TEMEL ELEKTRİK BİLGİLERİ
(KISIM-1)

1. STATİK ELEKTRİK

1.1. Elektriğin Tanımı ve Üstünlükleri

Elektrik sözcüğü, Latince **kehribar** demek olan **elektron** kelimesinden türetilmiştir. Kehribar soyu tükenmiş bir soy ağacından oluşan reçinenin fosilleşmiş halidir. Sol elde oynandığında bedenin elektriğini toplar. Elektrik yükünü azalttığı için depresyona karşı da faydalıdır (Resim 1.1).

Resim 1.1: Kehribar maddesi

Günlük hayatımızda kullandığımız elektrik enerjisinin üstünlüklerini şöyle sıralayabiliriz:

1. Elle tutulmayan, gözle görülmeyen ancak yapılan iş ile ortaya çıkan bir enerji türüdür.

2. Elektriğin, rengi, kokusu, boyutları, ağırlığı yoktur.

3. Dünyada en yaygın olarak kullanılan enerji türüdür.

4. Tüm enerji çeşitlerinden elde edilebilir. Örneğin, elektrik jeneratörleri mekanik enerjiyi elektrik enerjisine çevirir.

5. Nükleer enerji dışında diğer enerji çeşitlerine dönüşebilir. Evimizdeki ısıtıcılarda elektrik enerjisi ısı enerjisine, lambalarımızda ışık enerjisine dönüşmektedir.

6. İletilmesi kolaydır. Elektrik santrallerinde üretilen elektrik enerjisi, iletkenlerin yardımıyla tüketiciye en ucuz şekilde ulaştırılır.

7. Sonradan kullanılmak üzere depolanabilir. Örneğin, akü, pil çeşitleri ile depoladığımız enerjiyi istediğimiz yere götürüp kullanabilmekteyiz.

8. Artık madde bırakmadığından çevre kirliliği oluşturmaz.

Transformatörler yardımı ile gerilim alçaltılarak veya yükseltilerek kullanılabilir. Örnek: Sanayi tesislerinde 380 Volt, evlerimizde 220 Volt, elektronik elemanlarımızda 3-6-9-12 Volt gibi değerlerde kullanılmaktadır.

Elektrik enerjisinin en büyük tehlikesi dikkatsizlik sonucunda ölümle sonuçlanabilen yaralanmalara ve maddi hasarlı kazalara sebep olmasıdır.

1.2. Elektrik Enerji Üretiminde Kullanılan Kaynaklar

Elektrik enerjisinin elde edilmesinde tabiattaki enerji çeşitleri kullanılmaktadır. Bu kaynaklar değişik dönüşümler sonucu elektrik enerjisine çevrilir. Kaynakların bazıları ise direkt kullanılmaktadır. Bunlar;

· Hidrolik Kaynaklar, Termik Kaynaklar, Nükleer Kaynaklar, Rüzgar Enerjisi, Güneş Enerjisi, Jeotermal Enerji, Gelgit Enerjisi

1.2.1. Hidrolik Kaynaklar

Akarsulardaki suların barajlarda toplanılarak yüksekten aşağıya düşürülmesi ile türbin çarkları döndürülür ve türbin şaft miline akuple bağlı olan jeneratör çıkışından elektrik enerjisi elde edilir. Bu tür sistemlere **hidroelektrik santral** denir (Resim:1.2).

Resim 1.2: Hidroelektrik santral

1.2.2. Termik Kaynaklar

Kömür, petrol ve ürünleri, doğalgaz gibi fosil kaynaklı yakıtların yakılması sonucunda ortaya çıkan ısıdan elde edilen basınçlı sıcak su buharının, buhar türbinini döndürmesi ile, türbin şaft miline akuple bağlı olan generatör çıkışından elektrik enerjisi üretilir. Bu tür elektrik enerji üretimi yapan sistemlere **termik elektrik santrali** denir (Resim 1.3).

Resim 1.3: Termik santral

1.2.3. Nükleer Kaynaklar

Atomun çekirdeğinin kontrollü bir şekilde parçalanması sonucu ortaya çıkan ısı enerjisinden yararlanılarak elektrik enerjisi üretimi yapılan sistemlerdir. Bu sistemle çalışan santrallere **nükleer elektrik santrali** denir (Resim 1.4).

Resim 1.4: Nükleer santraller

1.2.4. Diğer Kaynaklar

1.2.4.1. Rüzgâr Enerjisi

Rüzgâr alan açık arazilerde, rüzgârın etkisiyle rüzgâr türbinlerinde elde edilen mekanik enerji alternatör yardımıyla elektrik enerjisine dönüşmektedir. Bu sistemle çalışan santrallere **rüzgar santrali** denir (Resim 1.5).

Resim 1.5: Rüzgar enerjisi santralleri

1.2.4.2. Güneş Enerjisi

Güneşin ısı ve ışık enerjisinden faydalanılarak elektrik enerjisi elde edilir (Resim 1.6).

Resim 1.6: Güneş enerjisi kollektörleri

1.2.4.3. Jeotermal Enerji

Yeraltından çıkan sıcak su buharı ya da gazlardan yararlanılarak yapılan elektrik enerjisi üretim sistemidir (Resim 1.7).

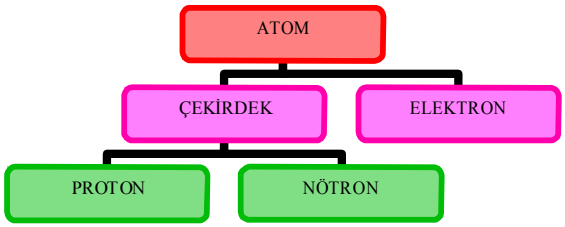
Resim 1.7: Jeotermal enerji kaynağı

1.2.4.4. Gelgit Enerjisi

Ayın hareketlerine göre deniz suları yerçekiminin etkisiyle alçalıp yükselmektedir. Deniz yüksekliğinde sular bir havuzda toplanır. Aynı hidroelektrik santrallerde olduğu gibi elektrik enerjisi üretilir.

1.3. Atomun Yapısı ve Elektron Teorisi

Maddenin en küçük yapı taşını oluşturan atom, kendi içinde bulunan parçacıkların etkisiyle elektriğin oluşumunda ve iletilmesinde büyük rol oynar. Atomu oluşturan parçacıklar Şekil 1.2'de gösterilmiştir.



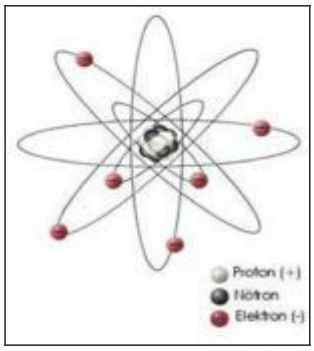
Şekil 1.2: Atomun yapısını oluşturan tanecikler

1.3.1. Atomun Yapısı

Atomların boyutunu kıyaslamak için; elinizdeki bir küp şekeri Dünya boyutuna getirdiğinizde içindeki bir atomun boyu bir nohut tanesi kadar olacaktır.

Saniyede bir milyar adet atom sayabilecek kapasitede bir bilgisayar programımız olsa bile; küçük bir toz şeker tanesinin içindeki atomları sayabilmek için bir milyon yıldan fazla bir süre gerekmektedir.

Şekil 1.3: Helyum atomunun yapısı



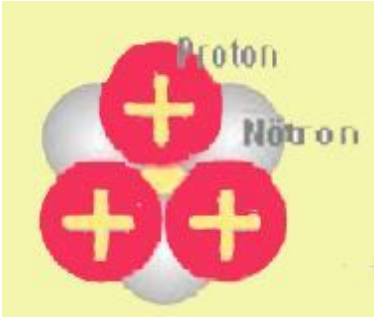
Şekil 1.4: Atomun parçacıkları

1.3.1.1. Çekirdek

Çekirdek, atomun tam merkezinde bulunmaktadır. Atomun cinsine göre belirli sayıda proton ve nötrondan oluşmuştur. Çekirdeğin hacmi elektronun hacminin on milyarda biri (1/10000000000) kadardır.

Nohut tanesi büyüklüğüne getirdiğimiz atomu 200 metre çapına çıkarırsak, çekirdek burada bir toz tanesi büyüklüğüne gelir.

Çekirdeğin kütlesi atomun kütlesinin %99,95'ini oluşturmaktadır; yani çekirdek atomun içinde neredeyse hiç yer kaplamayacak boyutta iken kütlenin neredeyse tamamını taşımaktadır.



Şekil 1.5: Çekirdeğin yapısı

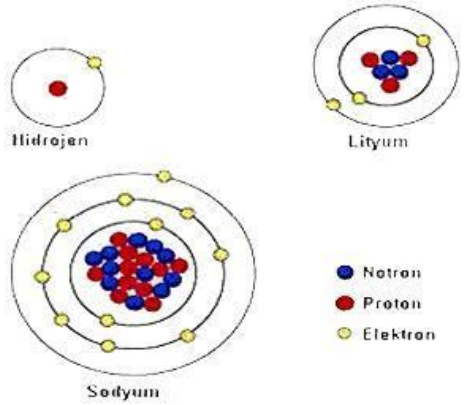
1.3.1.2. Elektronlar

Çekirdeğin etrafında belirli yörüngelerde durmaksızın dönen parçacıklara **elektron** denir. Çekirdeği elektrik yükünden oluşan bir zırh gibi kuşatırlar. Elektronlar hem çekirdek etrafında hem de kendi etrafında döner. Tıpkı Dünya'nın Güneş etrafında ve kendi etrafında dönmesi gibi. Bir atomu Dünya büyüklüğüne getirirsek elektron bir elma boyutuna gelir. Elektronlar, çekirdek içinde bulunan nötron ve protonların iki binde biri (1/2000) kadar ufaktır.

Elektronların bulundukları yörüngeler; K,L,M,N diye isimlendirilir.

Yörüngede bulunan maksimum elektron sayısı $\mathbf{2n^2}$ formülü ile bulunur. Buradaki "n" yörünge sayısını gösterir.

$_aX$: a, X atomunun atom numarasını gösterir.



Şekil 1.6: Değişik maddelerin elektron dağılımı

ÖRNEK 1:

Atom numarası 16 olan S elementinin elektron dağılımının sonucunda son yörüngesinde kaç elektron bulunmaktadır?

ÇÖZÜM 1:

S elementinin elektronlarının yörüngelere yerleşimi:

$_{16}S$: 2 8 **6** Son yörüngesinde 6 elektron bulunmaktadır.

ÖRNEK 2:

$_{11}Na$ elementinin elektron dağılımının sonucunda son yörüngesinde kaç elektron bulunmaktadır?

ÇÖZÜM 2:

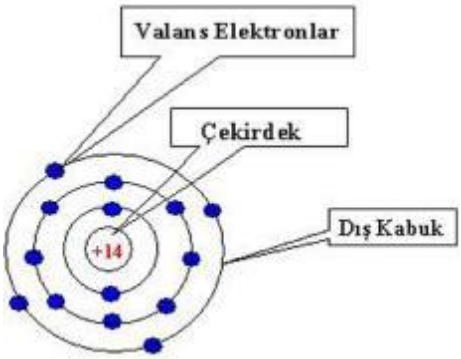
$_{11}Na$: 2 8 **1** Son yörüngesinde 1 elektron bulunmaktadır.

ÖRNEK 3:

$_{19}K$ elementinin elektron dağılımının sonucunda son yörüngesinde kaç elektron bulunmaktadır?

ÇÖZÜM 3:

$_{19}K$: 2 8 **9** Son yörüngesinde 9 elektron bulunmaktadır.

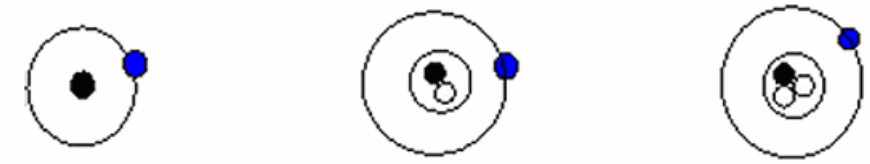


Şekil 1.7: Silisyum atomu

Atom numarası = Proton sayısı = e^-

Kütle numarası = Nötron sayısı + Proton sayısı

Bir elementin periyodik cetveldeki yeri atom numarası ile belirlenir. Atom numaraları aynı, kütle numarası farklı atomlara izotop atomlar denir.



$1\ p^+, 1\ e^-, 0\ n$ $1\ p^+, 1\ e^-, 1\ n$ $1\ p^+, 1\ e^-, 2\ n$

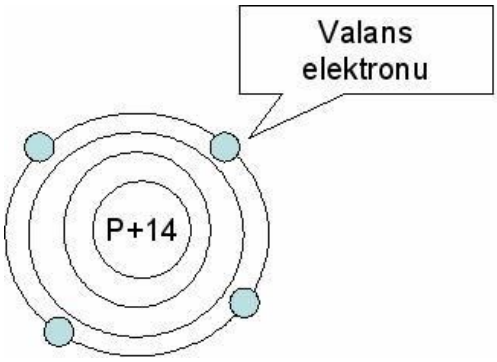
Şekil 1.8: Hidrojen atomunun izotopları

1.3.2. Serbest Elektronlar

Çekirdeğe yakın yörüngelerdeki elektronlar kuvvetli bir çekimle çekirdeğe bağlıdır.

