

**T.C.
MİLLÎ EĞİTİM BAKANLIĞI**

ELEKTRİK-ELEKTRONİK TEKNOLOJİSİ

ELEKTRİĞİN TEMEL ESASLARI 522EE0010

Ankara, 2011

- Bu modül, mesleki ve teknik eğitim okul/kurumlarında uygulanan Çerçeve Öğretim Programlarında yer alan yeterlikleri kazandırmaya yönelik olarak öğrencilere rehberlik etmek amacıyla hazırlanmış bireysel öğrenme materyalidir.
- Millî Eğitim Bakanlığınca ücretsiz olarak verilmiştir.
- PARA İLE SATILMAZ.

İÇİNDEKİLER

AÇIKLAMALAR	iii
GİRİŞ	1
ÖĞRENME FAALİYETİ-1	3
1.ELEKTRİK ENERJİSİ VE TEMEL BİRİMLERİ.....	4
1.1.Elektrik Enerjisi Üretiminde Kullanılan Kaynaklar.....	4
1.1.1.Termik Kaynaklar.....	7
1.1.2.Hidrolik Kaynaklar.....	8
1.1.3.Nükleer Kaynaklar.....	9
1.1.4.Diğer Kaynaklar	9
1.2.Atomun Yapısı ve Elektron Teorisi	14
1.2.1.Atomun Yapısı.....	14
1.2.2.Serbest (valans) Elektronlar.....	16
1.2.3.Atom Yapısına Göre İletken ve Yalıtkan Tanımı	16
1.3.Elektrik Yüğü.....	21
1.3.1.Elektrik Yüğü ve Birimi	22
1.3.2.Coulomb (Kulon) Kanunu	23
1.3.3.Elektriklenme Yöntemleri	26
1.4.Elektrik Alanı.....	31
1.4.1.Elektrik Kuvvet Çizgileri.....	31
1.4.2.Elektrik Alanı ve Alan Şiddeti.....	32
1.5.Elektrik Potansiyeli	34
1.5.1.Potansiyel ve Gerilim	34
1.5.2.Şimşek ve Yıldırım.....	39
1.6.Statik (Durgun) Elektrik ve Elektrostatik'in Kullanım Alanları	40
1.6.1.Statik Elektrik ve Oluşumu.....	40
1.6.2.Statik Elektrik'in Zararları	41
1.6.3.Statik Elektrik'in Faydaları ve Kullanım Alanları	41
1.6.4.Statik Elektrik Yüklerinin Ölçülmesi	45
1.6.5.Statik Elektrik'in Zarar Verebileceği Ortamlarda Alınacak Önlemler	51
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME.....	58
ÖĞRENME FAALİYETİ-2	61
2.ELEKTRİK AKIMI, ÇEŞİTLERİ VE ETKİLERİ	62
2.1.Elektrik Akımı.....	65
2.1.1.Tanımı.....	65
2.1.2.Elektrik Akımının Metal, Sıvı ve Gazlardan Geçişİ	66
2.1.3.Elektrik Akımının Birimi.....	70
2.1.4. Ast ve Üst katları ve Çevrimleri	72
2.2.Elektrik Akımı Çeşitlerinin Tanımı	74
2.2.1.Doğru akım (DA, DC).....	74
2.2.2.Alternatif akım (AA, AC).....	76
2.3.Elektrik Akımının Etkileri	77
2.3.1. Isı Etkisi.....	78
2.3.2.Işık Etkisi.....	84
2.3.3.Manyetik etkisi	85
2.3.4.Kimyasal Etkisi.....	93

2.3.5.Fizyolojik (bedensel) Etkisi	104
UYGULAMA FAALİYETİ.....	106
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME	109
ÖĞRENME FAALİYETİ-3	113
3.AKIM YOĞUNLUĞU	114
3.1.Tanımı ve Birimi	114
3.2.Kesit ve Akım Yoğunluğuna Göre İletkenden Geçen Akım Miktarının Hesaplanması.....	115
UYGULAMA FAALİYETİ.....	118
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME	120
4.ELEKTROMOTOR KUVVET (EMK) VE GERİLİM	121
4.1.Gerilim Üretme Yöntemleri	121
4.1.1.İndüksiyon (manyetik alan) Yoluyla	121
4.1.2.Kimyasal Etki Yoluyla	123
4.1.3.İsı Yoluyla	126
4.1.4.Işık yoluyla	129
4.1.5.Sürtünme Yoluyla.....	131
4.1.6.Kristal Deformasyon Yoluyla.....	131
4.2.Elektromotor Kuvvet (Emk)	132
4.2.1.Emk'in Elde Edilmesi.....	132
4.2.2.Emk ve Gerilim Tanımı ve Arasındaki Fark	132
4.2.3.Emk ve Gerilimin Birimi	134
4.2.4.Ast, Üst Katları ve Çevrimleri	134
UYGULAMA FAALİYETİ.....	135
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME	138
CEVAP ANAHTARLARI	140
KAYNAKÇA	143

