

**3H**

GÜDEK

Güvenlik Denetim Kontrol

BÖLÜM:

3- ORTAM TEHLİKELERİ

KONU:

3H- ELEKTROMANYETİK ALAN ETKİLEŞİMİ

İçindekiler

ELEKTROMANYETİK ALAN ETKİLEŞİMİ	1
Elektromanyetik.....	1
Sağ el kuralı.....	1
Elektron spini ve manyetik alan:.....	2
Manyetik Alan Birimleri	4
Manyetik akı	4
Manyetik Alan Yoğunluğu.....	4
Elektrik Akımı ve Manyetik Alan	4
Lorenz kuvveti	4
Manyetik maddelerin sınıflandırılması	4
Ferromanyetik	4
Ferrimanyetik.....	5
Antiferromanyetik.....	5
Diyamanyetik.....	6
Paramanyetik	6
Antiferromanyetik.....	7
Süperparamanyetik	7
Manyetik alan hatlarının Ortamdan Geçiş.....	7
Atom altı maddelerin durumu,.....	7
Atom altı çekirdek ve elektron mesafe Mukayeseler.....	8
Işınlara dalga etkileri	9
Görünür ışık frekansları	10
Elektromanyetik dalgaları geleneksel olarak 7 kategoriye ayrılmaktadır	10

Zararlı frekanstaki ışınların önlenmesi	11
Radyasyon veya ışınım,	12
Alfa ışınları	12
<i>Gama ışınları</i>	13
Radyasyonun zararları	13
Tesla birimi	14
Gauss birimi	14
Maxwell birimi	15
Weber birimi	15
Dünyanın Derinlik ve Yükseklik Boyutları	15
Dünyanın Manyetik Alanının oluşması	16
Doğanın dört temel kuvveti	16
1. Kütleçekim Kuvveti	16
2. Zayıf Nükleer Kuvvet	17
3. Elektromanyetik Kuvvet	17
4. Güçlü Nükleer Kuvvet	17
Maddenin elektrik yükleri ve manyetik alan yaratma durumları	18
Elektrik akımının yarattığı manyetik alan	18
Manyetik indükleme	18
Transformatör (Trafo)	18
Trafolarda meydana gelen kayıplar	19
Fuko Kaybı,	20
Histerisiz Kaybı	20
Bakır Kaybı	20
Boşta Kayıplar	21

ELEKTROMANYETİK ALAN ETKİLEŞİMİ

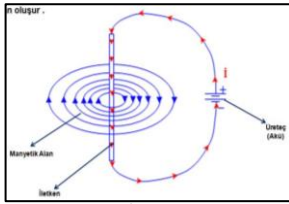
Elektromanyetik

Elektrik iletkeninden doğru akım (DC) geçmesi halinde iletken çevresinde dairesel bir manyetik alan meydana gelir. (Görsel 3H- 1a) Geçen akımın yönüne göre farklı manyetik alan dönüş yönü oluşur.

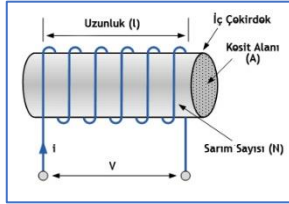
Elektrik iletken teli bobin haline getirilir ve yine “DC” akım geçirilirse kuzey ve güney kutupları belirgin bir manyetik alan meydana gelir. (Görsel 3H- 1b) (Görsel 3H- 1c) (Görsel 3H- 1d)

Sağ el kuralı

Bir iletkeninden elektrik akımı geçirildiğinde etrafında meydana gelen manyetik alan yönü “sağ el” kaidesi ile bulunur (Görsel 3H- 1e) görselinde görüldüğü gibi sağ eli başparmağı akım yönünü, dört parmakta manyetik alanın dönüş yönünü gösterir. Yani dünyanın kuzey kutbunu gösterecek yönü gösterir.



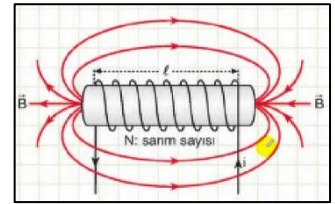
Görsel 3H-1a



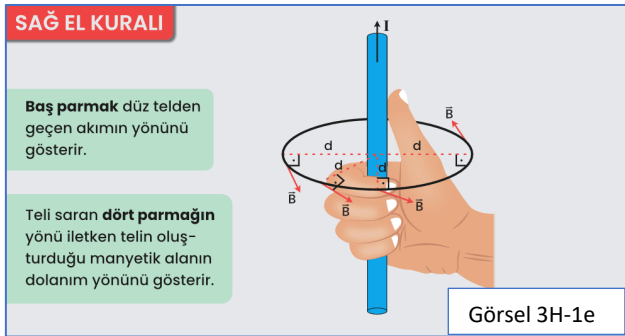
Görsel 3H-1b



Görsel 3H-1c



Görsel 3H-1d



Görsel 3H-1e

Elektron akımı ile manyetik alan akışı arasındaki ilişki, yanda görüldüğü gibi sağ el uygulaması ile nasıl belirlendiği gösterilmektedir. Geçen elektron Doğru Akım ise manyetik alan hatları sabittir. Eğer Dalgalı Akım ile elektron akışı olduğunda manyetik alan hatları da dalgalı sinüs dalgasına uyumlu manyetik alan dalgalanması olur

Oersted kanununa göre düz bir iletkeninden sabit (zamana göre değişmeyen) bir doğru akım geçirildiğinde:

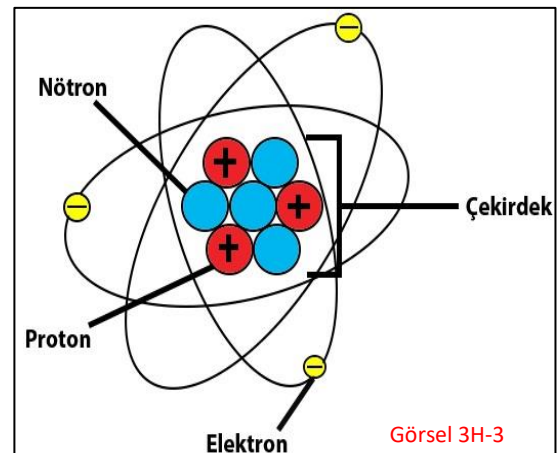
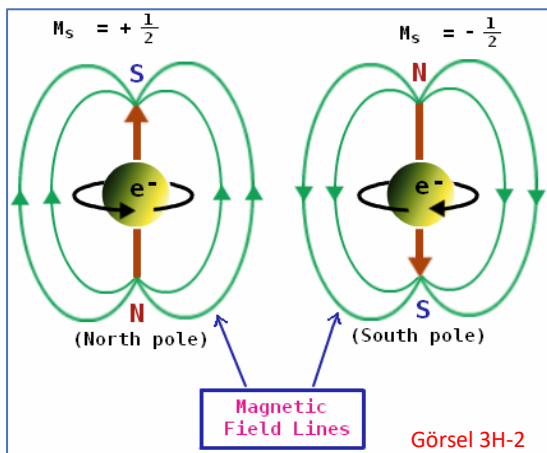
- Manyetik alan çizgileri akım taşıyan iletken etrafında halkalar oluşturur.
- Manyetik alan çizgileri tele dik bir düzlemde yer alır.
- Eğer akımın yönü ters çevrilirse manyetik alanın yönü de tersine döner,

- Manyetik alanın şiddeti telden geçen elektrik akımının şiddetiyle doğru orantılıdır.
- Akım arttıkça manyetik alan büyüklüğü artar.
- Herhangi bir noktadaki manyetik alanın şiddeti, o noktanın telden uzaklığıyla ters orantılıdır.
- Telden uzaklaştıkça manyetik alanın büyüklüğü azalır,
- En önemli sonuçlarımızdan biri ise, Manyetik alanın kaynağı hareketli yüklerdir.