Atomların dış yörüngelerindeki elektronlara **valans elektron** ya da **serbest elektron** denir. Bunlar çekirdeğe zayıf bir bağ ile bağlı olduklarından ufak bir enerji ile atomu terk edebilirler.

Serbest elektronlar bu hareket özelliklerinden dolayı elektrik iletiminde önemli rol oynarlar.



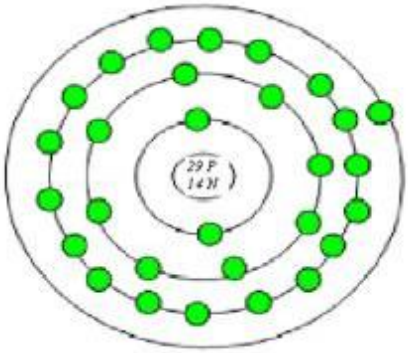
Şekil 1.9: Silisyum atomunun son yörüngesi

1.3.3. Atomun Yapısına Göre İletken ve Yalıtkan Tanımı

Atomların son yörüngesindeki elektron sayıları elementlerin özelliklerini belirler. Elektrikte kullanılan maddeler de iletken madde, yalıtkan madde ve yarı iletken madde olarak isimlendirilir.

1.3.3.1. İletken

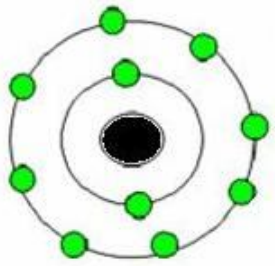
Atomların dış (valans) yörüngelerindeki elektron sayısı dörtten az (1-2-3) olan elementlere iletken denir. Bu elementler elektrik akımını iyi iletirler. Tüm metaller iletkendir. İnsan vücudu iyi bir iletkendir. İyonlara sahip sıvılar iyi bir iletkendir ve bunlara elektrolit adı verilmektedir. Saf su yalıtkan, günlük hayatta kullandığımız içme suyu iletkendir. Toprak içinde su olduğu için iletkendir. Gazlar genelde yalıtkandır; fakat iyonlarına ayrılmış gazlar iletkenlik kazanırlar (Şekil 1.10).



Şekil 1.10: Bakır elementinin elektron dağılımı

1.3.3.2. Yalıtkan

Atomların dış yörüngelerindeki elektron sayısı 8 ve daha fazla olan tüm elementlere **yalıtkan** denir. Yalıtkan gereçler elektriği iletmez. Son yörüngelerindeki elektron sayısı 5,6,7 olan elementler ise bir noktaya kadar yalıtkandır. Yalıtkan cisimlerde serbest elektronlar yok denecek kadar azdır. Cam, kauçuk, pamuk, yağ ve hava yalıtkan maddelere örnek olarak verilebilir (Şekil 1.11).



Şekil 1.11: Neon elementinin elektron dağılımı

1.3.3.3. Yarı İletken

Atomların dış yörüngelerindeki elektron sayısı 4 olan elementlere **yarı iletken** denir.

Silisyum, germanyum gibi maddeler örnek olarak verilebilir.

1.4. Elektrik Yükü

1.4.1. Elektrik Yükü ve Birimi

Atomun yapısında bulunan proton ve elektronların elektriksel özellikleri birbirine zıttır. Protona (+) yüklü, elektrona (-) yüklü denmiştir. Nötronlar ise yüksüzdür. Elektrik yükü Q veya q ile gösterilir. Birimi coulomb'tur. C ile gösterilir (Tablo 1.1).

Elemanlar	*Yük*	*Kütle*
Elektron	- $1,602.10^{-19}$ C	**$9,1095.10^{-31}$ kg**
Proton	$+1,602.10^{-19}$ C	**$1,6726.10^{-27}$ kg**
Nötron	**0**	**$1,6749.10^{-27}$ kg**

Tablo1.1: Elektrik yüklerinin değerleri

Bir atomda proton ve elektron sayıları birbirine eşitse bu atoma **nötr atom** denir. Atomların yüklenmesi atoma elektron verilmesi veya atomdan elektron alınması ile gerçekleşir.

Bir atomda; proton sayısı elektron sayısından fazla ise (yani elektron kaybetmiş ise) böyle atomlara **pozitif yüklü iyon** ya da **katyon** denilir. "+e" ile gösterilir.

Atomun içerisinde elektron sayısı fazla ise bu da dışarıdan elektron kazanmış ve **negatif yüklü iyon** diye adlandırılır ve "-e" ile gösterilir. Bunlara "anyon" da denmektedir.

($_aX^{\pm b}$) ile gösterilen ifadede;

a : X atomunun atom numarasını gösterir.

+b: X atomunun kaybettiği elektron sayısını gösterir.

-b : X atomunun kazandığı elektron sayısını gösterir.

Örnek 1

K,L ve M atomlarındaki proton, nötron ve elektron sayıları şöyledir:

Atom	*Proton sayısı*	*Nötron sayısı*	*Elektron sayısı*
K	*10*	*10*	*11*
L	*11*	*12*	*11*
M	*12*	*11*	*11*

K,L, ve M atomları için anyon, katyon ve nötr sıralamalarından hangisi doğrudur?

	anyon	katyon	Nötr
A)	K	L	M
B)	K	M	L
C)	M	L	K
D)	L	M	K

Çözüm 1

K atomunun elektron sayısı proton sayısından 1 fazla olduğu için elektron almıştır, anyondur. L atomunun proton sayısı elektron sayısına eşittir. M atomunun elektron sayısı proton sayısından 1 eksik olduğu için M atomu katyondur. Doğru cevap B.

Örnek 2

+2 yüklü iyonunda 18 elektron ve 20 nötronu olan K atomunun kütle numarası nedir?

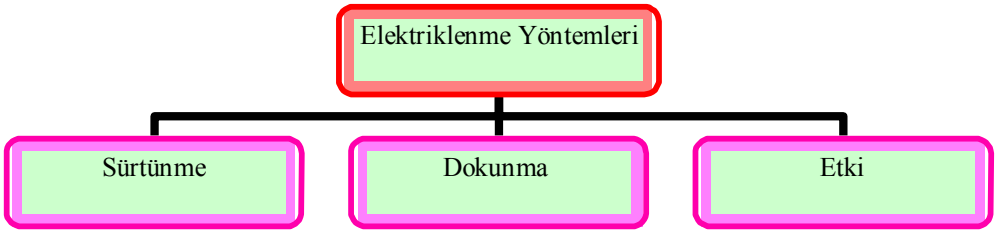
Çözüm 2

+2 yüklü iyonunda 18 elektron varsa nötr halindeki elektron sayısı 18+2=20 dir. Bu atomun proton sayısına eşittir.

Kütle numarası= Proton sayısı + nötron sayısı = 20+20=40 olarak bulunur.

1.4.2. Elektriklenme Yöntemleri

Cisimlerin elektriklenme yöntemleri üçe ayrılmaktadır (Şekil 1.12).



Şekil 1.12: Elektriklenme çeşitleri

1.4.2.1. Sürtünme ile Elektriklenme

Farklı iki cisim birbirine sürtüldüğünde bu cisimlerden biri pozitif, diğeri negatif elektrik yükü ile yüklenir. Buna **sürtünme ile elektriklenme** denir.

Resim 1.8: Saçımıza sürtülen tarağın kağıt parçalarını çekmesi sürtünme ile elektriklenmedir

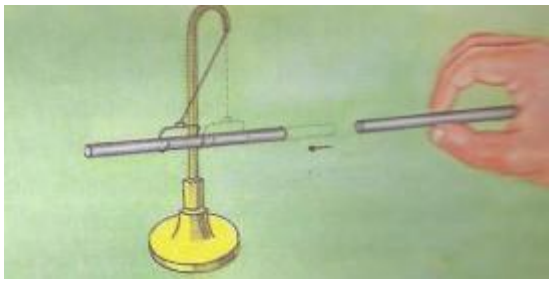
UYGULAMA DENEYİ 1

1. Bir ebonit çubuğu yünlü bir kumaşa sürterek ipek iplikle asalım (Şekil 1.13 a ve b).

Şekil 1.13 a

Şekil 1.13 b

2. Daha sonra başka bir ebonit çubuğu, yine yünlü bir kumaşa sürttükten sonra asılı ebonite yaklaştırdığımızda, asılı ebonit çubuk itilir (Şekil 1.14).



Şekil 1.14

3. Eğer bir cam çubuğu ipek kumaşa sürterek ebonit çubuğa yaklaştırırsak bu sefer ebonit çubuk, cam çubuk tarafından çekilir (Şekil 1.15 a ve b).

Şekil 1. 15 a

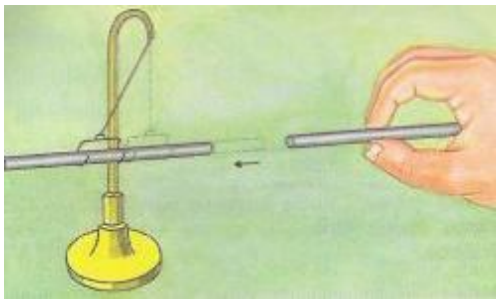
Şekil 1.15 b

4. Cam çubuğu ipek kumaşa sürterek ipek iplikle asalım (Şekil 1.16 a ve b).

Şekil 1.16 a

Şekil 1.16 b

5. Başka bir cam çubuğu ipek kumaşa sürterek asılı cam çubuğa yaklaştırdığımızda, asılı cam çubuk itilir (Şekil 1.17).



Şekil 1.17

Bu deneylerden çıkarılan sonuçlar:

1. Aynı cins maddeler aynı yoldan elektriklenirlerse birbirlerini iter. Sebebi, aynı cins elektrik yükü ile yüklenmeleridir.
2. Farklı iki cins madde (cam ve ebonit) aynı yolla elektriklendiklerinde birbirlerini çekerler. Sebebi, farklı elektrik yükü ile yüklenmeleridir.
3. Cam çubuk ve onun gibi davranan cisimlere pozitif (+) yüklü , ebonit çubuk ve onun gibi davranan cisimlere de negatif (-) yüklü cisimler denir.

Sürtünmeyle elektriklenmede, sürtünen cisimler zıt işaretli; fakat aynı büyüklükte elektrikle yüklenir.

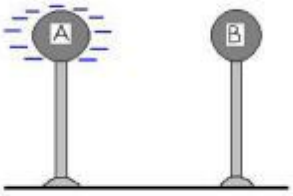
1.4.2.2. Dokunma ile Elektriklenme

Yüklü bir iletken cisim, yüklü ve yüksüz aynı tür bir iletken cisme dokundurulduğunda toplam yüklerini dış yüzeylerinin büyüklüğü ile paylaşır.

Saçımıza sürttüğümüz tarak, küçük kağıt parçalarını çektikten bir müddet sonra onları bırakır. Bunun sebebi, bu dokunma ile yüklerin iki tarafta da aynı olup birbirlerini itmesidir.

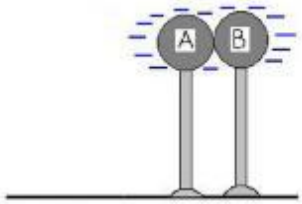
UYGULAMA DENEYİ 2

1. Çapları aynı olan iki adet kürenin bir tanesi (-) elektrik yüküne sahip olsun. Diğeri yüksüz konumda bulunsun (Şekil 1.18).



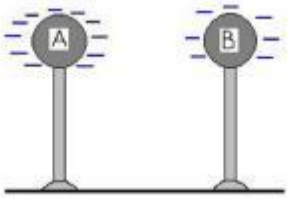
Şekil 1.18: A küresi (-) yüklü, B küresi yüksüzdür

2. İki küreyi birbirine dokunduralım (Şekil 1.19). Bu durumda A küresinin (-) yükü, B küresine geçer. A küresinin üzerindeki (-) yükü, iki küre eşit şekilde bölüşürler.



Şekil 1.19: A küresi B küresine dokundurulunca B küresi de aynı yükle yüklenir

3. İki küreyi birbirinden ayırdığımız zaman, yükler iki kürede eşit şekilde kalmış olur (Şekil 1.20).



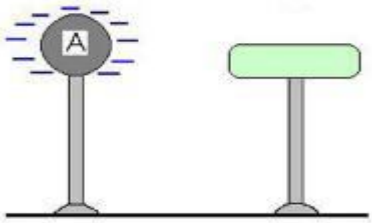
Şekil 1.20: A küresini B küresinden ayırdığımız zaman A'daki elektrik yükünü iki küre bölüşmüş olur

1.4.2.3. Tesir (etki) ile Elektriklenme

Yüksüz olan bir cisme elektrik yüklü bir cisim yaklaştırıldığında, yüksüz cismin yaklaştırılan yüklü cisme yakın tarafındaki ucunda zıt cinste elektrik yüklenmesi olur. Yüksüz cismin diğer ucunda ise yüklü cisim ile aynı cins elektrik yüklenmesi olur. Buna **etki ile elektriklenme** denir.

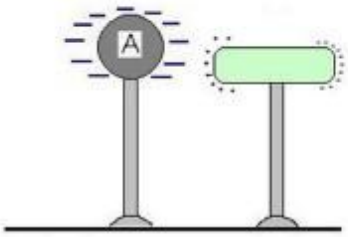
UYGULAMA DENEYİ 3

1. (-) yüklü A cisim ile yüksüz metal çubuk alalım (Şekil 1.21).



