

DÜNYAMIZIN MANYETİK ALANI

Doç. Dr. Osman DEMİRCAN

Kozmik ışınları oluşturan yüklü parçacıklar Dünya'nın yakınlıklarına geldiklerinde, onun manyetik alanı etkisiyle yollarını değiştirirler; bir kısmı manyetik alan çizgileri arasında hapsolünürken diğer bir kısmı da (manyetik alana eğik açıyla girenler) manyetik alan çizgileri boyunca helezon çizerek manyetik kutuplardan yer atmosferine girerler. Dünya'nın manyetik alan çizgileri arasında hapsolünürken bize ulaşamayan kozmik parçacıklar, Van Allen ışınım kuşaklarını oluştururlar (Şekil 1). Şekilde görüldüğü gibi Dünya etrafında iki kuvvetli ışınım kuşağı oluşur. Bunun nedeni kozmik parçacıkların farklı ilk enerjiye sahip iki esas grup oluşturmalarıdır. İlk kuşak Dünya'dan 4.000 km, ikinci kuşak ta 16.000 km. kadar uzakta oluşmaktadır. Dünya'dan 30.000 km. uzakta da, manyetik alanın etkinliğini gösterip, kozmik parçacıkları yakalayan ışınım kuşakları oluşturduğu 1959 yılında Kâşif 1 ve Öncü 3 uyduları verilerinin analizi sonucu Van Allen tarafından gösterilmiştir.

Manyetik kutuplardan yer atmosferine girebilen kozmik parçacıklar, iyonosfer ve stratosfer tabakalarına geldiklerinde, hava molekülleri ve atomlarıyla çarpışma sonucu enerjilerini kaybederler. Çarpışmayla enerjilerin aktarıldığı hava atomlarında yörüngeleri değiştirilen elektronlar tekrar kararlı hale gelirlerken, kozmik parçacıklardan aldıkları kinetik enerjiyi ışınım enerjisi olarak değişik dalga boylarında salarlar. Böylece manyetik kutup bölgelerinde kutup ışıması oluşur (Şekil 2). Manyetik kutuplarda gece gökyüzünü izlerseniz, orada rengarenk ışıklı tül perdelerin hafif bir rüzgârda sallandığı hissine kapılırsınız (Şekil 3). Kutup ışıması dediğimiz bu olay, Yer yüzünden 100-1.000 km. yüksekliklerde oluşur ve Güneş faaliyetlerinin arttığı, lekelerin çoğaldığı zamanlarda kutup ışıması da çoğalmaktadır. Bu da bize kozmik ışınların kaynaklarından birinin Güneş olduğunu göstermektedir.