Elektron spin ve manyetik alan:

Atom etrafında dönen elektronun meydana getirdiği manyetik alanın incelenmesi,

Elektron, atom çekirdeğinin etrafında dönerken yuvarlanma yönünde kendi çevresinde dönerek (spin) kendi dönüş yönüne dik (tekerleğin mili ekseninde) bir manyetik alan yaratır. Yarattığı bu alanın yönü (Görsel 3H-2) görüldüğü gibidir ilerleme yönünde sağında "N", solunda "S" kutbunu gösteren bir alan yaratır. Çekirdeğin etrafında ve yörüngesi üzerinde yuvarlanır gibi dönerek ilerlerken merkezkaç kuvveti etkisine karşın atomun çekirdeğinde bulunan pozitif yüklü protonlar tarafında, negatif yüklü elektronlar çekerek daire şeklinde dengeli dönmesi sağlanır ve güç dengelendiği sürece elektron kendi kabuğunda dönmeye devam eder, bu durum dıştan başka bir kuvvet tarafından etkilenmediği sürece bu kabukta dönmeye devam eder.



Elektronların spin ve yörüngede dönmeleri sonucu yarattıkları manyetik alan hatları, elektronların yörüngelerinde birbirlerinin aksi yönde dönerek maddenin manyetik alanını nötr

yaparlar. Elektronların çoğunluğunun aynı yönde dönmesi halinde ise manyetik alan meydana getiren madde halinde gelir.

Eğer atomdaki elektron dış kabuktaki yörüngede çift sayıda elektron olduğunda bu elektronlar birbirlerinin ters yönünde hareket ederek ve birbirlerinin oluşturdukları manyetizmayı nötralize ettiklerinden dolayı atomda manyetizma oluşmaz. Bununla birlikte bu atomlar güçlü manyetik alan içine (magnet içine) konacak olurlarsa elektronların dizilişinde bu manyetik alan etkisi ile değişiklik olacağından küçük bir manyetik alan oluşur. Bu manyetik vektörel alan yönü ortamın güçlü manyetik alan yönü ile aynı doğrultuda olur.

Atomdaki (elementteki) bu davranış biçimine “diyamanyetik element” denir ve hemen tüm elementlerde bu davranış özelliği görülür. Paramanyetik maddeye ise dışardan bir manyetik alan etkisi uygulandığında atomun elektronlarının büyük çoğunluğu yörüngelerinde aynı düzlemde ve yönde dönerek **elektronların** manyetik alan hatları, dış manyetik alan hatları ile aynı yönde oluşur.

Atomun merkezinde (çekirdek) bulunan (+) yüklü Protonlar yörüngedeki elektronların dışarı kaçmasını önlerken diğer taraftan aynı (+) yüklü olması nedeniyle da protonların birbirini itip dağılmasını önleyen nötronlarla beraber spin yaparak manyetik moment oluşturup birbirleriyle çok sağlam bir şekilde (**3F-Atom- atomaltı ve Elektrik oluşumu**) dosyasında anlatıldığı gibi sıkı bir şekilde bağlı kalırlar ve elektronları yörüngede tutarlar.

Atom çekirdeğindeki proton ve nötronların (nükleon) hareketleri ile ortaya çıkan manyetizmaya “**Nükleer Manyetizma**” denmektedir. Çekirdek çevresinde hareket eden negatif yüklü elektronlar bu oluşan manyetik momenti etkilemektedir.

Dışarıdan bir manyetik alan etkilemesi hainde manyetik alanın gücü oranında dış kabuktaki elektronları aynı yönde dönmeye başlar ve meydana getirdikleri manyetik hatları etki eden alanla aynı kutup yönünde hizaya girerler, böylece manyetik alan hatları madde içinden geçerek maddenin de manyetik özellik göstermesi sağlanır.

Maddelerin en dış kabuğunda bulunan elektrona ekivalân (eşdeğer) elektron denir

Bir maddeye elektrik alan kuvveti etki ederse dış kabuktaki (ekivalan) elektronlar komşu atoma geçerek ilerler. Bu geçişler devam etmeyip maddenin belirli yüzeyinde toplanırsa buna statik elektrik yüklenmesi denir. Bu elektronlar devamlı iletken boyunca akıyorsa buna elektrik akımı denir. Yani elektrik (elektron) akışıdır.

Manyetik Alan Birimleri

Manyetik akı

Manyetik akı “ Φ ” harfiyle gösterilir. Toplam manyetizmanın ölçüsüdür. Manyetik akı yoğunluğu ise “**B**” harfiyle gösterilir ve birimi, kesit alandan geçen manyetik akı miktarının ölçüsüdür. Birimi **weber** ‘dir.

Manyetik Alan Yoğunluğu

Birim yüzeydeki manyetik alan miktarıdır. Buna göre, birimi Tesla olduğundan manyetik alan yoğunluğunun birimi de **Tesla / m** dir. Uluslararası SI birimlerde Tesla birimi de kullanılır. (T). Buna göre $1\ T = 1\ Wb/m$.

Elektrik Akımı ve Manyetik Alan

Hareket eden elektrik yükleri (akım), manyetik alan oluşturur. Bu durumda çevresindeki manyetik alanlardan etkilenir.

Lorentz kuvveti

Elektrik akımına ve hareketli yüklere etkiyen manyetik kuvvetin bulunduğu bir ortamda “**B**” manyetik alanında, “**v**” hızıyla hareket eden “**q**” yüklü parçacığa etki eden manyetik kuvvet Lorentz kuvvetidir. Lorentz Kuvveti, $F = qv \times B$

Lorentz kuvveti; manyetik alan vektörüne ve parçacığın hız vektörüne diktir. “**v**” ve “**B**” arasındaki vektörel çarpımdan dolayı, parçacık manyetik alana paralel hareket ederse etkiyen kuvvet sıfırdır. İki vektör birbirine dik olduğu zaman Lorentz kuvveti en büyük değerini alır.

Manyetik maddelerin sınıflandırılması

Manyetik malzemelerin sınıflandırılmasında ferromanyetizma da malzemeler manyetik alan olmadan da manyetiklik gösterebilir. Bu yüzden manyetiklikleri kalıcıdır ve manyetik akı yoğunlukları fazladır.

Ferromanyetik

Ferromanyetik malzemeler, birbirini yok etmeyen elektron spin ve dönüş yönü hareketlerine sahiptir. Kuvvetli bir şekilde mıknatıslardan etkilenen maddelerdir. Kobalt, demir, nikel ve alaşımlarını içeren maddeler bu sınıfa girer.

Yine element içinde dağınık manyetik alan vektörleri nedeni ile manyetik alan etkisi olmayan, fakat paramanyetik elementlerden farklı olarak ortamdaki manyetik alana (dış manyetik alana) ileri derecede duyarlı olan elementler de vardır. Bunlar çok daha zayıf dış manyetik alanda bile güçlü manyetizma nedeni olmaktadır ve dış manyetik alan ortamdan uzaklaştırılsa bile bu manyetizasyon devam etmektedir.

Bu özellikten faydalanılarak sabit güçlü manyetik elemanlar (Permanent magnet) elde edilebilmektedir. Ferromanyetik elemanlar; demir (Fe), nikel (Ni), kobalt (Co) ve Fe_3O_4 ' dir.

Bunların haricinde Ferrimanyetik, Antiferromanyetik ve Süpermanyetik kavramlar da vardır.

Ferrimanyetik

Elementlerde dış manyetik alan etkisi ile atom manyetik vektörleri düzene girer.