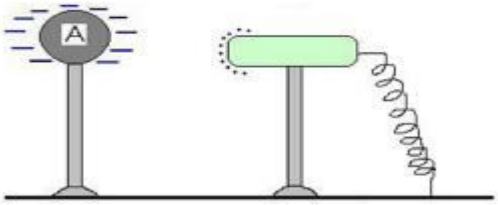
Şekil 1.21

2. Yaklaşma anında metal çubuğun küreye yakın kısmı (+) yükle, uzak kısmı (-) yükle yüklenir (Şekil 1.22).



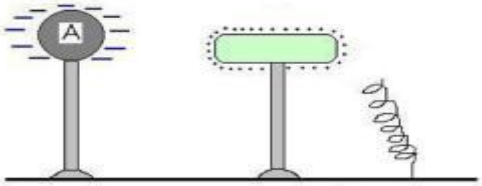
Şekil 1. 22

3. Metal cismi toprakladığımızda üzerindeki eksi yükler toprağa akar ve proton fazlalığı oluşur (Şekil 1.23).



Şekil 1. 23

4. Metal cisim, üzerindeki elektronlar toprakta kaldığı için pozitif yükle yüklü kalır (Şekil 1.24).



Şekil 1. 24

UYGULAMA DENEYİ 4:

DENEYİN ADI: Yüklü bir ebonit çubuğun suyu çekmesinin gözlenmesi

DENEYİN AMACI: Elektrikle yüklenmiş yalıtkan maddelerde bulunan elektronların, uygun ortamda bir başka maddeye aktığını görmek.

KULLANILAN ARAÇ VE GEREÇLER:

1. Döküm ayak	4. .Şişe tutturucu	7. Geniş beherglas	10. Yün parçası
2. Statif çubuk	5. Kısa cam boru	8. Tabanı kesik şişe	11. Su
3. Bağlama parçası	6. Tek delikli tıpa	9. Ebonit çubuk	

DENEYİN YAPILIŞI

1. Statif çubuğa bağlama parçası takıp bu parçaya şişe tutturucusunu takınız.

2. Cam boruyu lastik tıpaya geçiriniz ve şişenin ağzına sıkıca kapayarak şekildeki düzeneği hazırlayınız.

3. Beherglasa su koyunuz. Cam borunun ağzını kapatarak şişeye su doldurunuz.

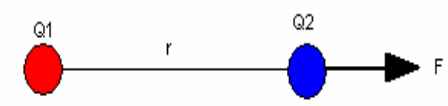
4. Ebonit çubuğu yüne sürterek elektrikle yükleyiniz.

5. Parmağınızı cam borudan çekiniz ve akan suya yüklediğiniz ebonit çubuğu yaklaştırınız. Çubuğun suyu çektiğini gözleyiniz. Çubuğu ters tarafta tutarak deneyi tekrarlayınız.

Resim 1.9: Yüklü bir cismin akan suyun yönünü değiştirmesi

1.4.3. Coulomb Kanunu

Noktasal iki yük arasındaki itme veya çekme kuvveti, yüklerin çarpımıyla doğru, aralarındaki uzaklığın karesiyle ters orantılıdır.



Şekil 1.25: İki yük arasındaki kuvvet

$$F = k.\frac{Q_1 \; Q_2}{r^2}$$

F : Yükler arasındaki kuvvet (Newton)

Q_1,Q_2 : Elektrik yükleri (Coulomb)

R : Yükler arası uzaklık (metre)

k : Kuvveti, uzaklığı ve yükleri ölçmekte kullanılan birimlere ve deney ortamına bağlı katsayıdır. Hava ve boşluk ortamında k= 9.10^9 $N.m^2 / C^2$ dir.

1 coulomb = $6,24.10^{18}$ adet proton veya elektronun toplam yüküdür.
Elementer yük (e.y): Bir proton veya bir elektronun yük değeridir.

$$\mathbf{1\ e.y. = 1 / 6,24.10^{18} = 1,6.10^{-19}\ C}$$

$$1\ C = 10^6\ \mu C \qquad\qquad 1\mu C = 10^{-6} C$$

ÖRNEK 1

Aralarındaki uzaklık 300 cm olan Q_1 = 100 µC ve Q_2= 150 µC yüklerinin birbirlerine uyguladıkları kuvvetin büyüklüğünü bulunuz.

ÇÖZÜM 1

$$F = k.\frac{Q_1\ Q_2}{r^2} = 9.10^9\ \frac{100.10^{\ 6}.150.10^{\ 6}}{300.10^{\ 2\ \ 2}} = 15\ N \text{ (itme kuvveti)}$$

1.5. Elektrik Alanı

1.5.1. Elektrik Kuvvet Çizgileri

Elektrik alanını göstermeye yarayan, alan vektörüne teğet ve alanla aynı yönlü olan hayali çizgilere **elektrik kuvvet çizgileri** denir.

Bir elektrik yükünün etrafındaki kuvvetli alanı gösterirken kuvvet çizgileri sık olarak çizilir. Zayıf elektrik alanını gösterirken de kuvvet çizgileri seyrek olarak çizilir.

1.5.2. Elektrik Alanı ve Alan Şiddeti

Pozitif birim yüke (Q) etkiyen elektrostatik kuvvete (F) **elektrik alanı** denir. Elektrik alanı vektörel bir büyüklüktür ve kuvvet çizgileri ile gösterilir. Elektrik alan şiddeti (E) harfi ile gösterilir. Birimi volt / metre'dir.

$$E \quad \frac{F}{Q} \text{ formülü kullanılır.}$$

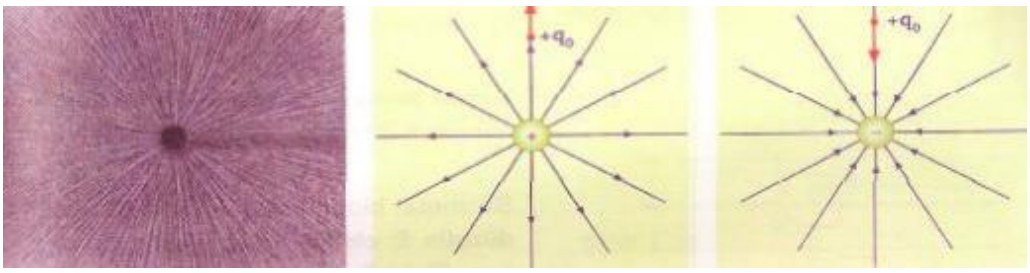
1.5.2.1. Noktasal Bir q Yükünün r Kadar Uzaklıktaki Elektrik Alan Şiddeti

Elektrik yükünün etkisini gösterebildiği bir bölge vardır. Yükün belli uzaklığından itibaren etkisi hissedilmeyecek kadar az olur. Elektrik yükünün etkisini gösterdiği bu bölgeye, o yükün **elektrik alanı** denir. Elektrik alanının özelliklerini sıralarsak:

1. Elektrik alan çizgileri pozitif yükten dışa doğrudur.

2. Negatif yükün oluşturduğu elektrik alanı kendisine doğrudur.

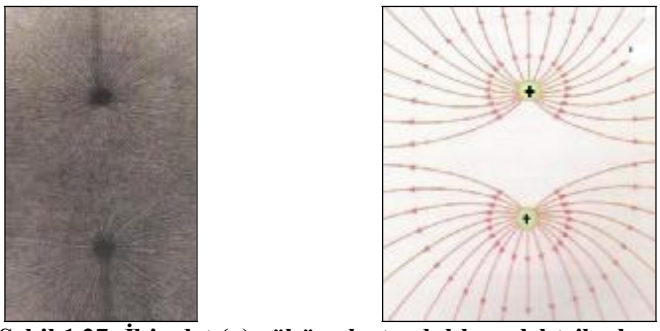
3. Elektrik alan çizgileri birbirlerini hiçbir zaman kesmez.



Şekil 1.26: Bir yükün elektrik alanı ve (+) ve (-) yüklerin elektrik alanlarinin vektörel gösterimi

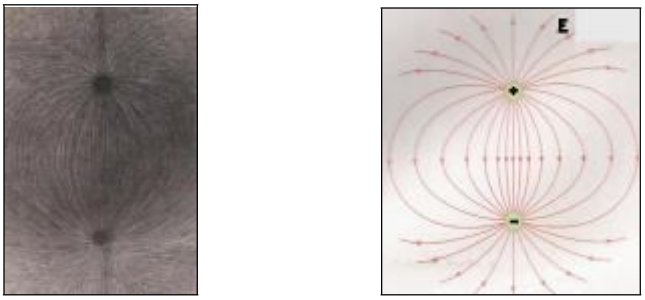
$E_A = k.\frac{q}{r^2}$ formülü ile bulunur.

1.5.2.2. Birden Fazla Noktasal Yükün Bir Noktadaki Elektrik Alanı



Şekil 1.27: İki adet (+) yükün oluşturdukları elektrik alanı

Elektrik alan çizgileri + yükten – yüke doğrudur. Elektrik alanı içindeki her noktadan bir alan çizgisi geçebilir. Aynı cins elektrik yükleri birbirlerini iter, farklı cins elektrik yükleri birbirlerini çeker.

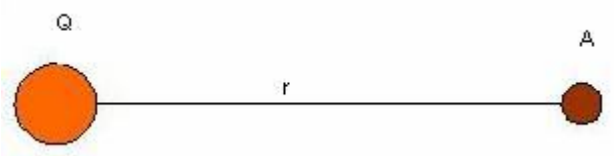


Şekil 1.28: (+) ve (-) yüklerinbirbirlerine karşı oluşturdukları elektrik alanı

1.6. Elektrik Potansiyeli

1.6.1. Potansiyel ve Gerilim

Elektrik alanı içindeki bir noktadaki elektrik yüklenmesi sonucu oluşan şarj olayına **elektrik potansiyeli** denir. U ile gösterilir, birimi Volt'tur.



Şekil 1.29: Q yükünün alanı içerisindeki A noktasındaki elektrik potansiyeli

$U_A = k.\dfrac{Q}{r_A}$ formülü kullanılır. Buradaki işaretler şunları ifade etmektedir:

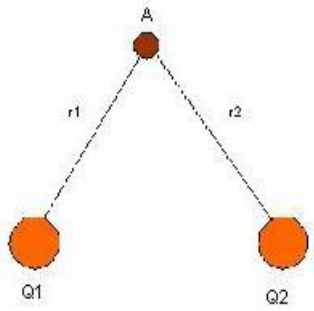
U_A : A noktasının potansiyeli (volt)

k : Yükün bulunduğu ortama ve kullanılan birim sistemine bağlı olan katsayı (9.10^9)

Q : Elektrik yükü (Culon)

r_A : A noktasının Q yüküne olan uzaklığı (metre)

Potansiyel, skaler bir büyüklük olduğundan birden fazla yükün bir noktada oluşturduğu potansiyel, yüklerin o noktada oluşturdukları potansiyellerin cebirsel toplamına eşittir.



Şekil 1.30: İki adet yükün bir noktada oluşturdukları potansiyel

$$U_A = U_{A1} + U_{A2} = k.\frac{Q_1}{r_1} + k.\frac{Q_2}{r_2}$$

Pozitif birim yükünü, elektrik alanının herhangi bir noktasından bir başka noktasına götürmek için elektriksel kuvvetlere karşı yapılan işe, bu iki noktanın **potansiyel farkı** denir.

$U_{AB} = U_B - U_A$ (Q yükü A noktasından B noktasına gitmiş ise)

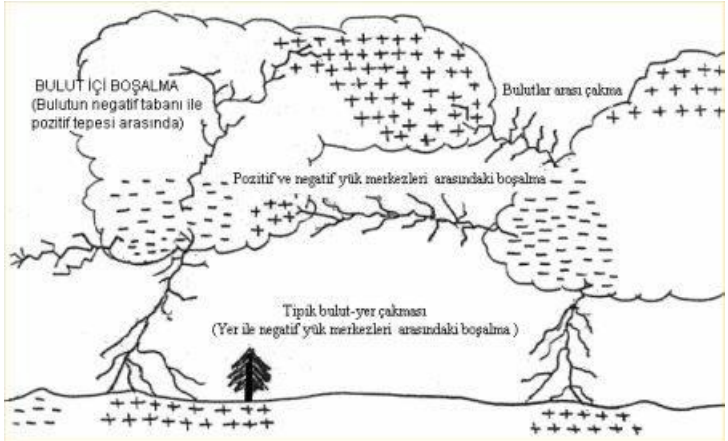
$U_{AB} = U_A - U_B$ (Q yükü B noktasından A noktasına gitmiş ise)

1.6.2. Şimşek ve Yıldırım

Atmosferik elektriğin gözle görülebilir boşalımında ortaya çıkan parlak ışığa şimşek; şimşek ve gök gürültüsü ile kendini gösteren bulutlar arası veya bulutla yerdeki bir cisim arasındaki elektrik boşalımına da yıldırım denir. Yıldırım, atmosfer ile yer yüzeyi arasında artan elektrik potansiyelini dengeleyen bir elektrik boşalımıdır.