AÇIKLAMALAR

KOD	522EE0010
ALAN	Elektrik Elektronik Teknolojisi
DAL/MESLEK	Alan Ortak
MODÜLÜN ADI	Elektriğin Temel Esasları
MODÜLÜN TANIMI	Elektrik enerjisi, elektrik enerjisinin elde edilişi, temel prensipleri, etkileri, kullanıldığı alanlar ile ilgili bilgilerin verildiği ve elektriğin diğer enerji çeşitleri ile karşılaştırıldığı öğrenme materyalidir.
SÜRE	40/32
ÖN KOŞUL	Ön koşul yoktur.
YETERLİK	Elektrik akımı ve elektriğin elde edilmesi ile ilgili temel esasları uygulamak
MODÜLÜN AMACI	Genel Amaç Gerekli ortam sağlandığında elektrik akımı elde edebilecek, elektrikle ilgili temel esasları doğru bir şekilde uygulayabileceksiniz. Amaçlar 1. Statik elektrik oluşumunu, etkilerini ve yararlarını kavrayarak endüstride kullanım alanlarını öğrenecek, statik elektrikten kaynaklanan zararlara yönelik önlemleri alabileceksiniz. 2. Elektrik akımının etkilerini kavrayarak istenmeyen etkilerin oluşmaması veya en aza indirgenmesi için gerekli önlemleri alabileceksiniz. 3. Geçen akım miktarına uygun iletken kesitini hesaplayarak uygun iletken seçimi yapabileceksiniz. 4. Çeşitli yöntemlerle gerilim üreterek üretilen gerilimler ile yük uçlarındaki gerilimler arasındaki farkları tespit edebileceksiniz.
EĞİTİM ÖĞRETİM ORTAMLARI VE DONANIMLARI	Ortam: Sınıf, fizik laboratuvarı, kimya laboratuvarı, elektrik laboratuvarı, üniversite kütüphaneleri, bilgi teknoloji ortamları, internet Donanım: Elektromıknatıs, bobin, elektrolitik pil, elektrot (+/-), elektrolit, lamba, anahtar, kask, makara, rezistans, iletken, mikrometre, avometre, tepegöz, VCD
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME	Modül içinde yer alan her öğrenme faaliyetinden sonra verilen ölçme araçları ile kendinizi değerlendireceksiniz. Öğretmen modül sonunda ölçme aracı (çoktan seçmeli test, doğru-yanlış testi, boşluk doldurma, eşleştirme vb.) kullanarak modül uygulamaları ile kazandığınız bilgi ve becerileri ölçerek sizi değerlendirecektir.

GİRİŞ

Sevgili Öğrenci,

Hayatınızı çepeçevre kuşatan elektriğin temel esasları hakkındaki bilgi ve becerilerinizi geliştirmek ve yeni bilgi ve beceriler kazanmak için bir adım daha atmak üzeresiniz.

Bildiğiniz gibi cep telefonunuzdan bindiğiniz arabaya, yemeğinizin pişirildiği fırından odanızı aydınlatan lambaya kadar hemen her cihazda, makinede elektrik bir şekilde kullanılmaktadır.

Bu nedenle elektrik mesleğini seçmeyenlerin bile temel düzeyde elektrik bilgisi edinmesinin faydalarını göz ardı etmek mümkün değildir.

Zaman ilerledikçe kafanızdaki elektrik imajının daha netleştiğini göreceksiniz, kullandığınız elektrikli aygıtların nasıl çalıştığına dair an azından bir fikir sahibi olacaksınız. Kendinizi bazen basit arızaları tamir ederken bulacak ve elektrikle uğraşmanın ne kadar zevkli ve eğlenceli bir iş olduğunu fark edeceksiniz.

Daha önce edindiğiniz fizik, kimya ve matematik bilgilerinin bir kısmını bu derste kullanacak ve geçmişte yaptığınız birikimlerin nasıl işe yaradığını göreceksiniz, bu alanda yeni şeyler öğrenmek için çabalayacaksınız.