Ferrimanyetik elementler, bu elementlerde dış manyetik alan etkisi ile atom manyetik vektörleri düzene girer ancak bunlardan çoğu dış manyetik alan yönüne, daha az bir kısmı ise ters yöne olur. Örnekleri, Ütü, Nikel, Kobalt, Gadolinyum¹, disporsiyum².

Antiferromanyetik

Antiferromanyetik elementler, bu elementlerde ise dış manyetik vektör yönüne ve tersine dizilenler birbirlerine eş sayıda olduklarından birbirlerinin etkilerini nötralize ederler ve bu elementlerde manyetizasyon görülmez.

Süpermanyetik

- **Süpermanyetik elementler**, bu elementlerde ise dış manyetik alana duyarlılık çok fazladır, bununla birlikte ferromanyetik elementlerden farklı olarak dış manyetik alan ortadan kaybolduğunda elementte oluşan manyetizasyon da ortadan kalkmakta, genellikle düşük sıcaklıklarda özel koşullar altında manyetik özellikler gösteren malzemelerdir.

Ancak, süperiletkenlik gibi birçok farklı fiziksel özelliği içeren bir kavramdır. Süperiletkenlik, elektrik direncinin sıfır olduğu ve manyetik alanları mükemmel bir şekilde ittiği bir durumu ifade eder. Bu özellik, belirli malzemelerin belirli sıcaklık aralıklarında sergilediği bir davranıştır.

¹ **Gadolinyum:** Periyodik cetvelin lantanitler serisinde yer alan, parlak, renksiz ya da sarı renkte metal element

² **Disporsiyum:** Metalik, parlak gümüş renklidir çelikten daha serttir, lazer yapımı için vanadyum, elementlerle alaşım halinde kullanılır.

Diyamanyetik

Diyamanyetik Maddeler Zayıf bir şekilde etkilenenler; Bağıl magnetik geçirgenlikleri $\mu_r < 1$ olan maddelerdir. Güçlü bir magnetik alana dik şekilde kendilerini yönlendirirler.

Tek sayıda elektronlara sahip ve tamamlanmamış iç kabuğu olmayan maddelerde görülür. Magnezyum, potasyum, hidrojen, radyum, bakır, altın, gümüş ve su gibi maddeler diyamanyetik sınıfa girerler.

Bir madde güçlü manyetik alan içine konacak olurlarsa, manyetik alanın şiddet ve etkisine göre atom elektronlarının dönüş yönleri bu manyetik alan etkisi ile aynı düzlemde (yani küresel olarak değil) ve aynı yönde dönerek küçük bir manyetik alan oluşur.

Hemen hemen tüm elementlerde bu davranış özelliği görülür. Bu olayda oluşan manyetik alanın yönü ve gücü ortamın manyetik alan gücü (magnet) ile doğrudan orantılıdır. Birçok atomda son elektron çemberinde tek sayıda elektron vardır. Dolayısıyla bu atomda elektronlar birbirlerinin oluşturdukları manyetizmayı nötralize edemezler ve bu atom ortamda kendisi manyetik alan etkisi gösterir. Diyamanyetik element örnekleri, Bizmut, Gümüş, Karbon, Bakır.

Bu manyetik vektörel alan yönü ortamın güçlü manyetik alan yönü ile aynı doğrultuda olur.

Atomdaki (elementteki) bu davranış biçimine “diyamanyetik element” denir ve hemen tüm

Paramanyetik

Paramanyetik Maddeler, bağıl magnetik geçirgenlikleri $\mu_r > 1$ olan maddelerdir. Güçlü bir magnetik alana paralel şekilde kendilerini yönlendirirler, çift sayıda elektronlara sahip maddelerdir. Alüminyum, silisyum ve hava paramanyetik sınıfa girer. Paramanyetik maddeler, herhangi bir mıknatısın manyetik alanı içerisindeyken o mıknatısın manyetik alan çizgileri ile aynı yönde mıknatıslanabilir.

Ferit özellik gösteren çeliği mıknatıs çeker. Yani 420 kalite paslanmaz çeliği mıknatıs çeker. Fakat mıknatıs 304 ve 316 kalite paslanmaz çeliği çekmez.

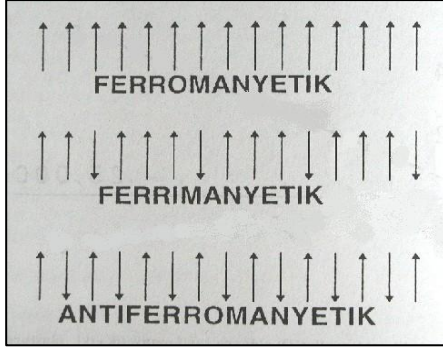
Paramanyetik element örnekleri, Uranyum, Platin, Alüminyum, Sodyum, Oksijen.

Antiferromanyetik

Elementlerde ise dış manyetik vektör yönüne ve tersine dizilenler birbirlerine eş sayıda olduklarından birbirlerinin etkilerini nötralize ederler ve bu elementlerde manyetik alan görülmez.

Süperparamanyetik

Elementlerde ise dış manyetik alana duyarlılık çok fazladır, bununla birlikte ferromanyetik



Görsel 3H- 4

elementlerden farklı olarak dış manyetik alan ortadan kalktığında elementte oluşan manyetik durum ortadan kalkmaktadır.

Moleküllerin manyetik akı yönünde olma durumları sembolik olarak (Görsel 3F- 4) gösterilmiştir.

Manyetik alan hatlarının Ortamdan Geçişi

Yumuşak demir gibi maddeler ferromanyetiklerdir. Mıknatısın kutupları arasına yerleştirilirse manyetik alan çizgilerini sıklaştırarak rahat geçmesini sağlarlar. Magnetik alan çizgilerini zayıflatan maddeler magnetik özellik göstermemektedirler. Bu maddeler manyetik hatlar herhangi bir etkisi yoktur. Süper iletken hale getirilmiş maddelerde ise manyetik hatlar uzaklaştırıldığı görülür. (Görsel 3H- 5) Süper iletken olan bir maddenin manyetik alanda nasıl uzaklaştırıldığı (3F Atom atomaltı) dosyasında bu konuda hakkında bilgi verilmiştir



Görsel 3H- 5

Atom altı maddelerin durumu,

(Görsel 3H- 3) görselinde görüldüğü gibi Atomun çekirdeği ile elektronlar arasındaki mesafeler grafik olarak gösterilmiştir. Esasında çekirdek ve elektronlar arasında çok büyük mesafe vardır. Bu boyutlar aşağıda verilmiştir.

- Elektronun çapı 10^{-18}m . Durağan kütlesi ise $9,108 \times 10^{-28}\text{gr}$.
- Protonun çapı 10^{-15}m . Durağan kütlesi ise $1,6723 \times 10^{-24}\text{gr}$.
- Nötron çapı 10^{-15}m . Durağan kütlesi ise $1,6748 \times 10^{-24}\text{gr}$.
- Çekirdek çapı 10^{-14}m .
- Atomun çapı 10^{-10}m .

Atom altı çekirdek ve elektron mesafe Mukayeseler

Görselde temsili olarak gösterilen çekirdek ve etrafında dönen elektronların boyutları çok farklıdır. Çekirdekle atomun çevresinde dönen elektronlar aralarındaki mesafeyi gerçek anlamda algılayabilmek için hatırdan kalabilecek örneklerle anlatmaya çalışalım. Yukarıda belirtilen boyutlara göre durum şudur.

Atomun çekirdeğini 1 cm boyutunda bir bilye haline getirildiğini hayal edelim ve futbol sahasının ortasına koyarsak, elektronların yörüngede dönme mesafesi futbol sahasının boyu ölçüsünde çevrede, yani 100 metrelik dairede dönüyor olacaktı.