Resim 1.10: Bulut-yer arası yıldırım

Yıldırım bazen buluttan yere doğru bazen de yerden buluta doğrudur. Aşağıdaki şekilde şimşeğin çeşitleri ve takip ettiği yol gösterilmektedir (Şekil 1.31).



Şekil 1.31: Şimşeğin çeşitlerinin gösterilişi

1.7. Statik Elektrik ve Elektrostatiğin Kullanım Alanları

1.7.1. Statik Elektrik ve Oluşumu

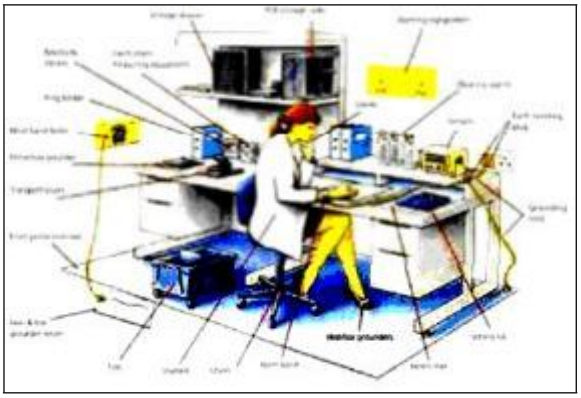
Yüklerin birbirleriyle etkileşimi sonucunda ortaya çıkan kuvvete **elektrostatik kuvvet** veya **durgun elektrik** denmektedir.

Elektrostatik, kalbimizin çalışmasından, şimşek ve yıldırımlara, atom içindeki yüklerin etkileşimlerine kadar geniş bir alandaki fiziksel olayları inceler.

Tabiattaki statik elektriğe en büyük örnek şimşek ve yıldırımdır.

Çıplak ayakla halı üzerinde yürürken ayaklarımızın karıncalanması statik yüklerdendir.

Çalıştığımız ortamdaki malzemelerle de sıkça temas halinde olmamız malzeme üzerindeki yükleri üzerimize çekmemize neden olur (Şekil 1.32).



Şekil 1.32: Çalışma ortamındaki statik elektrik etkileşimi

İnsanların statik elektrik yüklenmesi yürüme esnasındaki sürtünmelerden, araçlara inip binmesinden, çalıştıkları masadan, giymiş-çıkarmış oldukları elbiselerden olabilir. Aşağıdaki tabloda insanların hareketleri esnasında oluşan bazı statik elektrik miktarları ve bunları oluşturan unsurlar verilmiştir (Tablo 1.2).

Statik elektriği oluşturan Faktörler	**Oluşan Elektrostatik Voltaj Değerleri**	
	% 10 - % 20 Nem Ortamı	**%65 - %90 Nem Ortamı**
Tezgah Üzerinde Çalışma Yaparken	**6000 Volt**	**100 Volt**
Vinylex Kaplanmış Zeminde Çalışırken	**7000 Volt**	**600 Volt**
Plastik Klasör Taşırken	**7000 Volt**	**150 Volt**
Vinylex Kaplı Zeminde Yürümek	**12000 Volt**	**250 Volt**
Polyester Çanta Tezgahtan Kaldırılırken	**20000 Volt**	**200 Volt**
Halı Üzerinde Yürümek	**35000 Volt**	**1500 Volt**

Tablo1.2: Statik elektriği oluşturan faktörler ve miktarları

Tablo 1.2'de görüldüğü gibi ortamdaki nem oranı arttıkça statik enerji miktarı azalmaktadır. Statik yüklenmeler yüksek voltaj değerlerinde olduklarından bazen görünür hale de gelebilirler. Işığın görünür hale gelebilmesi için en az 6000-7000 Volt civarında olması gerekir. Örneğin, yün kazak çıkartılırken ve manyetolu çakmaklardaki görünür ışık yaklaşık 7000 Volt'luk değerde atlama yapan statik yüktür.

Statik yükün voltajı çok fazla olmasına karşın, akımı çok zayıftır. Akımı voltaj ile doğru orantılı olsaydı, birçok yüksek voltaj trafosu ile ilgilenen televizyon tamircisi çırağı yetişmezdi herhalde.

Uçaklarda statik elektrik, hem fırtınalı havalarda üzerlerine düşen yıldırımın etkisiyle hem de kabin içindeki elektronik elemanların yaydığı, kabloların oluşturduğu, insanların kabin içindeki malzemelere sürekli sürtünmesi ile de oluşmaktadır. Yolcu kabinlerine konulan ek teçhizatlar ve diğer malzemeler uçaktaki statik elektrik yükünü 25 bin volta kadar çıkarmaktadır.

1.7.2. Statik Elektriğin Zararları

İnsanların almış oldukları statik elektrik hem sağlıklarına hem de kullanmış oldukları elektronik cihazlara zarar vermektedir. Teknik personeller üzerlerinde oluşan statik elektriği, elektronik cihazların kullanımı ve taşınması esnasında devre elemanlarına boşaltır. Böylece elemanların kullanışsız hale gelmesine ya da ömürlerinin azalmasına sebep olurlar.

Eleman Adı	Bozulma Değeri	Eleman Adı	Bozulma Değeri
Mosfet	100 Volt	Schottky Diyot	300 Volt
Eprom	100 Volt	Film Direnç	300 Volt
JFet	140 Volt	Bipolar Transistör	380 Volt
Op-amp	190 Volt	SCR (Tristör)	680 Volt
CMOS	250 Volt	Schottky Ttl	1000 Volt

Tablo 1.3: Elektronik devre elemanlarının bozulabileceği voltajlar

Üzerimizde binlerce volt statik yük mevcut iken, 350 Volt ile bozulabilecek bir CMOS yapılı elektronik malzemeye dokunulursa ne olur? Malzeme ölür; ölmez ise kesinlikle mikron seviyesinde, yapısında ciddi hasarlar meydana gelir, malzemenin ömrü azalır.

Statik yükün aniden boşalmasının da elektronik malzemelere zarar verdiği anlaşıldı. O halde statik deşarjın aniden olmaması gerekiyor. Yapılan araştırmalarda statik yükün aniden değil, 1 Mohm'luk direnç üzerinden, yavaş eğrisel olarak boşalması gerektiği görülmüştür.

Statik elektrik yüklerinin, insan derisi üzerinde toplanması sonucunda, operatörlerde -özellikle bayanlarda- akne (sivilce), seboreik dermatit gibi deri hastalıklarının oluştuğu savları ileri sürülmektedir.

Resim 1.11: Statik elektriğin etkisi

Statik elektrik binalardaki haberleşme, güç hatları ve elektrik sistemlerine büyük ölçüde zarar verir.

Uçakta oluşan statik elektrik, uçuş bilgisayarının ve radarının arıza yapmasına sebep olmaktadır.

Yıldırımın yol açtığı akım, uçağın dış yüzeyini yalayıp geçerken, iletilen yükün küçük bir kısmı, uçağın metal dış yüzeyindeki; örneğin pencere gibi açıklıklardan içeri girebilir ve eğer yolu üzerinde duyarlı elektronik aletler varsa, bunlar da arızalara yol açabilir.

Statik elektriğin akışı ile oluşan kıvılcım çevredeki narkoz gazlarının, petrol buharlarının patlamasına neden olabilir. Uzun süre araçta yolculuk yapan bir sürücünün, aracından çıkıp doğrudan benzin pompa tabancasına dokunması ile statik elektrikten meydana gelen yangından dolayı aracının son durumu görülmektedir (Resim 1.12). Bu olayın olmasının sebebi akaryakıt dolumu esnasında oluşan petrol buharının statik bir şarjla teması anında yanmasıdır.

Resim 1.12: Statik elektriğin oluşturduğu kaza

Statik elektrik, plastik levha, kağıt karton ve tekstil gibi yalıtkan malzemelerle çalışan birçok endüstrinin sorunudur. Elektrostatik itme veya çekme nedeniyle malzeme ya makineye ya da birbirine yapışır. Bu da çok ciddi kalite sorunlarına yol açar. Elektrostatiklenme nedeniyle toz veya diğer kir parçacıkları malzemeye yapışır.

Çok yoğun elektrostatik birikme sonucu çıkan elektrik şokları personelde yaralanmalara yol açabileceği gibi, aynı zamanda yangınlara ve patlamalara da yol açabilir.

Makinelerde bulunan sensörler, ölçme kafaları, yazıcı kafaları gibi elektronik malzemeler elektrostatik yüklenmeden etkilenebilir.

1.7.3. Statik Elektriğin Faydaları ve Kullanım Alanları

Statik elektrik endüstride faydalı ve önemli alanlarda kullanılır. Bazı fotokopi makineleri ve lazer yazıcılardaki mürekkep parçacıklarını kağıda basımını sağlayan mekanizma ile küçük kağıt parçacıklarının durgun elektrikle yüklenmiş plastik bir tarağa yapışmasını sağlayan mekanizma aynıdır.

Resim 1.13: Değişik fotokopi makineleri

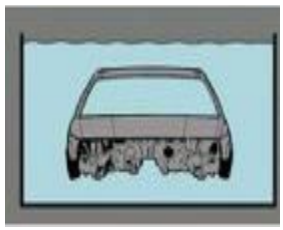
Statik elektrik endüstriyel tesislerin bacalarında havaya karışması istenmeyen küçük parçacıkları filtreleme aracı olarak da kullanılır. Konutlardan tutunuz, kömür santrallerinin bacalarına kadar kullanılan 'elektrostatik hava filtreleri' bu esasa göre çalışır.

(a) **(b)**

Resim 1.14: Fabrika bacasının durumları (a)Hava filtresiz (b) Hava filtreli

Araba, beyaz eşya gibi ürünler statik elektrik yüklü boya parçacıkları ile boyanır. Boya damlacıklarına büyük bir elektrik yükü verilerek boya püskürtme işleminin verimi arttırılır. Böylece, yükleri nedeniyle birbirlerini iten damlacıkların yüzeye daha düzenli dağılmaları sağlanır.

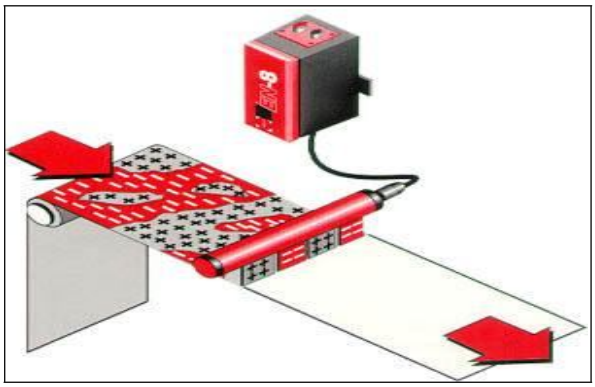
Boya yöntemi tarımsal ilaçlamada da kullanılmaktadır.



Resim 1.15: Statik elektrikle boyama metodu

Zımpara kağıdı üretiminde de statik elektrik kullanılmaktadır.

Halı ve kadife yapımında da statik elektrikten faydalanılmaktadır.

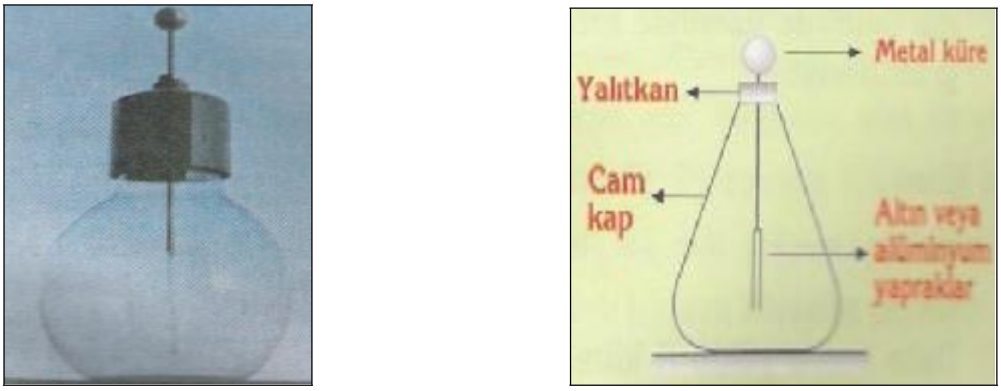


Resim 1.16: Zımpara kâğıdı yapımı

1.7.4. Statik Elektrik Yüklerinin Ölçülmesi

1.7.4.1. Elektroskop

Bir cisimde elektrik yükünün olup olmadığını ve elektrik yüklerinin cinslerini belirlemek için kullanılan alete **elektroskop** denir. Elektroskop, yüksüzken metal yapraklar kapalıdır.



Şekil 1.33: Yapraklı elektroskop resmi ve yapısı

UYGULAMA DENEYİ 5

Deneyin Amacı: Yüklü cisimlerin elektroskop üzerindeki etkisini incelemek.

Kullanılan Araç Gereçler

1. Elektrostatik takım
2. Elektroskop

İşlem Basamakları

1. Yüklü bir cismi nötr bir elektroskoba yaklaştırırsak topuz yaklaştırılan cismin yükünün zıttı ile yapraklar ise aynı yükle yüklenir (Şekil 1.34 a).

Yapraklar açılır.

Şekil 1.34: a

2. Yüklü bir cismi nötr bir elektroskoba dokundurursak topuz ve yaprak aynı yükle yüklenir (Şekil 1.34 b).

Yapraklar açılır.