Dersin anlatımında sık sık tekrarlarla karşılaşacaksınız. Bunun nedeni, tekrar yönteminin pekiştirmenin en iyi yollarından biri olmasıdır. Bazılarımızda okuduğumuz bir metinde karşılaştığımız ve bize tanıdık gelen ama tam olarak hatırlayamadığımız kavram ve konulara tekrar bakma alışkanlığı biraz zayıf olabilmektedir. Şayet daha önceden bildiğiniz ve sizi sıkı tutan tekrarlarla karşılaşırsanız bir sonraki konuya geçebilirsiniz. Ancak unutmayın ki tekrardan zarar gelmez ve her tekrarda yeni şeyler öğrenmeniz mümkün olabilir.

ÖĞRENME FAALİYETİ-1

AMAÇ

Elektriğin tanımını yapabilecek, elektrik enerjisinin nasıl ve nerelerden elde edildiğini öğrenecek, elektrik akımının iletimini atomik düzeyde açıklayabileceksiniz. Statik elektrik elde edebilecek, etkilerini uygulamalı olarak göreceksiniz ve zararlı etkilerine karşı gerekli önlemleri alabileceksiniz.

ARAŞTIRMA

- Günlük hayatta kullandığınız elektrikli aygıtların sayısını bulmaya çalışınız.
- Ulaştığınız en yaşlı insanlarla görüşerek elektriksiz zamanlarda nasıl yaşadıklarını öğrenmeye çalışınız.
- Bir hafta sonu hiçbir elektrikli aygıt kullanmamaya çalışınız ve buna ne kadar dayanabildiğinizi ölçmek için saat tutunuz.
- Enerjinin tanımını internetten araştırarak size anlamlı gelen birkaç tanımı arkadaşlarınızla paylaşınız.
- İş, güç ve enerji arasındaki ilişkiyi araştırarak edindiğiniz bilgileri arkadaşlarınızla paylaşınız.
- Elektrik enerjisinin, atomun yapısıyla ilişkisini fizik öğretmeninize sorarak anlattıklarını anlamaya çalışınız.
- Elektrik enerjisinin fayda ve zararlarını arkadaşlarınızla tartışınız.
- İnternetten elektrik santrali videolarını izleyerek elektrik enerjisinin nasıl üretildiğini anlamaya çalışınız.
- Elektrik enerjisi iletiminde trafoların (transformatör) ne için kullanıldığını araştırınız.
- Statik elektriğin ne olduğunu ve nasıl elde edildiğini araştırınız.

1.ELEKTRİK ENERJİSİ VE TEMEL BİRİMLERİ

Yürümek, koşmak, arabayı hareket ettirmek, asansörle çıkmak ya da inmek... Bildiğiniz gibi hepsi için mutlaka ama mutlaka bir enerji gerekmektedir. Kısaca söylemek gerekirse enerjisiz hiçbir şey yapılamaz.

Hayatımızı sürdürebilmemiz için genellikle bir enerji türünü başka bir enerji türüne dönüştürmek zorunda kalırız. Örneğin, gece odamızı aydınlatmak için elektrik enerjisini lamba yardımıyla ışık enerjisine dönüştürürüz. Yürümek istediğimizde vücudumuz, kimyasal enerjisini kaslarımız vasıtasıyla hareket enerjisine dönüştürür ve yürürüz. Yani hayatımızı sürdürebilmek için sık sık farklı enerji türlerini başkalarına dönüştürür ve yaşamımızı bu şekilde sürdürürüz.

Elektrik enerjisi ise söz konusu enerji çeşitlerinden sadece bir tanesidir. Elektrik enerjisi hemen bütün enerjilerden elde edilebildiği gibi nerdeyse bütün enerji çeşitlerine dönüştürülebilme özelliğine sahiptir.

Elektrik enerjisi, birçok kaynaktan elde edilebilir. Şimdi ele alacağımız kaynaklar şebeke enerjisi sağlayan kaynaklardır.