Peki, atomun dış çapının boyutunu insan saç teli ile mukayese yaparsak, İnsanın en ince saçının çapı $17\mu\text{m}$, en kalın saç telinin çapı ise $181\mu\text{m}$ olduğu bilinmektedir. Bu değerleri üstel değerlerle yazarsak $17 \times 10^{-6}\text{m}$. ve $181 \times 10^{-6}\text{m}$. olur.

Atomun çapı 10^{-10}m . olduğuna göre, Mukayese ettiğimizde,

İnce saç telinin çapına (alan değil) $(17 \times 10^{-6}\text{m} / 10^{-10}\text{m} = 17 \times 10^{-4})$ adet yani 170.000 adet,

Kalın saç telinin çapına (alan değil) $(181 \times 10^{-6}\text{m} / 10^{-10}\text{m} = 181 \times 10^{-4})$ adet yani 1.810.000 adet atom sığar. Yani atomun boyutu da bu kadar küçüktür ama çekirdekle atomun elektronların yarattığı kabuk arasında kendi boyutlarına göre ~ 500 kat boşluk olduğu görülmektedir.

Gördüğümüz, dokunduğumuz ve hissettiğimiz bütün katı maddeler büyük boşlukları olan ve devamlı hareket eden elektronlarına dokunarak tutabiliyoruz ve sıcaklığını da elektronların hızları ile oluşturdukları enerji olarak verdiklerini bilmemiz gerekir.

Bu kadar büyük oranda (1/500 boşluk olmasının sonucu olarak muhtelif frekanslardaki ışık fotonları da katı olarak algıladığımız maddelerin içinden rahatça geçebilmektedir.

Işınlardan dalga etkileri

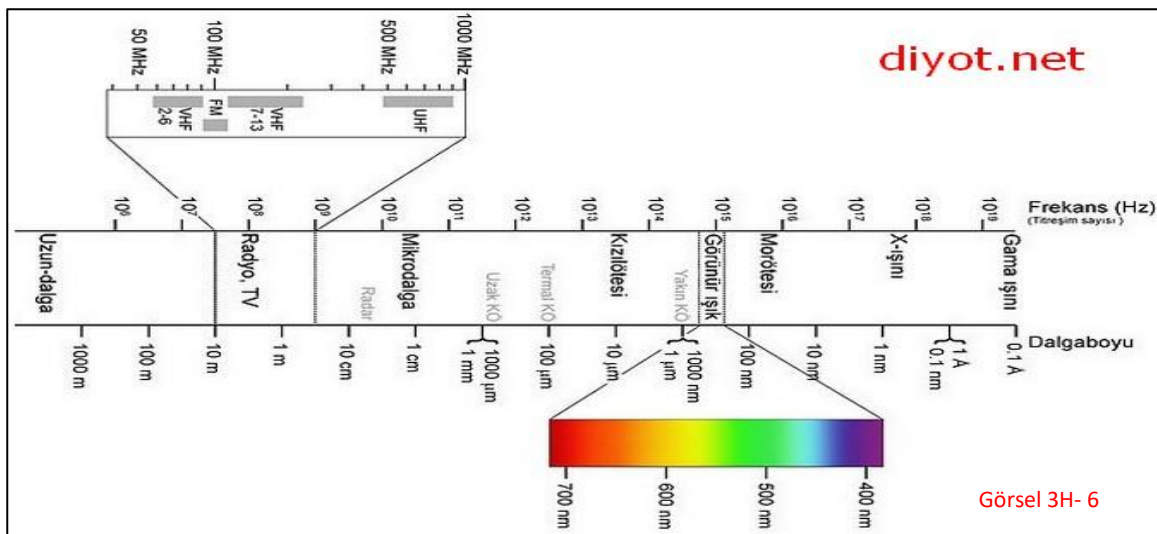
Elektromanyetik tayf geniş bir yelpazeye sahip ve bu ışınım 30 Hz ile $2,9 \cdot 10^{27}$ Hz değerleri arasında değişik tayflar gösterir.

30 Hz gibi frekansların (uzun-dalga) radyoastronomide bazı nebular tarafından üretildiği ve bu yapıların araştırılmasında kullanıldığı,

$2,9 \cdot 10^{27}$ Hz değeri civarında frekanslara sahip ışınımın da çeşitli kozmik kaynaklardan yayıldığı bilinmektedir.

Elektromanyetik spektrum ve elektromanyetik dalgaları enerjilerine göre sınıflandırır.

- Yüksek frekanslı elektromanyetik dalgalar, düşük frekanslılara göre daha yüksek enerjiye sahiptir.
- Yüksek frekanslı elektromanyetik dalgalar, frekans değerlerine göre cisimlerin daha derinlerine işleyebilir. (Görsel 3H- 7)
- Yüksek frekanslı elektromanyetik dalgalar, birim zamanda daha fazla bilgi taşıyabilirler.
- Dalga boyu ne kadar kısaysa (yani frekans ne kadar yüksekse), elektromanyetik dalga, düştüğü yüzeyin detaylarını o kadar iyi gösterir.



Dalga frekanslarının ses, ışık, frekans ve dalga boyu

Işınların dalga boyutları (**Görsel 3H- 6**) te görülmektedir.

İnsan gözünün algılayabileceği **ışığın** dalga boyu 400 nm ile 780 nm arasındadır. Işık, dalga boyuna göre göze farklı renklerde gözükür. (Işığın boşluktaki hızı yaklaşık 300.000 km/s'dir)

Görünür ışık frekansları

İnsan gözünün fotoreseptörlerinden biyolojik olarak renkleri ayırt edebilen farklı frekanslarda rezonansa girebilen “koni” reseptörlerimizin ürettiği her renge ait elektrik sinyallerini beyne gönderir. Bu frekanslar 400- 790 Hz frekanstaki dalgalardır. Bu da elektromanyetik spektrumun yaklaşık %0,0035 lik kısmını algılıyoruz demektir. Bunun dışındaki dalgalar ile reseptörler rezonansa giremediği için sinyal üretmez. Bu muhtelif frekansta olan diyapazonlara değişik frekanslarda ses dalgası gönderildiğinde sadece rezonansa giren ilgili frekanstaki diyapazonun titreşim gösterdiği gibi, (**2F Görme organımız Göz**) dosyasında daha geniş bilgiler verilmiştir.

Daha yüksek frekansta ve düşük dalga boyundaki ışınlar maddelerin içine nüfus etme durumları da vardır. Bunların bazıları canlı hücrelerine zarar verebilmektedir.

