamanyetiklerdir.

## Ferromanyetikler

Bir önceki paragrafta yazılı olduğu gibi demir, nikel, kobalt, disprozium ve gadolinyum ve bunların alaşımları, düzgün bir manyetik alan etkisinde kaldıkları zaman, manyetik alanın şiddetine göre mıknatıslık özelliği kazanırlar ve daimi mıknatıslar oluştururlar. Ferromanyetiklerin öz manyetik dipol momentleri aynı yönde bulunursa yüksek şiddetle manyetik etkiler doğururlar.

## Paramanyetikler

Paramagnetizma, çift halinde bulunmayan tek sayılı elektronlara sahip atomların manyetik dipol momentlerinin özelliğidir. Dışardan uygulanan bir manyetik alan yokken ve termal koşullara bağlı olarak, maddenin atomlarının öz manyetik dipol momentleri geliş güzel şekil almışlardır. Belli sıcaklıklarda ve dışardan etki eden bir manyetik alan sayesinde bu maddeler manyetik özellikler kazanır. Bunlara en iyi örnek sıvı oksijen, alüminyum ve bakır oksittir. Sıvı oksijen ter U mıknatısın uçları arasında döküldüğünde sıvı oksijenin mıknatısın uçları arasında toplandığı gözlenir. Aynı olay sodyum ve bakır klorid içinde belli sıcaklıklarda geçerlidir.

## Diamanyetikler

Diamanyetik maddelerin atomlarındaki çiftlenmemiş elektronlar, dışarıda bir manyetik alan oluşturduğunda Lenz kanuna (indüksiyon akımı kendisini oluşturan akıma karşı koyacak yönde bir manyetik alan oluşturur) göre, elektronları dış manyetik alanın ters yönünde bir manyetik alan oluşturacak şekilde hızlarını artırırlar. Hızlarının artması yörünge çevresinde dönerken oluşan akımın artması demektir. Bunun sonucu olarak atomların toplam oluşturdukları manyetik alan ve dış manyetik alanın vektörel (yöne bağlı) toplamının oluşturduğu net manyetik alanın şiddeti, etki eden manyetik alandan daha azdır. (Bu etki dielektrik maddelerin elektrik alana karşı oluşturdukları etkiye benzer). Bakır, kurşun, grafit gibi elementler, diamanyetik maddelere en iyi örnekleri oluştururlar.

Mıknatıslık özelliği gösteren maddelerinin atomlarının dizilişi (öz manyetik dipol momentlerinin dizilişleri) belli bir yöne doğrudur. Eğer atomların konumları belli bir dış etkiye (ısı, fiziksel darbe, vs.) değiştirilirse, manyetik özellikleri yok edilebilir. Isıtılan bir maddede atomlar daha düzensiz hareketler yapar ve öz manyetik dipol momentleri rasgele dizilir. Sonuç olarak toplam manyetik dipol momentleri birbirlerini sıfırlayacak şekilde konumlanır.

Kamil Çınar