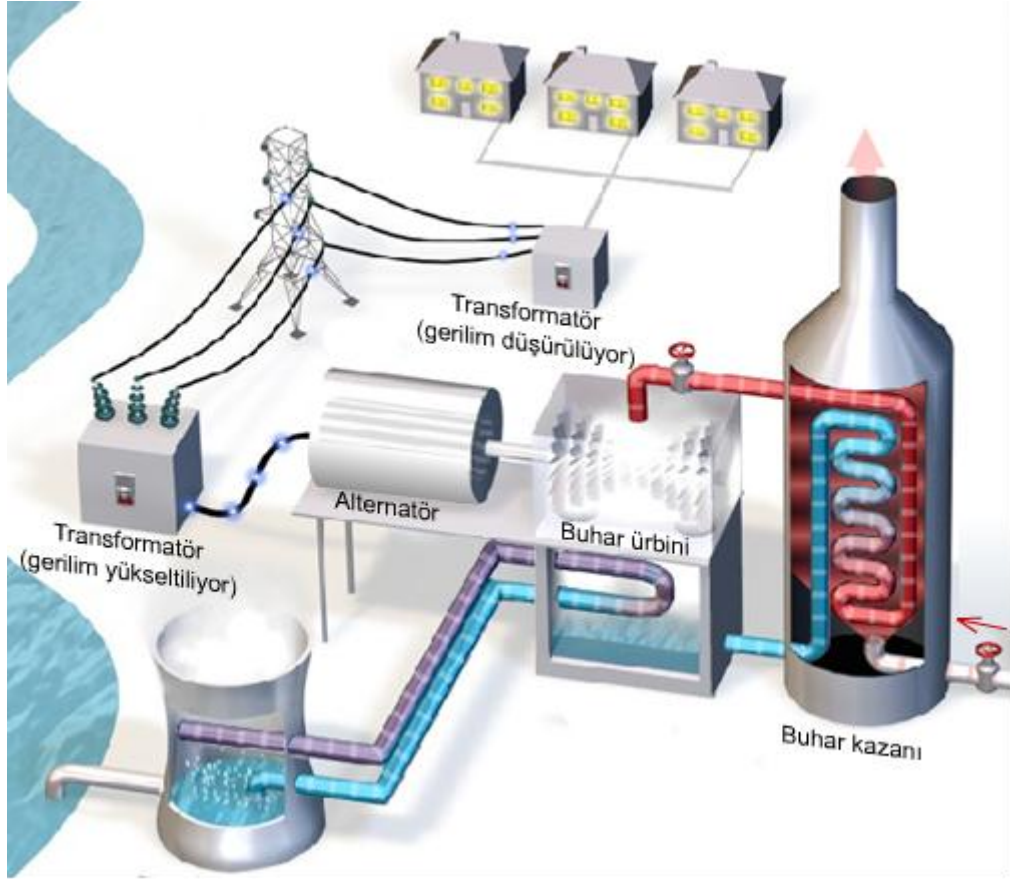
1.1.Elektrik Enerjisi Üretiminde Kullanılan Kaynaklar

Evlerimizde, iş yerlerimizde kullandığımız elektrik enerjisi elektrik santrallerinde üretilir. Elektrik enerjisi dediğimizde akla ilk gelen kavramlar, gerilim ve akım kavramlarıdır. Santrallerde üretilen elektrik gerilimi, enerji kayıplarını azaltmak için transformatörler (trafolar) yardımıyla yükseltilir, ardından dağıtım merkezlerinde evlerin ve iş yerlerinin kullandığı değerlere düşürülür (Şekil 1).

Santrallerde kullanılan en temel makineler bir kuvvetle (su, buhar, rüzgâr vd.) döndürülen türbinler ve onların döndürdüğü alternatörlerdir.

Alternatörler, temel olarak stator ve rotor denen parçalardan oluşur. Alternatörün rotorundaki sargılardan elektrik akımı geçirilerek bir manyetik alan (bir elektromıknatıs olduğu gibi) elde edilir. Rotor, bir türbin vasıtası ile döndürüldüğünde, rotorun manyetik etkisi altındaki stator sargılarından elektrik enerjisi elde edilir. Resim 1’de bir alternatörün stator ve rotoru görülmektedir. Küçük güçlü alternatörlerde stator elektromıknatıs olarak çalışır ve elektrik gerilimi rotor sargılarından elde edilir.

Bir alternatörün çalışmasını anlamak bakımından manyetizma ile elektrik enerjisi elde etmeyi anlamak faydalı olabilir. Bu amaçla kullanılan iki yöntem mevcuttur. Elektrik enerjisi, çoğunlukla bir manyetik alanın etkisindeki iletken hareket ettirilerek elde edilir. Manyetik alanın hareketi ile de elektrik enerjisi (gerilimi) elde edilmektedir.