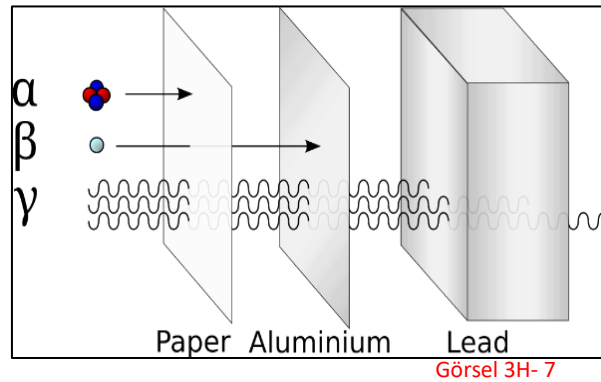
Elektromanyetik dalgaları geleneksel olarak 7 kategoriye ayrılmaktadır

- 1) **Radyo dalgaları**: Radyolarımızda dinlediğimiz müziği bize getiren elektromanyetik dalgalar, radyo dalgalarıdır. Özellikle iletişimde kullanılan bu dalgalar, aynı zamanda evrendeki yıldızlardan ve gaz bulutlarından da yayılmaktadır.
- 2) **Mikrodalga**: mikrodalgalar uydularla iletişimde, radar teknolojilerinde, mikrodalga fırınlarında kullanılmaktadır.
- 3) **Kızılötesi (IR)**: kızılötesi bölgedeki elektromanyetik dalgalar, atmosferde bulunan CO₂ ve H₂O molekülleri tarafından yakalanmaktadır ozon tabakasının kalınlaşmasına neden olmakta ve bu da atmosferin sıcaklığının artmasına sebep olmaktadır.
- 4) **Görünür Bölge**: 400 nm ile 750 nm arasında dalga boyuna sahip olan bu dalgaların oluşturduğu bu bölge, insan gözünün gördüğü aralıktır. Spektrumun, bizim için yaşamı "renkli" kılan kısmı bu bölgedir.
- 5) **Moröte (UV) Bölge**: 400 nm ile 10 nm arasında dalga boyuna sahip elektromanyetik dalgaların oluşturduğu bu bölge, Güneş'in tayfını incelerken keşfedilmiştir. morötesi ışınlardır.

- 6) X-ışınları: Oldukça yüksek frekansa sahip olan bu elektromanyetik dalgalara X-ışını 0.01 nm'den daha küçük dalga boylarını da içinde barındıran bu bölge, havaalanlarındaki güvenliğin kullandığı cihazlardan kristal yapılarını görüntüleyen yüksek teknoloji ürünlerine kadar, pek çok farklı görüntüleme teknolojisinde sıkça kullanılmaktadır.
- 7) Gama ışınları: En tehlikeli ve delici radyoaktif bozunumlardan birisi olan gamma ışınları, Gıda sterilizasyonundan görüntülemeye kadar pek çok alanda kullanılan bu ışınlar, Elektromanyetik spektrumdaki en yüksek enerjili dalgalardır.

Zararlı frekanstaki ışınların önlenmesi

Tabi bu engelleme maddenin 3 farklı tipteki radyasyon ışınlarının geçişi, kalınlığı ile orantılı olarak (**Görsel 3H-7**) görselinde görülmektedir.



Görsel 3H- 7

- Alfa (α) ışınları kâğıt sonrasına nüfuz edemiyor. (>700nm)
- Beta (β) ışınları alüminyum plakadan geçemiyor. (>500nm>700nm)
- Gama (γ) ışınları ise kâğıt, alüminyum engelleri geçer, kurşun plakalardan kalınlığa bağlı olarak körelerek geçiyor. (> 400nm) (**Görsel 3H- 7**)

Görünür ışığı oluşturan renklerin dalga boyu aralığı aşağıdaki tabloda verilmiştir. Frekans arttıkça enerjinin arttığına ve dalga boyunun azaldığı görülmektedir. (**Görsel 3H- 8**)

Burada

$$E = h.f \text{ ve } f.\lambda = c$$

E enerji, (eV elektronvolttur).

h planck sabiti, (bir fotonun enerjisini frekansı ile ilişkilendiren orantı sabitidir)

f frekans, THz (terahertz)

λ dalga boyu ve (Aşağıda tabloda verilmiştir)

c ışık hızıdır.

Birimlerden nm nanometre, THz (terahertz) ve (eV de elektronvolttur).

Radyasyon veya ışınım,

"Radyoaktif maddelerin alfa, beta, gama gibi ışınları yaymasına" veya "Uzayda yayılan herhangi bir elektromanyetik ışını meydana getiren unsurlara *radyasyon* denir.

Bir maddenin atom çekirdeğindeki nötronların sayısı, proton sayısından çok farklı ise çekirdek yapısı sağla değildir. Bu tür maddeler kararsız bir yapıyı sahip olup çekirdekteki nötronlar alfa, beta, gama gibi çeşitli ışınlar yaymak suretiyle parçalanmaktadır.

Renk	Dalga boyu	Frekans	Foton enerjisi
Mor	380 – 450 nm	670 – 790 THz	2.75 – 3.26 eV<
Mavi	450 – 485 nm	620 – 670 THz	2.56 – 2.75 eV
Cam göbeği	485 – 500 nm	600 – 620 THz	2.48 – 2.56 eV
Yeşil	500 – 565 nm	530 – 600 THz	2.19 – 2.48 eV
Sarı	565 – 590 nm	510 – 530 THz	2.10 – 2.19 eV
Turuncu	590 – 625 nm	480 – 510 THz	1.98 – 2.10 eV
Kırmızı	625 – 700 nm	400 – 480 THz	1.65 – 1.98 eV

<https://evrimagaci.org/gorunur-bolge-gorunur-isik-nedir>

Görsel 3H- 8

Alfa ışınları

Bir atom çekirdeğinin parçalanmasında, helyum çekirdeklerine (2 proton, 2 nötron) alfa parçacıkları denir. Alfa ışınları bu parçacıkların yayılmasından oluşur.

Elektromanyetik dalgalar veya parçacıklar biçiminde enerji yayılımı ya da aktarımıdır.

Çevresine bu tip ışın saçarak parçalanana maddelere radyoaktif madde denir.

Radyum, çekirdeğinden bir helyum çekirdeği ayırarak parçalanır ve radyumdan, 86 proton ve 136 nötrona sahip olan yeni element radon oluşur. (1F Kimyasallar ve Tehlikeleri) dosyasında radon hakkında daha geniş bilgiler verilmiştir.

Atom çekirdeğin parçalanması sonucu çekirdekten bir elektron veya bir pozitron ayrılır. Bu elektron, çekirdeğin içindeki bir nötronun bir protona dönüşmesinden oluşur ve asla atomun kendi elektronu değildir. Protonun nötrona dönüşmesinde bir pozitron oluşur. Bu çekirdekte oluşan elektronlara beta⁻ parçacıkları denir, pozitronlara ise (beta⁺) parçacıkları. Bu parçacıklardan beta⁻ veya beta⁺ ışınları oluşur.

Gama ışınları

Gama ışınlarının dalga boyu ışığın dalga boyundan daha kısa olmasına rağmen ışık gibi fotonlardan oluşur ve ışık hızıyla yayılır. Gama ışınları çekirdekten ayrılan elektromanyetik enerjidir.

Bunlar içinde,

50- 1000 MHz Radyo TV yayınları,

700- 400 MHz. Görünür dalga değerleridir.

Ozon tabakasındaki incelmeleri sonucu güneşin kanser yapıcı UV (Morötesi) ışınlar sızar, sızan bu ışınlar cilt kanserleri başta olmak üzere birçok zarar verici etkileri bulunur.

UV bandının hemen altında görünür ışık bölgesi vardır. Direkt olarak göze (retinaya) yüksek şiddette gelmediği sürece bir zararı bilimsel olarak tespit edilmemiştir. Görünür ışığın "zararsız radyasyon" sınıfına girdiği söylenebilir. Görünür ışığın altında, "ısınmamızı" sağlayan IR (Infra Red-Kızılötesi) bandı vardır. IR bandı da ikiye ayrılır.

Üst IR bölgesindeki kızıl ışık veren elektrikli IR ısıtıcıları,

Alt IR bölgesindekiler ise Kalorifer peteği ve ışık vermeyen elektrikli ısıtıcılar vardır.

IR bandındaki radyasyonun da zararsız olduğu kabul edilir.

IR bölgesinin altında mikrodalga ve radyo dalgaları bulunur. Bu banttaki elektromanyetik radyasyon kaynaklarına Cep telefonu, Baz istasyonları, Mikrodalga ısıtıcılar örnek verilebilir.