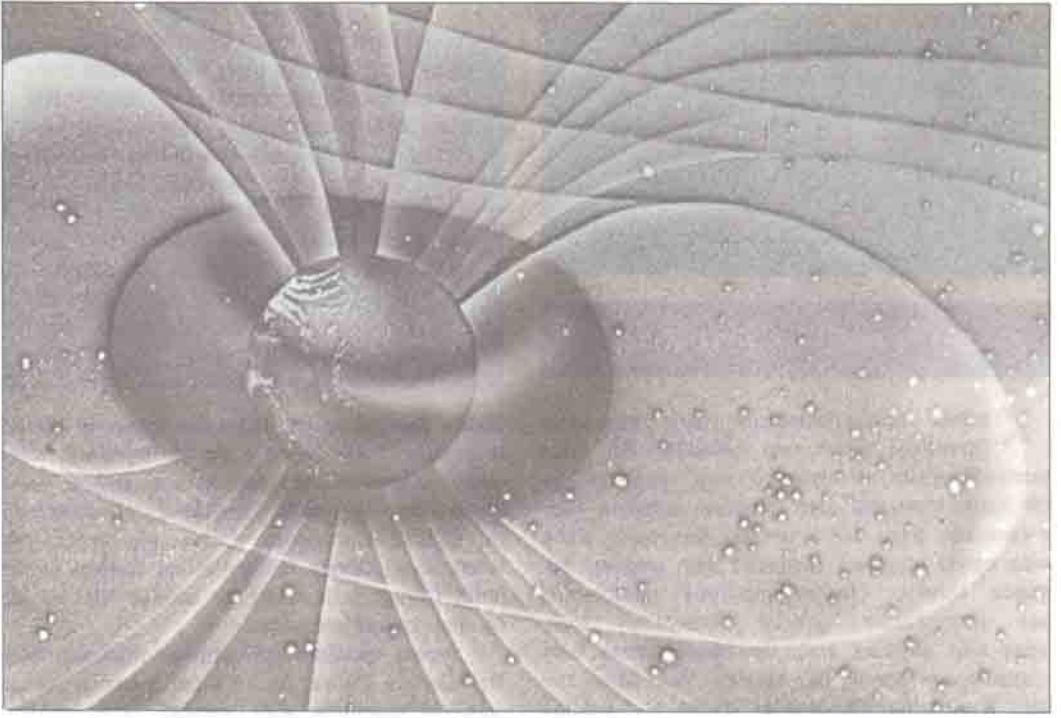
Bilim kurgu kitaplarında ve uzay filmlerinde olay kahramanı zor da kalınca, etrafında bir manyetik alan oluşturarak dış etkilerden korunur. Gerçekten mümkün müdür bu? Evet; aslında biz Dünya'da Yeryüzü'nün tümünü saran büyük bir manyetik alanın korunması altında yaşıyoruz. Bu alan olmasaydı, kozmik ışınların bombardımanı altındaki Dünya'da canlılığımızı sürdüremeyebilirdik.

Güneş faaliyetleri de, Güneş'in manyetik alanıyla ilgilidir. Yani Güneş'in de bir manyetik alanı vardır; ancak oradaki söz konusu olaylar daha karmaşıktır. Konvektif hareketler ve diferansiyel dönmeye manyetik alanda oluşturulan düzensizlikler, Güneş faaliyetlerinin başlıca nedenidir. Güneş patlamaları ve lekeler hep bu nedenden kaynaklanmaktadır.

Yapma uydulara yerleştirilen manyetometre ölçümleriyle Dünya, Ay ve diğer gezegen ve uydularının manyetik alan yapıları incelenmektedir. Bu tür çalışmaların geçmişi on yılı aşmaktadır ve bu nedenledir ki, diğer gezegenlerdeki manyetik alanların detaylı yapıları henüz bilinmemektedir. Aslında on yıl kadar önce, Dünya'dan başka gezegenlerde manyetik alan olduğu da bilinmiyordu.

Yapılan gözlemler göstermektedir ki, ilk bakışta yerin manyetik alanı bir çubuk mıknatısın manyetik alanına benzemektedir (Şekil 4). Bu manyetik alan yapısı, sabit bir eksen etrafında üç boyutta da serbestce hareket edebilen küçük bir mıknatısın, Dünya üzerinde gezdirilmesiyle elde edilir. Küçük mıknatıs, Dünya üzerindeki manyetik alan çizgilerine paralel konumlarda duracaktır. Bilinmektedir ki, küçük mıknatısın Dünya yüzeyine paralel doğrultularla yaptığı açı da ekvatorдан kutuplara gidildikçe artmaktadır; Ekvatorda sıfır olan açı, İngiltere'de 70° ve manyetik kutupta da 90° olmaktadır. Yer'in manyetik kutupları coğrafik kutuplarla çakışmamaktadır; bugün manyetik kutuplardan birisi Kanada'nın kuzeyinde diğeri de güneyde Antartika kıyısında. Ayrıca bilinmektedir ki, bu manyetik kutupları birleştiren doğru yer merkezinden geçmemektedir. Dünya merkezinin birkaç yüz km. uzağından geçen manyetik eksen yerin dönme ekseni ile 11.4°'lik bir açı yapar.