Şekil 1.34: b

3. Yüklü bir cismi, zıt yüklü bir elektroskoba yaklaştırırsak, elektroskobun ve yüklü cismin yük miktarına bağlı olmak şartıyla (Şekil 1.34 c):

a) Yapraklar biraz kapanabilir (Elektroskop yükü çoksa).

b) Yapraklar tamamen kapanabilir (Yükler eşitse).

c) Yapraklar önce kapanıp sonra açılabilir (Cismin yükü çoksa).

Şekil 1.34: c

4. Yüklü bir cismi aynı yüklü bir elektroskoba yaklaştırırsak yapraklar biraz daha açılır. Eğer dokundurulursa (Şekil 34 d):

a) Yapraklar biraz açılır (Cismin yükü fazla ise).

b) Yaprakta değişme olmaz (Yükler eşit ise).

c) Yapraklar biraz kapanır (Elektroskobun yük fazla).

Şekil 1.34: d

Şekil 1.34: e

5. Yüklü bir cismi zıt yüklü bir elektroskoba dokundurursak, yük miktarlarına bağlı olmak şartıyla üç durum gözlenir (Şekil 34 e):

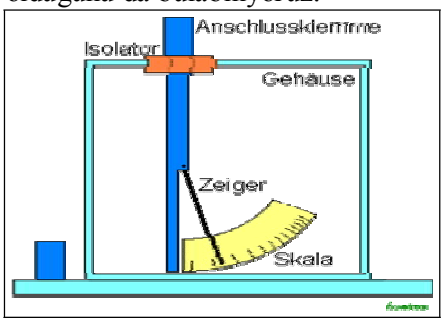
a) Yapraklar biraz kapanabilir (Elektroskobun Yükü fazla ise).

b) Yapraklar tamamen kapanabilir (Yükler eşitse).

c) Yapraklar önce kapanıp sonra zıt yüklenerek açılabilir (Cismin yükü fazla ise).

1.7.4.2. Elektrometre

Yapısı elektroskopa benzemekle birlikte farkı, metal çubuklarından birinin sabit, diğerinin bir gösterge üzerinde hareket ediyor olmasıdır. Bu aletle bir cisim üzerindeki elektrik yüklerinin ne kadar olduğunu da bulabiliyoruz.



Şekil 1.35: Elektrometre

1.7.4.3. Elektrostatik Voltmetre

Elektrostatik etkiden yararlanarak iki nokta arasındaki gerilimi ölçen alete **elektrostatik voltmetre** denir.

Gerilim ölçülecek noktalar A ve B uçlarına bağlanır. Sabit ve hareketli levhalar zıt elektrik yükü ile yüklenir ve hareketli levha sabit levhalar tarafından çekilir. Buna bağlı olan ibre göstergede değer gösterir.

Bu aletle iletkenlerde yüzey gerilimini, yalıtkanlarda yüzeydeki yük miktarını, elektrik alan şiddetini ölçer.

1.7.5. Statik Elektriğin Zarar Verebileceği Ortamlarda Alınacak Önlemler

Elektrostatik yüklere karşı bir önlem, yalıtkan giysi, terlik veya ayakkabılardan, birikime yol açacak kalın ipek veya yün halılardan özellikle duvardan duvara olanlardan kaçınmak gerekir.

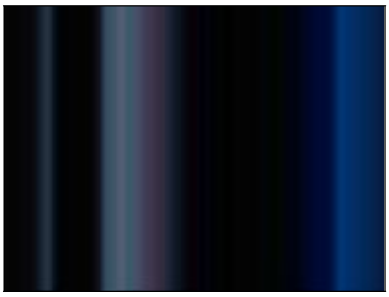
Statik elektriğin tahrip edici etkilerinden korunmak için; petrol tankerlerinde ve cephane yüklü araçlarda yere değen zincirler, yüksek yapılarda da toprak bağlantılı paratonerler kullanılır.

Patlayıcı madde bulunulan depoya çivili ayakkabılarla girilmez. İçeride çivisiz özel ayakkabı giyilir. Ayrıca depo görevlileri naylon, orlon, perlon gibi statik elektrik oluşturabilen giysileri kullanamaz.

(a) (b) (c)

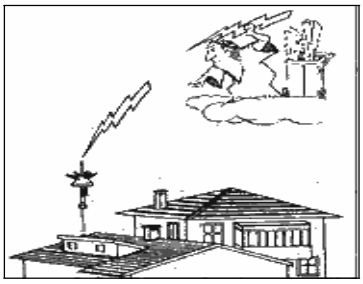
Resim 1.17: Yakalama çubuğu(a) resmi (b) Çatıya montajı (c) Çatı ile yer arasındaki genel görünüşü

Özellikle rutubetli havalarda ve boydan boya halı ile kaplı olan evlerde oluşan statik elektrik, halı üzerinde duran "metal müzik seti sehpası" tarafından alınmaktadır. Aynı şekilde insan teması ile elektronik aletlere statik elektrik aktarımı olmaktadır. Bu elektrik o derece kuvvetlidir ki, sabah saatlerinde üzerinde kimse dolaşmadan bakıldığında halı üzerinde ve metal müzik sehpalar üzerinde basit ölçüm araçlarıyla görünmektedir. Metal müzik sehpaları, statik elektriğe karşı basit bir kablo ile en yakın prizden topraklanmalıdır.

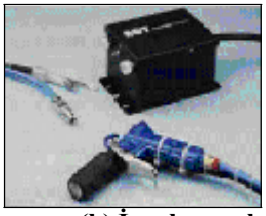


Resim 1.18: Metal müzik sehpasının prizden topraklanması

Statik elektriği önlemenin veya şiddetini azaltmanın yollarından biri, bulunulan ortamın nemlendirilmesidir. Çünkü nemli havada bulunan iyonlar statik yükün bir kısmını nötrler. Nem oranını %60'a çıkartmak, deşarj olasılığını azaltır. Fakat bu yöntem iyi bir çözüm değildir. Havadaki yüksek nem oranı, çalışanlar açısından rahatsız bir ortam oluşturduğu gibi yüzeylerde ıslaklığa ve donanımda daha hızlı paslanmaya yol açar. Ayrıca yüzeylerdeki ıslaklık, statik elektrik açısından iletkenlik sağlar.



Resim 1.19: a)Paratonersiz bina **b) Paratonerli bina**



Resim 1.20: (a) Bir üretim kayışı boyunca (b) İyonlaşmış hava püskürten tabanca (c)İyonize hava üfleyici

Elektronik malzemelerle çalışma yapılan tüm ortamlarda antistatik malzemeler kullanılarak, statik yüke karşı kesinlikle tedbir alınmalıdır. Antistatik malzemeler statik elektriğin oluşmasını ve elektronik devre elemanlarının zarar görmesini önleyebilen malzemelerdir.

1.7.5.1. Antistatik Malzemeler

Ortamda oluşan statik elektrikten canlıları ve kullandığımız malzemeleri korumak için antistatik malzemeler kullanılır.

- **Poşetler:** Metalik poşetler, sürtünmeden dolayı elektronik malzemenin üzerindeki statik elektriği önler, 3 katmanlıdır, dağıtkan yüzey, iletken yüzey, dağıtkan yüzey.

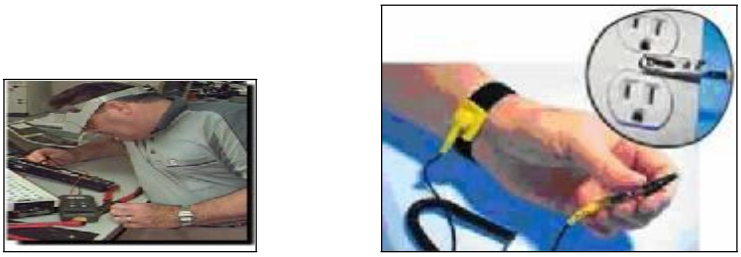
Resim 1.21: Antistatik poşetler

- **Ambalaj Köpükleri:** Pembe olan antistatik, siyah ise iletkendir.
- **Masa Örtüleri/Kaplamaları**

1 ila 2 Mohm'luk direnç teşkil ederler.
Üç katmanlıdır bunlar; dağıtkan, iletken ve dağıtkan.

- **Antistatik Bileklik Kordonu ve Kablosu:** Sarı renkli kablo, mavi renkli karbon yedirilmiş bileklik ve kordondan oluşmuştur. Kullanıcı personeli topraklamak sureti ile elektronik kartların zarar görmesini önler. 1-2 Mohm'luk direnç teşkil eder, test cihazlarıyla kullanmadan önce test edilmeleri gerekir.

Resim 1.22: Antistatik malzemeler (topraklama kol ve ayakkabı bileziği)



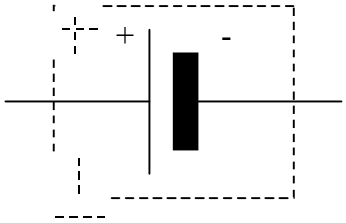
Resim 1.23: Başlık ve bilezikle vücuttaki statik elektriğin topraklanması

- **Antistatik Önlük ve Ayakkabılar:** Önlükler değişik boylarda, %89 naylon, %11 karbon alaşımlıdır. Karbon yedirilmiş kumaş elektriğin iletkenliğini sağlar. Dışarıdan ya da kıyafetlerin oluşturacağı statik yüklenmeyi önler. Tek katmanlı ve iletken olmaları gerekmektedir. Bileklikle de bağlanabilecek şekilde dizayn edilmiştir.
- **Antistastik Yer Kaplamaları:** Karbon yedirilmiş plastik alaşımlıdır. Taban, bakır baralarla örülmüş ve topraklanmıştır. Yapışkanı karbonludur, iletim sağlanmış aynı zamanda yürüme esnasında statik elektrik oluşturması önlenmiştir. Özel kimyasallarından başka bir şeyle silinmemelidir. Özellikle deterjan vb. malzemelerle silindiğinde üzerinde lak oluşacağı düşünülerek, kimyasal temizleyiciler yoksa yalnızca temiz nemli bez ile silinmelidir.
- **Antistatik Kimyasallar:** AFC-400 gibi PCB temizleme kimyasalları olup çeşitleri mevcuttur. Halı, vinylex gibi malzemelere tatbik edildiğinde çok ince antistatik katman oluşturur. Antistatik örtü, yer kaplaması gibi zeminlere

2. ELEKTRİK AKIMININ ÖNGÖRÜLMEYEN ETKİLERİNE KARŞI ÖNLEM ALMAK

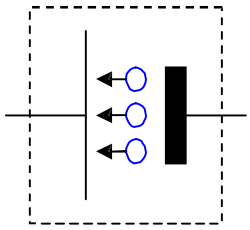
2.1. Elektrik Akımı

Elektrik akımı bir elektron akışıdır. Elektronların bol oldukları bir noktadan daha az oldukları bir noktaya doğru sürekli olarak akışları elektrik akımını meydana getirir. Bir elektrik akımının söz konusu olabilmesi için, bir noktadan sürekli olarak elektrik geriliminin gelmeye devam etmesi ve bu gerilimin ışık, ısı ya da hareket gibi başka bir enerji türüne dönüşmesi gerekir. Elektrik geriliminin sürekli olarak geldiği bu noktaya **gerilim kaynağı** denir (Şekil 2.1).



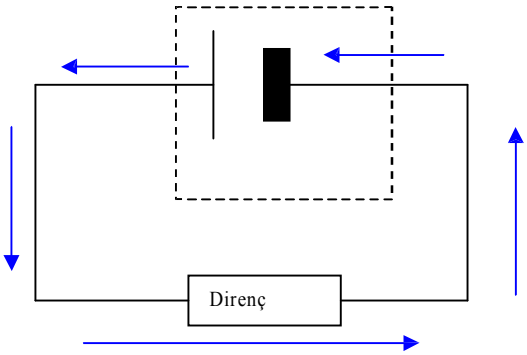
Şekil 2.1: Gerilim kaynağı

Elektronların bol sayıda bulundukları noktaya eksi (-) kutup, az oldukları noktaya artı (+) kutup adı verilir. Elektronlar gerilim kaynağının içerisinde eksi kutuptan artı kutuba doğru akarlar.



Şekil 2.2: Elektronlar (-) kutuptan (+) kutuba doğru hareket ederler

Bakır bir iletkenden elektrik akımı geçerken, elektronlar birbirleriyle itişip titreşmeye başlar. Her elektron yanındaki elektrona çarpar. Çarpılan elektron hız kazanır ve yanındakine çarparak hareketi ileriye ulaştırır. Yani, her elektron başka bir elektrona hız verecek kadar yol alır. Bu olay çok büyük bir hızla gerçekleşir. Elektrik akımı, yaklaşık olarak bir saniyede yeryüzü çevresinin yedi buçuk katı uzunluğunda bir yolu alabilir.



Şekil 2.3: Elektrik akımı (+) kutuptan (-) kutuba doğru akar

Elektrik akımının yönü, pozitif yüklü uçtan negatif yüklü uca doğrudur. Elektron hareketi ise negatif yükten pozitif yüke doğrudur.