Ancak bu ısınma deriye değil, vücudun derinliklerine işleyebildiğinden hem hissedilmesi zordur hem de bu aşırı ısınma insana zararlı olabilir. Ancak gücün çok yüksek, mesafenin de çok yakın olması durumunda IR'de olduğu gibi yanma (pişme) belirtileri derhal görülür.

Radyasyonun zararları

X ışınları, ultraviyole ışınlar, görülebilen ışınlar, kızıl ötesi ışınlar, mikro dalgalar, radyo dalgaları ve manyetik alanlar, elektromanyetik tayfın parçalarıdır. Çok yüksek frekans ve dalga boyları ile tanımlanan Alfa, o beta, gama, X ışınları ile kozmik ışınlar ve nötronlar çok yüksek frekanslarda olduğundan, elektromanyetik parçacıklar kimyasal bağları kırabilecek enerjiye sahiptir.

Bu bağların kırılması sonucu iyonlaşma³ olur.

İyonlaştırıcı elektromanyetik radyasyon, hücrenin genetik ana yapısında ana unsur olan DNA'yı parçalayabilecek kadar enerji taşımaktadır. DNA'nın zarar görmesi sonucunda doku zarar görür.

DNA'nın çok az bir zarar görmesi, kansere yol açabilecek kalıcı değişikliklere sebep olur. İyonlaştırıcı olmayan radyasyon (radyo dalgaları, mikro dalgalar vb.) kansere neden olmaz.

Tesla birimi

Tesla birimi (sembolü T) manyetik akı yoğunluğunun (manyetik indüksiyon) SI sisteminde ifade edilen birimidir. Manyetik alanın yoğunluğunu belirler

Katı	Adı	Sembol	Katı	Adı	Sembol
10 ⁰	tesla	T			
10 ¹	dekatesla	daT	10 ⁻¹	desitesla	dT
10 ²	hectotesla	hT	10 ⁻²	santitesla	cT
10 ³	kilotesla	kT	10 ⁻³	militesla	mT
10 ⁶	megatesla	MT	10 ⁻⁶	mikrotesla	μT
10 ⁹	gigatesla	GT	10 ⁻⁹	nanotesla	nT
10 ¹²	teratesla	TT	10 ⁻¹²	pikotesla	pT
10 ¹⁵	petatesla	PT	10 ⁻¹⁵	femtotesla	fT
10 ¹⁸	egzatesla	ET	10 ⁻¹⁸	attotesla	aT
10 ²¹	zettatesla	ZT	10 ⁻²¹	zeptotesla	zT
10 ²⁴	yottatesla	YT	10 ⁻²⁴	yoktotesla	yT

Diğer kullanılan bir birim de Gauss tur.

Gauss birimi

Gauss (sembolü G). Burada kolay bir çevirme katsayısı vardır, **1T=10⁻⁴ Gauss** tur.

Yani Tesla birimi çok büyük bir manyetik alan birimi olduğu için teknikte Gauss birimi kullanılmaktadır. Gauss, mıknatısın gücünü ifade etmek için kullanılan bir ölçü birimidir.

Yani diğer bir deyişle, bir mıknatısın ne kadarlık bir manyetik alana sahip olduğunu ifade eder.

³ iyon, elektron almış veya vermiş ve nötr olmayan atom gruplarına verilen isimdir

Maxwell birimi

Maxwell, **CGS ölçü sisteminde** kullanılan bir ölçü birimidir. Kısaltması **Mx**'tir. Bu birim, ünlü İskoç fizikçi **James Clerk Maxwell**'den (1831-1879) adını alır. Maxwell, manyetik akı birimidir.

Manyetik akı, manyetik akı yoğunluğu ile manyetik alan çizgilerinin dik olarak geçtiği yüzey alanının çarpımına eşittir.

Weber birimi

Weber MKS birim sisteminde ise manyetik akı birimi **Weber (Wb)**'dir. CGS birim sisteminde ise **Maxwell (M)** kullanılır. Manyetik akı yoğunluğu ise weber/metrekaare olarak ifade edilir :

Manyetik alan matematiksel olarak vektör alan olarak tarif edilir. Bu vektör alanı noktalı bir alan üzerine vektörlerin çizilmesiyle doğrudan gösterilebilir. Manyetik alan ise,

- Manyetik alan çizgileri asla kesişmez.
- Manyetik alan çizgileri manyetik alanın güçlü olduğu bölgelerde doğal olarak kümelenir.
- Yani, manyetik alan çizgilerinin yoğunluğu o bölgedeki alanın gücünü gösterir.
- Manyetik alan çizgileri herhangi bir yerde başlamaz veya bitmez, daima kapalı döngüler oluştururlar ve manyetik bir maddenin içinde devam ederler.
- Dünya'nın manyetik alanı çekirdeğindeki demirin hareketinden kaynaklanır.
- Dünya'nın manyetik alan kutupları coğrafi kutuplarıyla örtüşmek zorunda değildir.
- Şu anda coğrafi kutup ile aralarında yaklaşık 10^0 sapma vardır.
- Jeolojik zaman dilimleri kadar bir zamanda tersine dönebilir. Şu anda manyetik **güney kutbu** coğrafi **kuzey kutbunun** yakınlarında yer alır.
- -273^0C ile 500^0C üzerinde manyetik etki kaybolmaktadır.
- Manyetik alanlar yük hareket halindeyken ortaya çıkar. **Daha çok yük daha çok hareket ettirilirse**, manyetik alanın büyüklüğü artar.

Manyetizma ve manyetik alanlar, doğanın dört temel kuvvetinden biri olan elektromanyetik kuvvetin bir yönüdür.

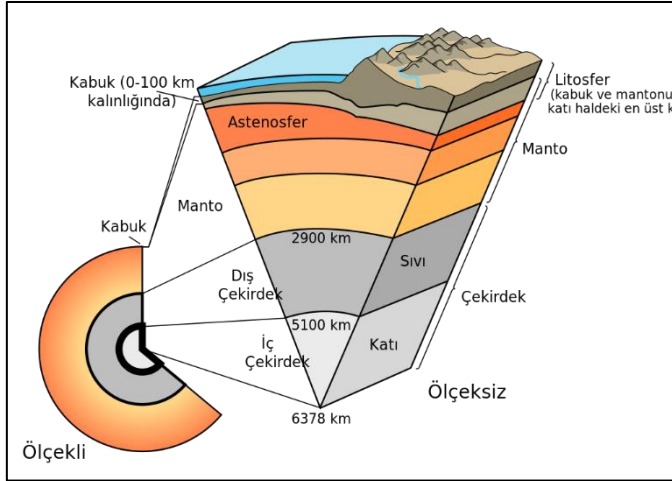
Dünyanın Derinlik ve Yükseklik Boyutları

Dünyamızın katı katmanlar (**Görsel 3H- 8**) de gösterilmiştir. Merkezinde (1.200 km.) kalınlığında katı iç çekirdek; üstünde (2.800 km.) kalınlığında sıvı (magma) dış çekirdek, dış çekirdek etrafında (2.800 km.) kalınlığında muhtelif katmanlarda manto ve (100 km.) kalınlığında dış kabuk üzerinde denizler ve dağlar bulunmaktadır. Dünya merkezi toprak ve deniz tabakasını eklemek gerekir. Everest dağı 594.400m. ve okyanusta en derin çukur

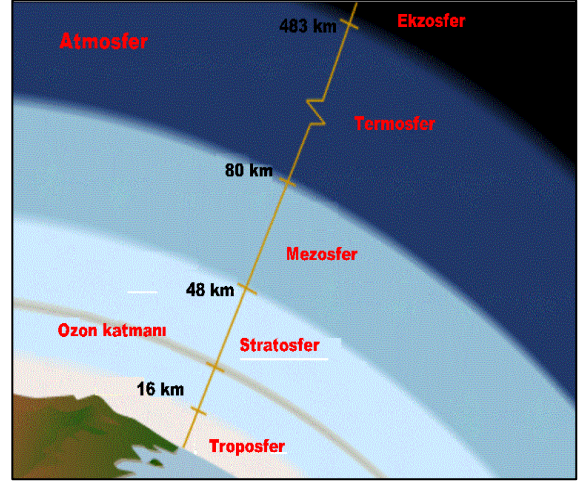
okyanus yüzeyinden neredeyse 11km. aşağı derinliktedir. (Çukurun uzunluğu 2.550m. kilometre, genişliği ise 69 kilometredir). Atmosfer katmanları ise (Görsel 3H- 9) görselinde görülmektedir.