Elektromanyetik kuramın tanımlarına göre asil şaşırtıcı olan, coğrafik kuzey kutbuna yakın olan manyetik kutbun manyetik güney kutbu;



Dünyanın etrafında oluşan Van Allen ışınım kuşakları. Bu kuşaklar, bizl yüksek enerjili parçacıklardan korurlar.

coğrafik güney kutbuna yakın olan manyetik kutbun da manyetik kuzey kutbu olmasıdır. Manyetik alan çizgileri, manyetik kuzey kutbundan çıkıp, manyetik güney kutbuna girerler; gerçekte böyle çizgiler yoktur, onların varlığının kabulü, alan özelliklerinin incelenmesini kolaylaştırır.

Küçük, hareketli bir mıknatis, ibrenin Yer manyetik alan çizgilerine daima paralel konumda durması ve aynı kutupların birbirini itmesi, farklı kutupların çekmesi özelliğine göre ibrenin kuzey ucunun, yerin manyetik güney kutbunu (coğrafik kuzey kutbu) göstermesi Dünya üzerinde yön bulma amacıyla geniş ölçüde kullanılmaktadır. Gemiler, uçaklar hatta göçmen kuşlar uzun seyahatlerinde, rotalarını bu özellikten yararlanarak çizebilmektedir.

Maddenin manyetik özelliği, onun en küçük parçalarında yatmaktadır. Çok ilginçtir ki, atom çekirdekleri ve elektronlar da çubuk mıknatis özelliklerini taşırlar; onların da manyetik alanları bir çubuk mıknatis manyetik alanı gibidir, iki manyetik kutba sahiptirler. Elektronların manyetik alanları daha güçlüdür. Bu onların, hem kendi eksenleri hem de atom çekirdeği etrafında hızlı dönmelerinden kaynaklanır. Madde içinde temel parçacıkların manyetik dipol moment-



Yükü parçacıklar tarafından Kuzey Kutbu bölgesinde ~ 200 km. yüksekte oluşturulan kutup ışması.



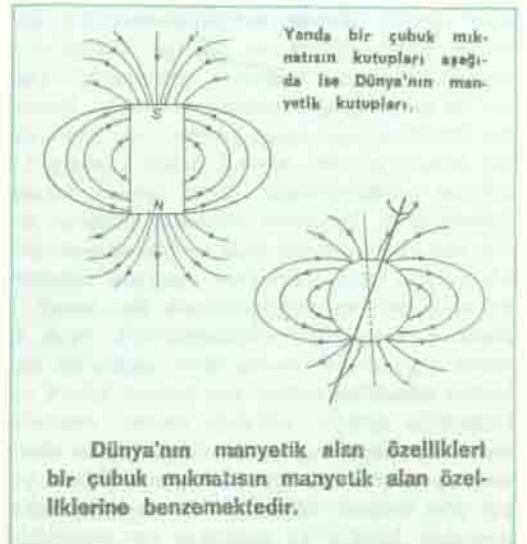
Kutup ışımasının kuzey enlemlerinde yeryüzünden görünüşü.

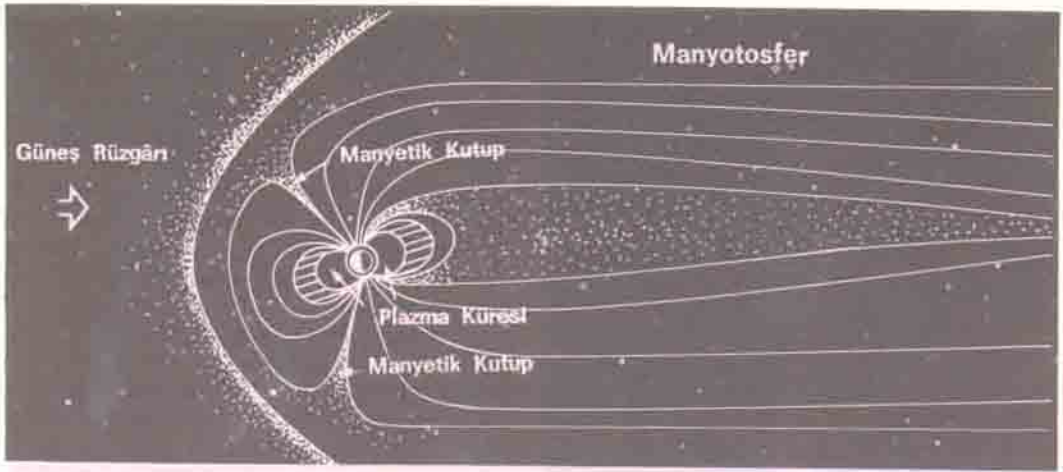
leri rastgele bir dağılım gösteriyorsa, bileşke dipol moment şiddeti sıfır olabilir ki, bu maddenin mıknatıs özelliği taşıması demektir. Örneğin (Cu^+) bakır iyonu ve neon gibi gazlar bu tür maddelerdendir. Bir temel parçacığın manyetik dipol momentinin onun dönme açısal momentumuna ters yönlü vektörel bir büyüklüktür.