2.1.1. Elektrik Akımının Katı, Sıvı ve Gazlardan Geçişi

2.1.1.1. Elektrik Akımının Katı Iletkenlerden Geçişi

Katı iletken olarak tanımladığımız maddeler metallerdir. Katı iletkenlerde elektrik akımını serbest elektronların belirli bir yöndeki hareketi oluşturur. Madde atomlardan meydana gelmiştir. Elektrik yüklü bir cisim veya gerilim kaynağı iletkene dokunduğunda elektronlar önlerine gelen atomların son yörüngelerine girer. Atomlar özelliklerine bağlı olarak son yörüngelerinde artan elektronları kabul etmez. Serbest hale getirir. Serbest kalan elektron pozitif özellik gösteren yöne hareket eder. Son yörüngeye yerleşen elektron sayısının hızı artarsa akım da o kadar artış gösterir.

2.1.1.2. Elektrik Akımının Sıvı İletkenlerden Geçişi

Asit, baz ve tuz eriyikleri iletken sıvılardır. Bu iletken sıvılara **elektrolit** adı verilir. Saf su yalıtkandır. Saf suyun içerisinde bir miktar sofra tuzu eritilirse, elde edilen eriyikte pozitif ve negatif yüklü iyonlar oluşur, böylece iletken bir sıvı elde edilmiş olur. İyonların bulunmadığı sıvılar elektrik akımını geçirmez.

2.1.1.3. Elektrik Akımının Gazlar İçerisinden Geçişi

İçine gaz doldurulmuş tüpün uçlarına pozitif ve negatif yükler bağlanırsa, tüp içinde nötr durumda bulunan gaz atomlarının yörüngelerine girerek serbest elektronlar meydana gelir. Aynı anda pozitif yük kendine en yakın noktada bulunan atomun eksi yüklü elektronunu çeker, noksanlaşan elektron negatif yük tarafından tamamlanır. Bu şekilde gaz içinden akım geçişi sağlar.

2.1.2. Elektrik Akımının Birimi ve Ölçülmesi

Bir elektrik devresinde bir saniyede akan elektrik yük miktarına elektrik akım şiddeti ya da elektrik akımı denir. Elektrik akımının birimi (A) Amper'dir. Bir iletkenin kesitinden bir saniyede $6{,}25.10^{18}$ elektron (1C) geçiyorsa bu akımın şiddeti 1 Amperdir.

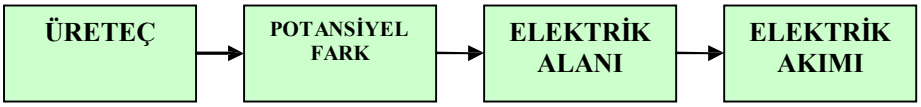
$\mathbf{I = Q / t}$ formülüyle bulunur.

I: Elektrik akım şiddeti (Amper)

Q: Elektrik yükü miktarı (Coulomb)

t: Elektrik yüklerinin geçtiği zaman (Saniye)

Elektrik akımı **I** harfiyle gösterilir ve bir elektrik devresinden geçen akım alıcıya seri bağlanan ampermetre ile ölçülür.



Şekil 2.4: Elektrik akımının oluşum şeması

ÖRNEK

Bir iletkenden 10 saniyede 50 C'lik elektrik yükü geçtiğine göre, iletken üzerinde oluşan elektrik akımının şiddetini bulunuz.

ÇÖZÜM

t = 10 sn

Q = 50 C

I = ?

I = Q / t = 50 / 10 = 5 A

2.1.3. Elektrik Akımının Ast ve Üst Katları

Bir iletkenden geçen elektrik yükü, elektrik akımını oluşturur. Akımın birimi amperdir.

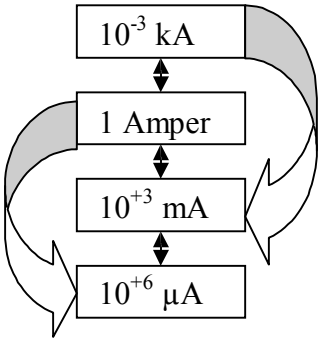
Akım biner biner artar, biner biner küçülür. Akımın üst katı kiloamper (kA), ast katı ise mili amper (mA) ve mikro amper (µA)'dir.

- **Ast Kattan Üst Kata Çevrilirken Bine Bölünür.**

1000 Amper(A) = 1 kilo amper (kA) dir. (1000/1000=1)

55 Amper(A) = 0,55 kilo amper (kA) dir. (55/1000=0,55)

0,28 Amper(A) = 0,00028 kilo amper (kA) dir. (0.28/1000=0,00028)



Ø **Üst Kattan Ast Kata Çevrilirken Bin İle Çarpılır**

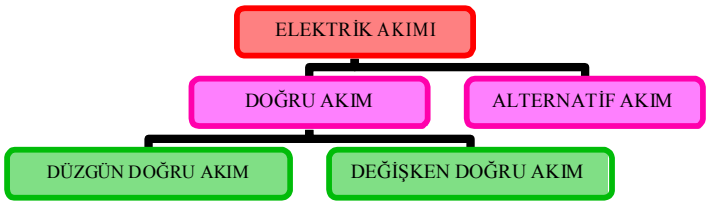
0,5 kilo amper (kA) = 500 amper (A) dir.(0,5*1000=500)

1 amper (A) = 1000 (mili amper) mA.(1*1000=1000)

1 amper (A) = 1000000(mikro amper) µA.(1*1000*1000=1000000)

2.2. Elektrik Akımı Çeşitlerinin Tanımı

Elektrik akımının yönü ve şiddeti, geçen zamanla birlikte değişime uğrar. Bu değişime göre elektrik akımını ikiye ayırmaktayız.



Şekil 2.5: Elektrik akımının çeşitleri

2.2.1. Doğru Akım

Zamana bağlı olarak yönü değişmeyen akıma **doğru akım** denir. DC veya DA harfleriyle gösterilir. Bir pil veya akü bir ampule bağlandığında geçen akımın şeklidir.

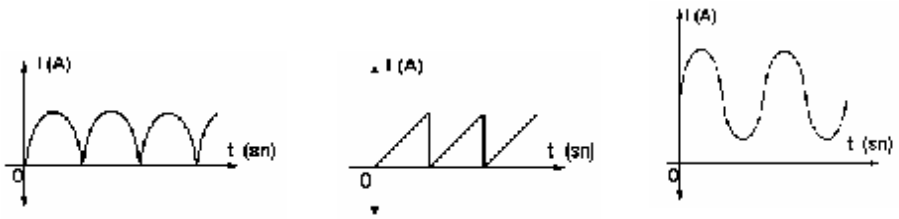
2.2.1.1. Düzgün Doğru Akım

Zamana bağlı olarak yönü ve şiddeti değişmeyen doğru akım çeşitidir. Bir pil veya akü bir ampule bağlandığında geçen akımın şeklidir.

Şekil 2.6: a) Düzgün doğru akım

2.2.1.2. Değişken Doğru Akım

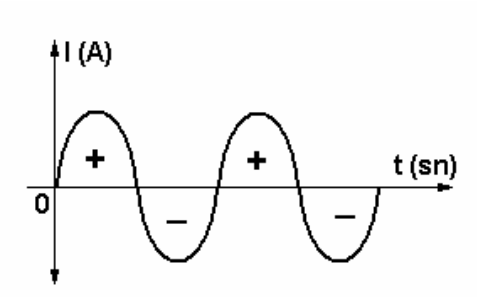
Zamana bağlı olarak yönü değişmeyen fakat şiddeti değişen doğru akım çeşitidir.



Şekil 2.6: b) Karışık akım şekilleri

2.2.2. Alternatif Akım

Zamana bağlı olarak yönü ve şiddeti değişen akımlara denir. AA veya AC harfleriyle gösterilir.



Şekil 2.7: Alternatif akım

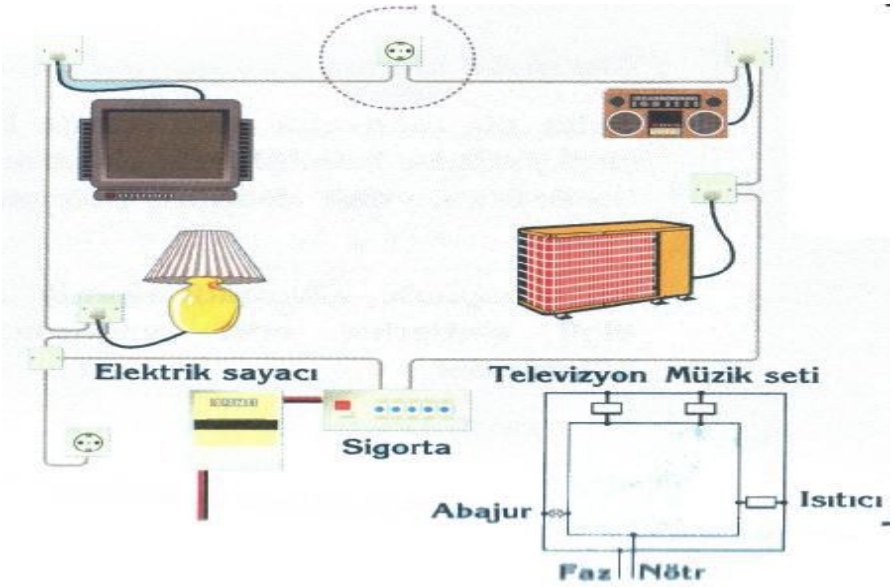
2.3. Elektrik Akımının Etkileri

2.3.1. Isı Etkisi

Isı etkisi, elektrik akımının kullanım alanlarında en çok karşılaşılan etkisidir. Elektron akışı sürtünme meydana getirdiği için akımın geçtiği her yerde belli bir ısı meydana gelir.

2.3.1.1. Akım Geçiren İletkenlerin Isınması

Elektrik akımı bir serbest elektron yük akışıdır. İletken bir maddeye elektrik gerilimi uygulanarak elektronların harekete geçmesi sağlanır. Bu hareket sonucu elektronlar sürtünme kuvveti ile karşılaşır. Nasıl ki iki avucunuzu birbirine sürttüğünüzde elleriniz ısınıyorsa, yüklerin sürtünmesi sonucunda da iletken madde ısınır ve etrafına sıcaklık verir.



Şekil 2.8: Evimizdeki elektrikli aletler

Yani gerilim kaynağının elektrik enerjisi kinetik enerjiye dönüşerek elektronları harekete geçirir, harekete geçen elektronlar sürtünme ve çarpma sonucunda iletkende bir ısı enerjisi oluşturmuş olur.

2.3.1.2. İletkenlerin Kabul Edilebilir Isınma Düzeyleri (Sınır Sıcaklığı)

Yalıtılmış bir iletken veya kablonun sıcaklığı, belli bir değerin üzerine çıkıp iletkenin yalıtkanını eriterek çeşitli hasarlara yol açmaması için her iletken maddenin içerisinden geçecek akımın belirlenmesi yapılmıştır. Her iletken maddenin özelliğine, kesitine ve kullanıldığı yere göre değişen bu değerleri iletken kataloglarından alabilirsiniz.

2.3.1.3. Joule Kanunu

İçinden akım geçen iletkende oluşan ısı miktarı; iletkenden geçen akımın karesi, iletkenin direnci ve akımın geçtiği zamanla doğru orantılıdır. Bu ifadeye joule kanunu denir.

$Q = 0{,}24.\ I^2.\ R.\ t$

$Q = 0{,}24.\ U\ .\ I\ .t$

formülü ile bulunur.

$1\ Cal = 10^{-3} kCal \qquad 1\ kCal = 10^{3}\ Cal$

Q : İletkendeki ısı miktarı (Cal)

U : Uygulanan gerilim (volt)

I : İletkenden geçen akım (amper)

R : İletkenin direnci (ohm)

t : İletken üzerinden akımın geçtiği zaman (saniye)

0,24 : Joule cinsinden çıkan sonucun calori cinsine çevrilebilmesi için katsayı değeri

ÖRNEK

Bir elektrikli fırın 220 V gerilimde 3 A akım çekmektedir. Bu fırın 1 saatte ne kadar ısı yayar?

ÇÖZÜM

U= 220 V

I= 3 A

t= 1 saat = 60 dakika = 3600 saniye

Q = ?

Q = 0,24 . U . I . t = 0,24 . 220 . 3 . 3600 = 570240 Cal. = 570,24 kCal

2.3.1.4. Isı Etkisinin Endüstride Kullanım Yerleri

Isı etkisi bazen yararlı, bazen zararlı olabilmektedir. Elektrik motorlarının, transformatörlerin ve tüm elektrikli aygıtların aşırı ve istenmeyen şekilde ısınmaları, malzemelerin bozulmasına ve kazaların oluşmasına sebep olmaktadır.

Evlerimizde elektrikli sobalar, ütüler, fırınlar, elektrikli battaniyeler, elektrikli şofbenler, fritözler elektriğin ısı etkisiyle çalışan malzemelerdir.

Elektrikli ısıtma cihazları, termik ölçü aletleri, elektrik lambaları, elektrikli ark kaynak makinaları, sigortalar, termikler gibi malzemeler endüstri alanında kullanılmaktadır.