Yani dünyanın merkezde en yüksek noktası $6.378 + 11 + 0,594 = 6.389,594$ km. olur.

Deniz seviyesinden Hava tabakası yüksekliği ise yani atmosfer **483km**.dir.



Görsel 3H- 8



Görsel 3H- 9

Dünyanın Manyetik Alanının oluşması

Dünya'nın kendi etrafında dönmesi nedeniyle demir, nikel gibi madenlerden meydana gelen magma tabakası manyetik alanı oluşturmaktadır.

Dünyanın manyetik akı yoğunluğu ise 5×10^5 T (Tesla) (SI birimidir).

Doğanın dört temel kuvveti

Fiziksel kuvvetler, yürümekten uzaya roket fırlatmaya kadar, tüm kuvvetler genel olarak dört temel kuvvet olarak sıralanabilir.

1. Kütleçekim Kuvveti
2. Zayıf Nükleer Kuvvet
3. Elektromanyetik Kuvvet
4. Güçlü Nükleer Kuvvet

1. Kütleçekim Kuvveti

Kütleçekim kuvveti, kütlesi ya da enerjisi olan herhangi iki şey arasındaki etkileşimdir.

Bırakılan bir taşın yere düşmesi, Güneş'in yörüngesinde dönen gezegenler ya da Ay'ın

denizlerde yaptığı gelgit olayları, birer kütle çekim kuvvetidir. Kütleçekimi iki nesne arasındaki sürekli çekim olarak tanımlanır.

Albert Einstein, genel görelilik teorisinden yola çıkıp; kütleçekimin bir kuvvet değil, nesnelerin uzay-zamanı bükmesinin sonucu olduğunu öne sürdü. Bu konu geniş bir şekilde tartışılacak konudur. Bu konuya girilmeyecektir.

Kütleçekimi; gezegenleri, yıldızları, yıldız sistemlerini ve hatta galaksileri bile bir arada tutmasına rağmen, özellikle moleküler ve atomik ölçeklerde temel kuvvetlerin en zayıf olanıdır. Moleküler düzeyde ise kütleçekimi, diğer temel kuvvetlere kıyasla neredeyse hiçbir etkiye sahip değil.

2. Zayıf Nükleer Kuvvet

Zayıf nükleer kuvvet, güçlü kuvvet, yerçekimi ve elektromanyetizma ile birlikte parçacıkların birbirleriyle etkileştiği fiziğin dört temel kuvvetinden biridir. Hem elektromanyetizma hem de güçlü nükleer kuvvet ile karşılaştırıldığında, zayıf nükleer kuvvet çok daha zayıf bir yoğunluğa sahiptir, bu nedenle zayıf nükleer kuvvet adını

Zayıf kuvvet veya zayıf etkileşim yerçekiminden daha güçlüdür, fakat sadece çok kısa mesafelerde etkilidir. Zayıf kuvvet atom-altı seviyede işler ve elementlerin oluşması ile yıldızların enerjilerini elde etmesinde önemli rol oynar. Diğer kuvvetler her şeyi bir arada tutmaya çalışırken, zayıf kuvvet parçacıkların birbirinden kopmasından veya ışımasında daha önemli bir rol oynar. Zayıf kuvvet bir nötronun bir proton, bir elektron ve bir anti nötrinoya dönüşmesini sağlar.

3. Elektromanyetik Kuvvet

Elektromanyetik kuvvet ya da Elektromanyetizma, elektrik yüklü parçacıklar arasında oluşan kuvvettir. Bir mıknatısın magnetik alanı içerisinde bulunan iletken telden elektrik akımı geçirildiğinde iletken tele etki eden kuvvete elektromanyetik ya da elektro magnetik kuvvet denir. Elektro magnetik kuvvetin oluşmasının nedeni, mıknatısın magnetik alanı ile içinden akım geçen iletken telin etrafında oluşturduğu magnetik alanın birbirlerini etkilemesidir.

4. Güçlü Nükleer Kuvvet

Protonlar Atom Çekirdeğinde bir arada bulunması Güçlü Nükleer Kuvvet (Güçlü Çekirdek Kuvveti), Sadece 10-15 metre kadar ufak mesafelerde etki edebilen güçlü kuvvet, elektromanyetizmadan 137 kat, zayıf nükleer kuvvetten 1 milyon kat, kütleçekiminden 1038

kat güçlüdür. Güçlü nükleer kuvvet, atom çekirdeğindeki protonlar ve nötronlar gibi hadronların içindeki kuarkları birbirine bağlayan kuvvettir. Buna ek olarak, atom çekirdeğindeki protonların ve nötronların yaptığı spin ile kendilerini de birbirlerine bağlayarak atomun dengesini sağlar. Güçlü nükleer kuvvet, atom çekirdeğindeki protonlar ve nötronlar gibi hadronların içindeki kuarkları birbirine bağlayan kuvvettir. Yani Proton ve Nötronları Birbirine Bağlayan Güçlü Kuvvettir.

Maddenin elektrik yükleri ve manyetik alan yaratma durumları

Elektronun spin yapması ve yörüngede dönmesi ile nasıl manyetik alan meydana getirdiği geniş bir şekilde anlatılmıştı

- **Elektrik yükleri** maddenin atomundaki nötron sayısına göre elektron fazlalığı veya eksikliği belirler. Maddenin atomunda çekirdekteki proton sayısına nazaran çevresinde dönen elektron fazla ise o madde eksi yüklü, eksik ise o madde artı yüklüdür denir.
- Elektriksel olarak yüklenmiş bir madde, elektromanyetik alandan etkilenir.
- Elektronlar hareket ederken spin yapar ve etrafında (Görsel 3F- 8 da görüldüğü gibi kendi hareket eksenine dik manyetik alan oluşturur,
- Bu oluşturulan manyetik alanın yönü ve elektron akış yönü (**Görsel 3F- 9**) de gösterilmiştir.

Elektrik akımının yarattığı manyetik alan

Elektronlar hareket ederken spin yapar ve etrafında (Görsel 3F- 8 da görüldüğü gibi kendi hareket eksenine dik manyetik alan oluşturur.

Manyetik indükleme

Bobin içinden geçen bu elektronlar alternatif akım uygulandığında bobin çevresinde de dalgalı bir manyetik alan meydana getirir.

Bu dalgalanan manyetik alan yakınındaki bobini indükler ve bobinde dalgalı elektrik gerilimi dolayısıyla dalgalı (elektron) akımı oluşturur. Bu indükleme yöntemi ile yapılan uygulamalardan biri de transformatörler (trafo) yapılmaktadır. (**Görsel 3F- 9**)

Transformatör (Trafo)

Trafolar birçok uygulamalarının yanında esas itibarıyla alternatif akımda gerilimi veya geçen akım oranını yükseltmek veya alçaltmak için kullanılmaktadır.