Bir maddenin içinde manyetik dipol momentleri belli bir şekilde yönelmişse bileşke manyetik dipol momentinin şiddeti sıfır olmaz ve bu durumda madde mıknatıslık özellikleri taşır. Örneğin, (Mn^{++}) mangenez iyonu (Gd^{+++}) Gadolinyum iyonu (U^{++}) uranyum iyonu bu tür maddelerdendir. (Fe) Demir, (Co) Kobalt, (Ni) Nikel, (Gd) Gadolinyum ve (Dy) Dysprosyum adlı 5 element ile bunları kapsayan bazı alaşımlarda temel parçacıkların manyetik dipol momentleri çok fazla yönelme gösterir ve sonuç olarak bu elementlerden oluşan maddeler bir manyetik alana girdiklerinde hemen mıknatıslık özelliklerini kazanırlar. Ferromanyetik elementler denen bu elementlerin mıknatıslığı daha kalıcı ve daha güçlüdür.

Dünya'nın manyetik alanı bir çubuk mıknatısın manyetik alanına benzediğine göre, Dünya'nın içinde dev bir mıknatıs mı vardır dersiniz? Önce Gilbert tarafından ileri sürülen bu düşünce doğru değildir. Çünkü Dünya'nın merkezinin büyük sıcaklık ve basınç altında, sıvı halde olduğunu, deprem dalgalarının yayılma özelliklerinden biliyoruz. Ayrıca, bu yüksek sıcaklıkta, yukardaki beş elementin ferromanyetik özelliğini kaybettiğini de biliyoruz. Öyleyse, ekvatorda 0.31 gauss, kutuplarda 0.63 Gauss olan manyetik alanı nasıl oluşuyor? Elektromanyetik teoriye göre, elektrik alanlarının, yüklü parçacıkların toplu hareketi sonucu oluştuğunu ve her elektrik alanının bir manyetik alan oluşturduğunu biliyoruz. Öyleyse basitçe, nerede toplu yüklü parçacık hareketi varsa, orada bir manyetik alan oluşacaktır. Dünya'nın merkezi, yukardaki 5 ferromanyetik elementten özellikle demir ve nikel kapsayan ağır iletken bir sıvıdır. Ortamda yüksek basınç ve sıcaklık nedeniyle açığa çıkan bol miktarda elektron vardır. Dünya yüzeyinde dahi 100 nt/coul 'luk elektrik alanı, serbest elektronlarca oluşturuluyorsa, cm^2 te 552.000 tane serbest elektron bulunmaktadır. Dünya merkezinin farklı hızla dönmesi sonucu, serbest elektronlar dinamo etkisi oluşturmakta ve Yer merkezinde, kutupları pusula ile saptanan noktalara yönelen dev bir elektromıknatıs oluşmaktadır. Bu görüş ilk kez Siemens tarafından ortaya atılmıştır. Dünya'nın iletken sıvı merkezinin üstündeki büyük ölçekli konvektif madde hareketlerinin de, Yer'in manyetik alanının oluşmasında rolü olduğuna inanılmaktadır.