Isı etkisiyle çalışan malzemeleri kullanırken şu hususlara dikkat etmek gerekir:

- Rezistanslı olan aygıtlar çalışırken hareket ettirilmemelidir.
- Fiş, priz ve ek bağlantılarının ark oluşturmaması için sağlam yapılması gerekir.
- Çalışma esnasında gövdeye kaçak yapmayacak şekilde yalıtılmış olması gerekir.
- Tamir ve bakımının kolay olması gerekir.
- Aşırı akıma karşı koruma tertibatının üzerinde olması gerekir.
- Aygıtların üzerinde bulunan fiş, anahtar, termostat ve iletken kabloların kısa sürede bozulup, yanmaması için ısıya, kopma, kırılma gibi etkilere karşı dayanıklı özellikte olması gerekir.

2.3.1.5. Elektrikli Isıtıcı Hesapları

Elektrik enerjisinden yararlı ısı elde etmek için, direnç değeri yüksek ve ısıya dayanıklı iletkenlere ihtiyaç vardır. Bu iletkenlere **rezistans** adı verilir. Elektrikli ısıtıcılarda rezistans olarak genellikle yassı veya yuvarlak kesitli krom-nikel tel kullanılır. Bakırın özdirenci 0,0178Ωmm^2 / m iken, krom-nikel telin özdirenci 1,1 Ω mm^2 / m 'dir. Rezistansa verilecek şekil kullanılacağı yere bağlıdır. Genel itibariyle soba, ocak ve ızgara gibi ısıtıcılarda spiral şeklinde sarılır.

Kullanılacak krom-nikel telin çapı ve uzunluğu cihazın gücüne ve çalışacağı gerilime bağlıdır.

2.3.2. Elektrik Akımı Işık Etkisi

Elektrik akımı ısıya dayanıklı ve direnci yüksek bir metal üzerinden, havasız bir ortamdan geçerse ışık meydana gelir. Elektrik akımın ışık etkisini ampul üzerinde görebiliriz.

Resim 2.1: Işık yayan bir ampul

Thomas Edison ampulü yaklaşık 120 yıl önce, ince bir ipliği vakumda akkor haline getirerek elektrikten ışık üretmeyi öğrenmişti. Günümüzde, milyarlarca insan bu dahiyane buluşla evlerini aydınlatıyor. Ampul (Akkorflamanlı) elektriğin yalnızca yüzde 5'ini ışığa çevirir.

Resim 2.2: Floresan lamba

Floresant ampul ise harcadığı güce göre akkorflamanlı ampullerin 10 katı ışık verir, daha uzun ömürlüdür.

Elektrik akımının ışık etkisiyle çeşitli aydınlatma elemanları üretilmektedir. Bunlara örnek olarak, neon, cıva buharlı, flamanlı ampul, projektör vb

Tıp alanında röntgen çekiminde kullanılmaktadır.

Sanayide, metallerin kesilmesinde ve uzaktan kumanda sistemlerinde kullanılmaktadır.

2.3.3. Elektrik Akımının Manyetik Etkisi

2.3.3.1. Manyetik Maddeler

Demir, nikel ve kobalt gibi kendileri mıknatıs olmadığı halde, herhangi bir manyetik alan içinde kaldıklarında çekme özelliği gösteren maddelere **manyetik ya da ferro**

manyetik maddeler denir.

2.3.3.2. Manyetik Olmayan Maddeler

Bakır, hava, alüminyum gibi manyetik alanın içerisinde oldukları zaman, çekme özelliği göstermeyen maddelere **manyetik olmayan maddeler** denir.

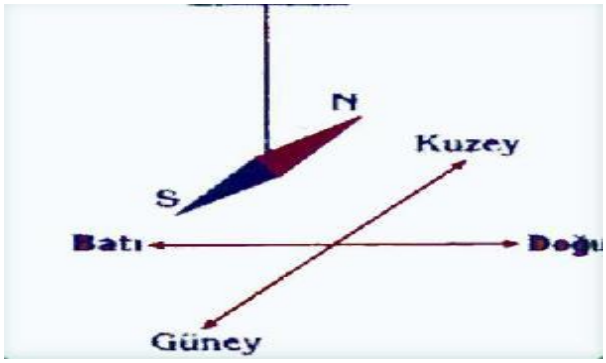
2.3.3.3. Mıknatıs Kutupları

Yakınında bulunan manyetik cisimleri kendisine doğru çekme özelliği gösteren cisimlere **mıknatıs** denir. Resim 2.3'te görüldüğü gibi bir çubuk mıknatıs üzerine demir tozları serpilirse, demir tozlarının daha çok uç kısımlarında toplandığı görülür. Mıknatıslık etkisinin en şiddetli görüldüğü bu uçlara **mıknatıs kutupları** denir.

Resim 2.3: Mıknatıs metal tozları çeker

Bir mıknatıs çubuk ortasından bir ip ile asılırsa çubuk kuzey-güney doğrultusunda yönelerek durur. Şekil.2.9'da görüldüğü gibi kuzeye yönelen uca **kuzey kutbu (N)**, güneye yönelen uca **güney kutbu (S)** denir. Bu kutuplar iki çekim hareketine sahiptir.

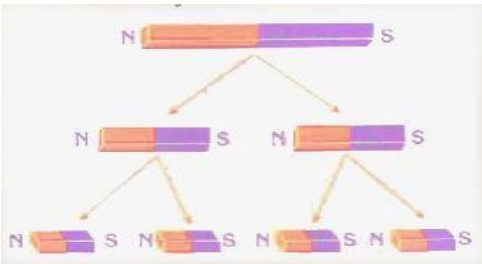
- Aynı kutuplar birbirini iter.
- Zıt kutuplar birbirini çeker.



Şekil 2.9: Mıknatıs uçlarının gösterdiği uçlar

Şekil 2.10: Mıknatısın kutuplarının oluşturduğu manyetik alan

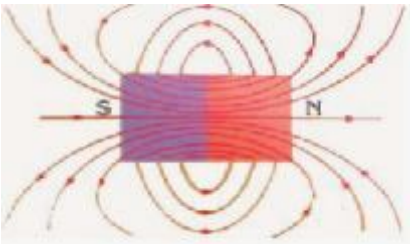
Bir mıknatıs ortadan ikiye bölündüğünde, iki tane mıknatıs elde edildiği görülür.



Şekil 2. 11: Mıknatıs bölündüğünde yeni bir mıknatıs oluşur

2.3.3.4. Manyetik Alan

Bir mıknatıs etrafında meydana gelen etkileşime manyetik alan denir. Mıknatısın çevresinde demir tozlarının üzerinde sıralandığı hayali çizgilere, mıknatısın o bölgede oluşturduğu **manyetik alan kuvvet çizgileri** denir. Şekil 2.12'de manyetik alan çizgileri görülmektedir.

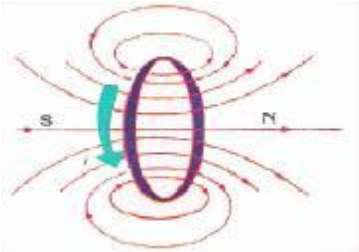


Şekil 2.12: Mıknatısın manyetik alan çizgileri

2.3.3.5. Manyetik Kuvvet Çizgilerinin Özellikleri

Manyetik kuvvet çizgilerinin sıklığı mıknatısın kutuplarına yaklaştıkça artar, kutuplardan uzaklaştıkça azalır. Bunu gerçekleşmesi uygulama kısmında görülecektir. Kısaca manyetik kuvvet çizgilerinin özellikleri şu şekilde sıralanır:

1. Manyetik kuvvet çizgilerinin yönü, mıknatısın kutupları arasında N' den S' ye doğru içerisinde ise S' den N' ye doğrudur.
2. Manyetik kuvvet çizgileri mıknatısın kutupları arasından ve içerisinden geçerek kapalı bir devre oluşturur.
3. Manyetik kuvvet çizgileri birbirlerini kesmezler, birbirlerine paraleldir.
4. Manyetik kuvvet çizgileri bütün malzemelerden geçerler ve birbirlerini iter.

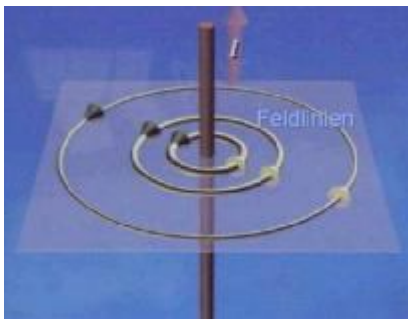


Şekil 2.13

2.3.3.6. İletken Etrafında Oluşan Manyetik Alan ve Bunun Zararlı Olduğu Ortamlar

Bir iletken telden akım geçtiğinde, telin çevresinde manyetik alan meydana gelir. Bir pusula, içinden akım geçen iletkene yaklaştırıldığında pusulanın ibresi yer değişimi yapar (pusula iğnesi mıknatıstır).

Ayrıca, iletkenin dikey durumda, etrafına demir tozları dökülürse dairesel dizildikleri ve mıknatıslandıkları görülür (Şekil: 2.14).



Şekil 2.14: İletkenden akım geçerse dairesel manyetik alan oluşur

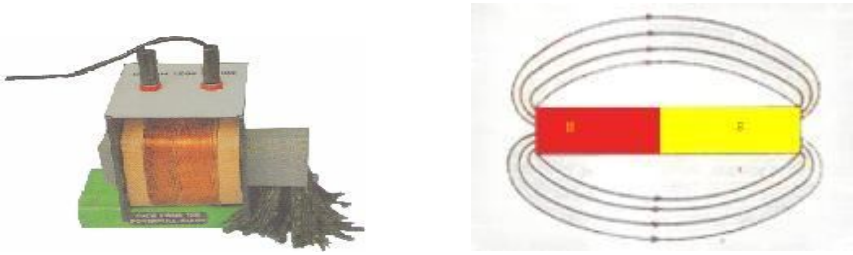
İletkende oluşan manyetik alan, elektronik cihazların verimsiz çalışmasına neden olur ve canlıların sağlıklarına olumsuz yönde etki eder. Buna örnek olarak radyo ile enerji nakil hattının altından geçince kısa süreli radyo yayınında bozulma ve cep telefonlarının elektronik cihazlara yakın tutulduğunda cihazlarda istenmeyen durumların oluşması gösterilebilir.

2.3.3.7. Elektromıknatıs ve Kullanım Alanları

Elektrik akımı geçen bir bobinin içine demir çubuk konulursa, çubuk mıknatıslık özelliği gösterir. Bu tür mıknatıslara **elektromıknatıs** denir (Şekil 2.20.a).

Herhangi bir uzay bölgesinde bir manyetik alanın varlığı, bu bölgeye yerleştirilmiş demir tozuna etkiyen kuvvetin varlığı ile belli olur. Böyle bir bölgede demir tozları, manyetik alan kuvvet çizgileri denen çizgiler boyunca sıralanır.

Resim 2.4: Manyetik alanın kullanım alanlarından bir tanesi



(a) **(b)**

Şekil 2.15: Elektromıknatıs uygulamaları

Elektriğin manyetik etkisinin endüstrideki kullanım alanlarının bazıları şunlardır:

- Elektrik motorlarının çalıştırılmasında,
- Transformatörlerde,
- Mıknatıslı taşlama tezgahlarında,
- Elektrikli vinçler yardımıyla ağır ve hurdalıktaki metallerin nakliyatında,
- Kontaktör ve rölelerin çalıştırılmasında,
- Hızlı trenlerde,

- Manyetik maddelerin ayıklanmasında,
- Kapı otomatiklerinde,
- Çanlı zillerde,
- Elektrikli trenlerin ve asansörlerin fren sistemlerinde kullanılır.

Elektrik akımının ısı ve manyetik etkisine tepki olarak yalıtkan malzeme kullanılır. Elektrik akımını taşıyacak iletkenlerin üzerindeki yalıtkan malzemenin seçiminde şunlara dikkat edilmelidir:

- Yalıtkan malzemenin cinsine ve kalınlığına
- Kullanılacak gerilimin büyüklüğüne ve etkisine
- Oluşan elektrik alanının şekline
- Çalışılan hava koşullarına

En çok kullanılan yalıtkanlar hava, kağıt, kauçuk, mika, cam, porselen ve plastiktir.

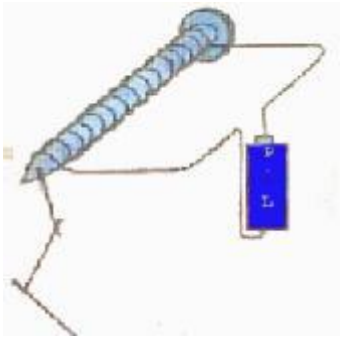
UYGULAMA DENEYİ

DENEYİN ADI: Basit Bir Elektromıknatıs Uygulaması:

- **Deneyin Yapılışı**

0.20-0.50 mm² kesitinde ve 100-150 cm uzunluğunda bir emaye bobin teli kesiniz. Bobin telinin iki ucundaki yalıtkan kısmı sıyırarak bakır teli ortaya çıkarınız. Bobin telini demir çivi üzerine sarınız. Bobin telinin çıplak uçlarını, pilin kutuplarına (3-9 volt) bağlayınız. Devreden akım geçince, düzenek bir çubuk mıknatıs gibi bir manyetik alan oluşturur.

Bu şekilde elde ettiğimiz elektromıknatısı, toplu iğnelere yaklaştırınız.



Şekil 2.16: Elektromıknatıs uygulaması

- **Deneyin Sonuçları**

Elektromıknatıslar ve çubuk mıknatısların oluşturduğu manyetik alan arasında bir fark yoktur. Her ikisi de toplu iğneyi çeker.