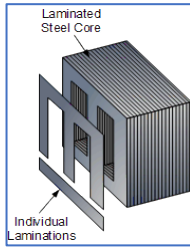
Trafonun yapılmasında kullanılan ana maddeler aşağıda belirtilmiştir. Bunlar,

Demir nüve, özel silisli demir sac “fuko”⁴ akımlarını önlemek için ve iki yüzeyi izole edilmiş ince sac (035- 050 mm) levhalarla nüve şekline getirilmiş. (Görsel 3H- 10)

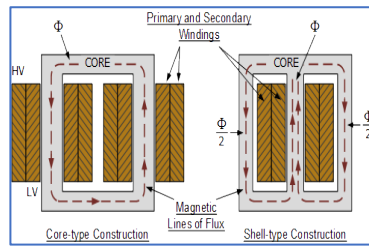
Primer ve sekonder bobin, İzole makara üzerine izole iletkenle bobin olarak sarılmış iki ayrı bobin ve iki ayrı tip Sac demir nüve üzerine geçirilmiş (Görsel 3H- 11)

Trafo elektrik şeması, Primer bobinden geçen alternatif akıma uygun meydana getirdiği dalgalı manyetik alan, sekonder bobinde 90° fark ile (sarım sayısı oranında) alternatif gerilim üretir (Görsel 3HF- 12)

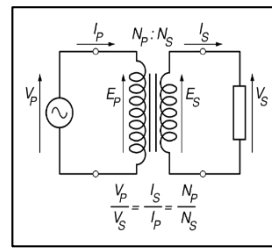
Kullanıma hazır Trafo, Üzerinde AG ve YG izolatörleri monte edilmiş, Soğutma yağ deposu ve ölçü aletleri monte edilecek trafo (Görsel 3HF- 13)



Görsel 3H- 10



Görsel 3H- 11



Görsel 3H- 12



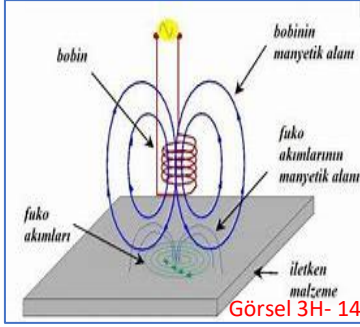
Görsel 3H- 13

Trafolarda meydana gelen kayıplar

Bir nüve üzerine sarılmış bir bobinden değişken (sinüzoidal) akım geçirildiğinde nüve üzerinde gerilim indüklenir. Bu gerilim nüve üzerinde ve içinde kapalı çevrimler halinde çok sayıda girdap akımları oluşmasına neden olur. Kapalı minik halkalar şeklinde oluşan bu akımlara fuko akımları denir. Her bir kapalı akım yolundaki akım şiddeti doğrudan indüklenen gerilim ve nüve içinde akım yolunun elektrik direnci ile ters orantılıdır. Doğru akımda akım dalgalanmaları olmadığından fuko akımları oluşmaz.

⁴ **Fukoakımı**, değişken bir manyetik alan içinde bulunan iletken levha içinde oluşan girdap şekilde dönen elektrik akımlarıdır.

Fuko Kaybı

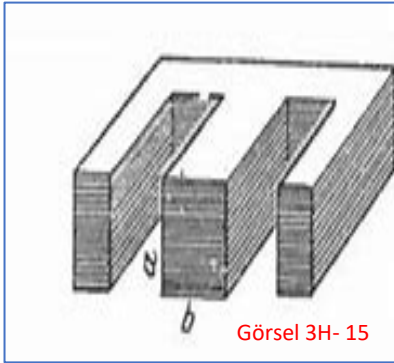


Görsel 3H- 14

Bir nüve üzerine sarılmış bir bobinden değişken akım geçirildiğinde nüve üzerinde gerilim indüklenir. Bu gerilim nüvede yüzey ve içinde kapalı çevrimler halinde girdap akımları oluşmasına neden olur. (Görsel 3HF- 14)

Her bir kapalı akım yolundaki akım şiddeti doğrudan indüklenen gerilim ile orantılıdır, akım şiddeti ise akım yolunun

elektriksel direnci ile ters orantılıdır. Fuko akımları nüvelerde aşırı ısınmaya dolayısıyla enerjinin kaybına neden olur. Fuko akımlarını önleyebilmek için nüve sacları ince saclarla yapılır.

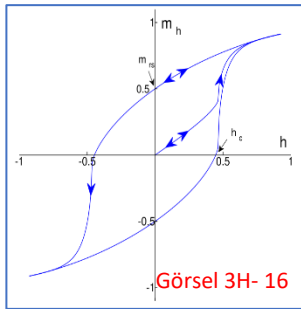


Görsel 3H- 15

Fuko akımları nüvede ısınma ile enerji kaybı oluşturur. Fuko akımlarını önleyebilmek için motor ve trafolarla nüveler iki tarafı izole madde kaplanmış $\approx 0,35$ mm manyetik geçirgenliği iyi öz direnci yüksek silisli saclar kullanılır, Alternatif gerilimin frekansı yükseldikçe fuko akım şiddeti de artar. Doğru akımda akım dalgalanmaları olmadığından fuko akımları oluşmaz. (Görsel 3HF- 15)

Histerisiz Kaybı

Demir gibi bazı ferromanyetik maddeler haricî manyetik alana maruz kaldıklarında geçici ya



Görsel 3H- 16

da kalıcı olarak manyetiklik sergilemeye başlar. Bu manyetiklik transformatör üzerinde var olan manyetik alana ters yöndedir ve ısı olarak enerji kaybına neden olur. Bu kayba histerisiz kaybı denir. Histerisiz kaybı, nüve moleküllerinin frekansa bağlı olarak yön değiştirmesi sırasında moleküllerin birbirleri ile sürtünmeleri sonucu ısı şeklinde ortaya çıkar. . (Görsel 3HF- 16)

Bakır Kaybı

Bakır kaybı genellikle transformatör, motor gibi cihazların sargıları veya diğer elektrikli cihazların iletkenlerinde elektrik akımının ürettiği ısıdır. Trafo, motor gibi cihazların bobinlerinde sargıları üzerinde bakır kayıpları iletkenin direnci ve iletken üzerinden geçen akımın

karesi ile doğru orantılıdır. Düşük frekanslı uygulamalarda bobinler kalın kesitli ve düşük dirençli iletkenler kullanılması ile bakır kaybı azaltılmaya çalışılır. Transformatörün sekonderine yük bağlandığı zaman sargılardan geçen akım yarattığı bakır kayıpları trafo gücü 1000 kVA'nın altındakilerde transformatörlerde görünür gücünün %3 ile % 4'ü kadardır

Boşta Kayıplar

Trafo ların boşta kaybını “Eddy Akımı Kayıpları” ve “Hysteresis Kayıpları” adı verilen iki bileşenden oluşturmaktadır. Hysteresis Kayıpları, nüve oluşumunda kullanılan sacın manyetik geçirgenlik (permeability) özelliğine ve frekansa göre değişiklik göstermektedir. Sac ların manyetik geçirgenlik özellikleri artırılmış manyetik akımın daha kolay bir şekilde iletilmesiyle bu kayıpların düşmesi sağlanmıştır. Voltaj indüklemesiyle meydana gelen Fuko akımları nüveyi oluşturan laminasyonların kalınlığını azaltarak Fuko (Eddy) Kayıplarının düşürülmesi sağlanmıştır.

Kaynak

https://tr.wikipedia.org/wiki/D%C3%BCnya'n%C4%B1n_manyetik_alan%C4%B1

[Manyetik Alan Nedir? Dünyanın Manyetik Alanı \(elektrikrehberiniz.com\)](http://elektrikrehberiniz.com)

<http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbase/electric/gaulaw.html>