Dünya'nın manyetik alanı, Yer kabuğunda birikim gösteren mıknatıslık özelliğine sahip





Dünyanın manyetik alan yapısı güneş rüzgârının etkisindedir. Güneş'e bakan yüzde alan çizgileri güneş rüzgârıyla sıkışırken, ters tarafta daha uzağa itilmektedir.

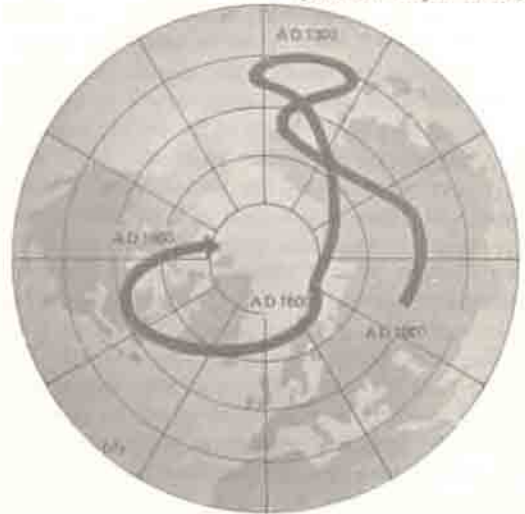
kayaların bölgesel alanlarıyla etkileşmekte ve homojenliği bozulmaktadır. Dünya'nın manyetik alanına ikinci büyük etki, Güneş rüzgârıyla olmaktadır. Bu ikinci nedenle, özellikle Dünya'dan uzaklaştıkça manyetik alan çizgileri bozulmakta, Güneş'e bakan yüzde alan çizgileri, güneş rüzgârıyla sıkıştırılırken, ters tarafta daha uzağa itilmektedir. (Şekil 5).

Dünya'nın manyetik alanının geçmişteki yapısı da bugün bilinmektedir. Birçok minerallerde, özellikle demir içeren çanak çömlekte, pişirilince oluşan zayıf mıknatıslık, o andaki Dünya'nın manyetik alan çizgilerine göre yönelir ve bu durumunu zamanla korur. Geçmişte yapılan çanak çömlek, bu palaeo-manyetik yöntemle incelendiğinde en azından, Dünya'nın o zamanki manyetik kutupları saptanabilir. Yapılan bu tür çalışmalar göstermektedir ki, Dünya'nın manyetik alan yapısı, şiddeti ve bağlı olarak kutup noktaları sürekli, fakat düzensiz bir değişim göstermektedir. Hatta detaylı incelemelere göre, Dünya'nın manyetik kutupları birkaç yüz bin yılda yer değiştirebilmektedir. Son 3.5 milyon yılda, Dünya'nın manyetik kutupları en az 9 defa yer değiştirmiştir. Bu sonuç ta Siemens teorisine çelişmemektedir. Ay'ın da çekim etkisiyle, serbestçe biçim değiştirip serbestçe dönebilen iletken sıvı haldeki Dünya çekirdeğinde dinamo etkisiyle oluşan manyetik alanın kutupları, sağ el kuralıyla serbest elektronların dönme yönüne (Dünya'nın dönme yönü) göre bulunur. Dünya'nın dönme yönü değişmemekte; fakat biçim değiştiren sıvı çekirdekte

elektronlar, görsel olarak ters döner durumda görülebilmektedir. Bu da Dünya'nın manyetik kutuplarının yer değiştirmesi için yeterlidir. Yaklaşık son 2 000 yılı kapsayan sürede, manyetik güney kutbunun yer değişimi Şekil 6'da gösterilmiştir.

Dünya üzerinde 1950'lerde yapılan palaeo-manyetik ölçümler, Wegener'e (1912) ait kitapların sürüklenmesi teorisini de kanıtlamıştır. Hess, Wine ve Matthews adlı bilim adamları 1960'larda, Atlas Okyanusu'nun tabanında, ku-

(Devamı Sayfa 29'da)



Manyetik güney kutbunun kuzey yarımkürede son 2.000 yıllık yerdeğişimi.