Sarım sayısına, iletkenin kesitine ve uygulanan gerilime göre çekilen toplu iğne sayısı değişme gösterir.

2.3.4. Elektrik Akımının Kimyasal Etkisi

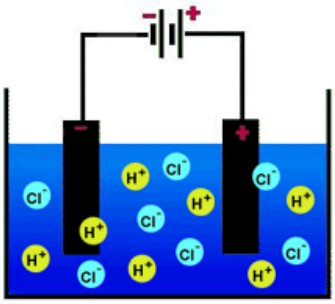
2.3.4.1. Elektroliz

Asit, baz ve tuz eriyiklerinden bir elektrik akımı geçirilirse, bu sıvılar hem ısınır hem de iyonlarına ayrılarak parçalanır. Bu şekilde meydana gelen kimyasal olayların tümüne

elektroliz denir.

- **Elektrolit:** Elektrik akımını geçiren ve elektroliz olayının olduğu sıvıya **elektrolit (Çözelti)** denir. Örnek sülfirik asit.

- **Elektrot:** Elektrolit içine batırılan ve elektrik akımının geçmesini sağlayan metallere **elektrot** denir. Üretecin artı kutbuna bağlı olanına **anot**, eksi kutbuna bağlı olanına **katot** denir.
- **Elektroliz Olayı:** Şekil 2.17'deki sistemde görüldüğü gibi saf suyun içine H2SO4, NaCl veya NaOH,…gibi suda iyonlarına ayrışan maddelerden herhangi biri katılırsa elektrot uçları bir gerilim kaynağı olur. Demek ki asit (H2SO4), tuz (NaCl) veya bazların (NaOH) sudaki eriyikleri elektrik akımını iletmektedir. Yani, fiziksel değişimin yanında, kimyasal değişimler de olmuştur. İşte bu olaya **elektroliz olayı** denir.



Şekil 2.17

- **Faraday Kanunu:** Elektroliz olayında, elektrodlarda açığa çıkan madde miktarı, Faraday kanunları ile bulunabilir.

1.Kanun

Bir elektroliz olayında, elektrotlarda açığa çıkan madde miktarı, elektroliz kabından geçen elektrik yükü miktarı ile doğru orantılıdır.

2.Kanun

Çeşitli elektrolitlerin her birinden aynı elektrik miktarı geçtiğinde, elektrotlarda toplanan madde miktarları bu maddelerin eşdeğer ağırlıklarıyla doğru orantılıdır.

- **Endüstrideki Kullanım Alanları:** Elektrolizin endüstride pek çok uygulama alanı mevcuttur. Bunlardan en önemlileri şunlardır;

  Saf Metal Üretiminde: Bu alan, gerek maddelerin elde edilmesini ve gerekse diğer yöntemlerle elde edilen karışımların arılaştırılmasını kapsar. Örneğin, uygulamada iletken olarak kullanılan elektrolitik bakır ve elektrolitik alüminyum elde edilmesi gibi…

  Maden Kaplamacılığında (Galvanoteknik): Kaplamacılıkta metallerin saflaştırılması, metallerin başka metallerle kaplanması işlemleri, elektrolizle yapılmaktadır. Yani, kaplama maddesi malzemenin yüzeyine kimyasal veya elektrokimyasal etki ile tutturulur. Örneğin, bakırın saflaştırılmasında ve birçok metal parçalarına paslanmaz bir nitelik kazandırmak için bu yöntem çok kullanılır.

Ayrıca, plastik kaplamacılığında, pillerin ve akülerin çalışmasında kullanılmaktadır.

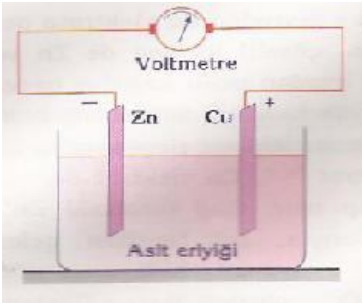
2.3.4.2. Piller

Pil, doğru akım veren bir üreteçtir. İçerisindeki kimyasal enerji elektrik enerjisine çevrilir. Piller, içerisindeki kimyasal olay bittiği zaman, elektrik enerjisi veremezler. Yani, pil boşalmıştır, atılması gerekir. Günümüzde tekrar şarj edilebilen piller yapılmıştır.

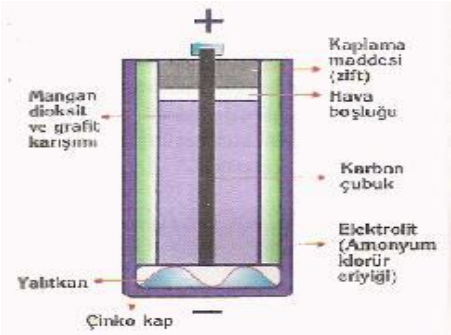
Piller kullanılmadan uzun süre bekletilecekse özel soğutulmuş ortamlarda saklanmalıdır. Uzun süre kullanılmayacak cihazların içerisinde piller bekletilmemelidir.

Resim 2.5: Değişik türde piller

- **Pillerin Çalışma İlkesi:** Bir iletkenin uçları arasında gerilim oluşturmak için pil, akümülatör, jeneratör, dinamo, fotosel ve termosel gibi araçlar kullanılabilir. Şimdi bir pilin nasıl çalıştığını görelim:



Şekil 2.19: (a)



Şekil 2.19: (b)

Sulandırılmış bir asit (Sülfat Asiti) eriyiğine bir çinko (Zn) çubuğu batıralım. Bu anda çinko erirken, çubuğun etrafını hidrojen gazı kuşatmaya başlar. Bu durumda batırılan çinko levha ile asit eriyiği arasında yaklaşık 1 voltluk bir potansiyel fark oluşur. Aynı şekilde bu defa bir çinko çubuk ile bir bakır çubuk asit eriyiğinin içine batırıldığında iki çubuk arasında bir potansiyel fark oluştuğu görülür. Sonuç olarak; kimyasal bir enerji harcanmasıyla, iki çubuk zıt yüklenebilmekte ve aralarında sabit bir potansiyel fark oluşabilmektedir.

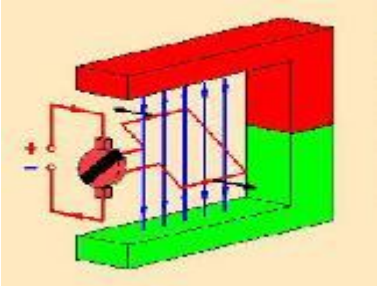
2.3.5. Fizyolojik Etkisi

Elektrik akımının insan ve diğer canlıları çarpması ve elektrikle yapılan bir takım tedaviler olarak açıklanabilir.

3.2. GERİLİM ÜRETME YÖNTEMLERİ

3.2.1. İndüksiyon (Manyetik Alan) Yolu

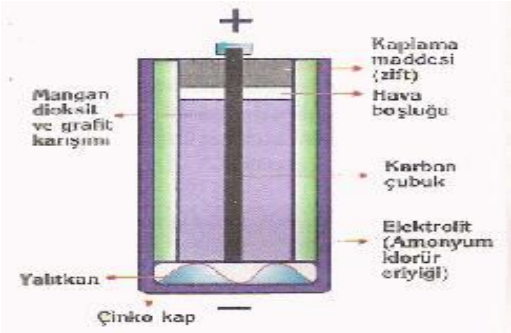
Manyetik ortamda bir iletken hareket ederse N'den S'ye doğru giden kuvvet çizgilerini keser. Bu durumda iletkenin atomları üzerindeki elektronlar manyetik ortamın dışına doğru itilir. Elektronların toplandığı uç negatif(-) özellik gösterir. İletken üzerinde elektronlarını kaybeden atomlar pozitif (+) özellik gösterir. Bu oluşan "+" ve "-" uçlara bir alıcı bağlanırsa elektronlar alıcı üzerinde devresini tamamlar. Şekil3.1'de bir bobin telinin manyetik alan içindeki durumu görülmektedir.



Şekil:3.1: Bir bobinde gerilimin oluşması

3.2.2. Kimyasal Etki Yolu

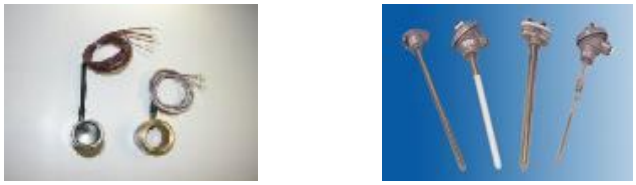
Akümülatör, pil gibi elemanların içindeki maddelerin kimyasal tepkimeleri yolu ile elektrik gerilimi elde edilir. Şekil.3.2'de bir pilin içindeki maddeler görülmektedir.



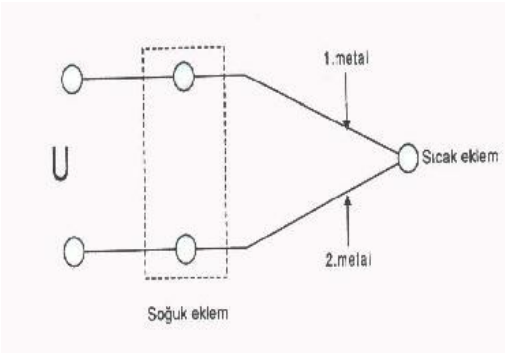
Şekil:3.2: Bir pilin içindeki maddeler görülmektedir

3.2.3. Isı Yolu

İki farklı metali birer ucundan birleştirilip bu birleşme noktasından ısıtıldığında, diğer iki ucunda bir gerilim oluşur. Bu yöntemle çalışan elemanlara termokupl denir. Bu oluşan gerilim milivolt seviyesindedir.



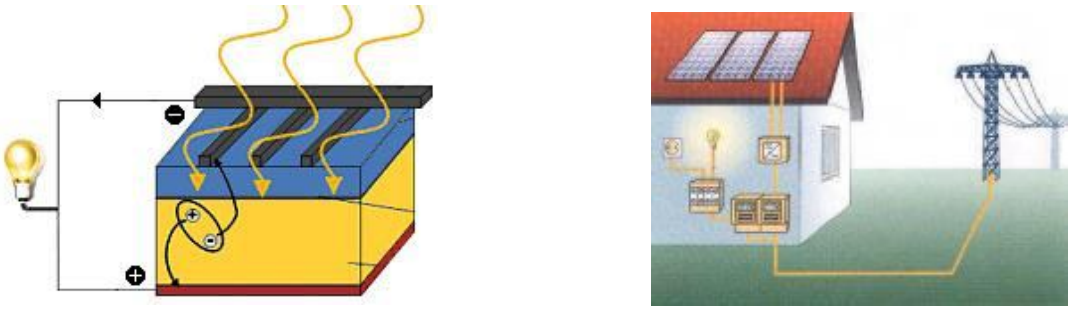
Resim 3.2: Termokupl çeşitleri



Şekil 3.3: Termokupl bağlantı şeması

3.2.4. Işık Yolu

Işık enerjisinin dağılım hızı çok yüksek olup saniyede 300000 kilometredir ve bu hız elektrik akımının hızına eşittir. Yaygın olmamakla beraber ışık enerjisi, fotovoltaik pil kullanılarak elektrik enerjisine dönüştürülmektedir. Elde edilen gerilim çok küçük seviyededir. Şekil 3.4'de bir voltaik pilin yapısı görülmektedir.



Şekil 3.4: Fotovoltaik pille elektrik elde etme ve bir evin hem fotovoltaik pillerle hem de normal şebekeden beslenmesi

3.3. Elektromotor Kuvvet ve Gerilim

Herhangi bir olay sonucunda iki nokta arasında meydana gelen potansiyel farkına Elektromotor Kuvvet denir. Genellikle EMK ile gösterilir. Elektromotor kuvvet, elektronları harekete geçiren kuvvettir.

Bir EMK kaynağı elektrik devresine bağlanırsa gerilim kaynağı adını alır. Gerilim EMK'e göre daha genel bir kavramdır. İçinden akım geçen bir direncin uçları arasında da bir potansiyel farkı doğar. Buradaki potansiyel fark EMK olarak anılmaz, gerilim olarak anılır.

Üretecin oluşturduğu potansiyel farkın bir kısmı, üretecin iç direncinden dolayı kendi üzerinden harcanarak eksilmesini sağlar. Üretecin ürettiği ile üzerinde harcanan kısmının arasındaki farka gerilim denilmektedir.

EMK= Üreteç üzerinde harcanan kısım + GERİLİM

EMK > GERİLİM

Hassas hesaplamaların gerekmediği yerlerde üretecin üzerinde oluşan kaybın yok sayılması söylenir. Bu durumda **EMK= GERİLİM** olur.

Bunu kendi vücudunuzun çalışma mekanizmasıyla da kıyaslayabilirsiniz. Besinlerden aldığınız tüm enerjiyi, iş yapımında kullanmazsınız, vücut kendi varlığının devamı için bir miktar enerjiyi sizin müdahaleniz olmadan kendisine harcar.

3.3.1. Gerilimin Birimi ve Ölçülmesi

Gerilim (E), (U) ya da (V) harfiyle gösterilir. Gerilimin birimi volt'tur. (V) harfi ile gösterilir. Gerilim devreye paralel bağlanan voltmetre ile ölçülür.