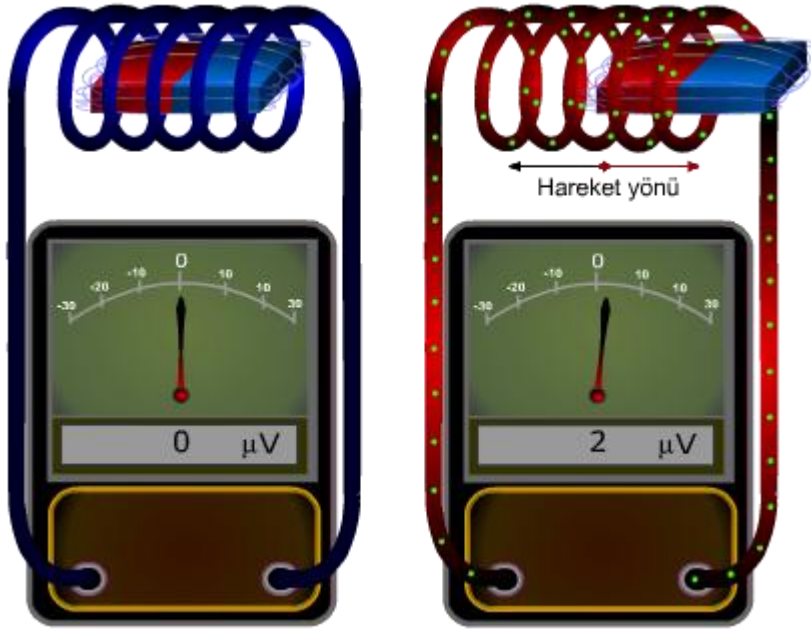


Şekil 1: Bir elektrik santrali modeli



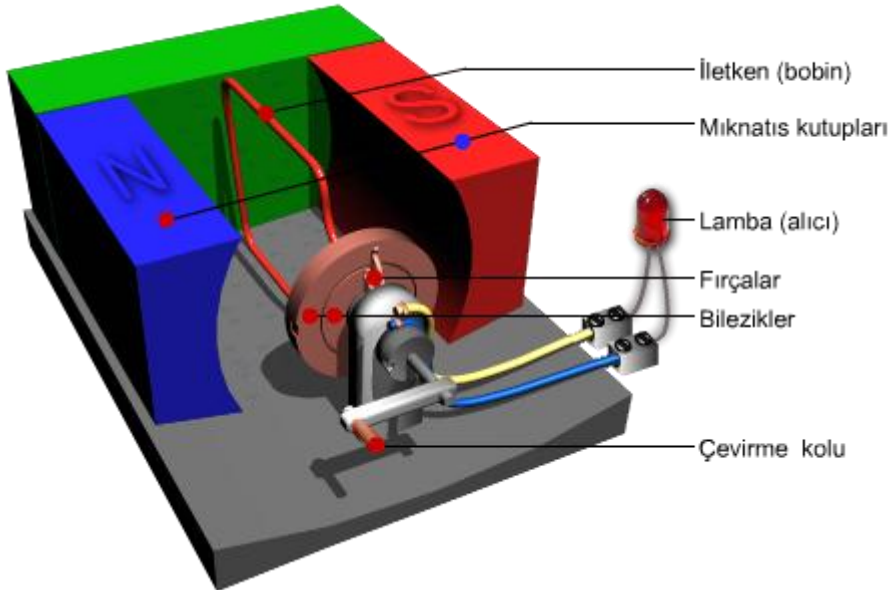
Resim 1: Bir alternatörün statoru ve rotoru

Şekil 2'deki birinci şekilde görüldüğü gibi hem mıknatıs (manyetik alan) hem de iletken sabittir. Bu durumda telden akım geçmez. Mıknatıs hareket ettirildiğinde iletken çok küçük de olsa bir akımın geçtiği gözlenir.



Şekil 2: Manyetizma ile elektrik enerjisi elde etme

Bir alternatörün çalışma prensibi aslında oldukça basittir. Bir iletken mıknatıs kutupları arasında hareket ettirildiğinde iletkende bir elektrik enerjisi oluşur. Bu hareket alternatörlerde dairesel (dönme şeklinde) bir harekettir.



Şekil 3: Alternatör modeli

Şekil 3'te kol çevrildiğinde bobin yerine kullanılan iletken (bobin) dönecektir. Mıknatısın manyetik etkisi ile iletkende gerilim oluşacaktır. Bu gerilim devreden bir akım dolaştıracak ve lamba yanacaktır.

Kömür, petrol ve ürünleri, doğal gaz gibi fosil kaynaklı yakıtların yakılarak tanklarda ısıtılan su, yüksek basınçlı buhar haline getirilir. Elde edilen yüksek basınçlı buhar, borularla taşınarak buhar türbininin döndürülmesi sağlanır (

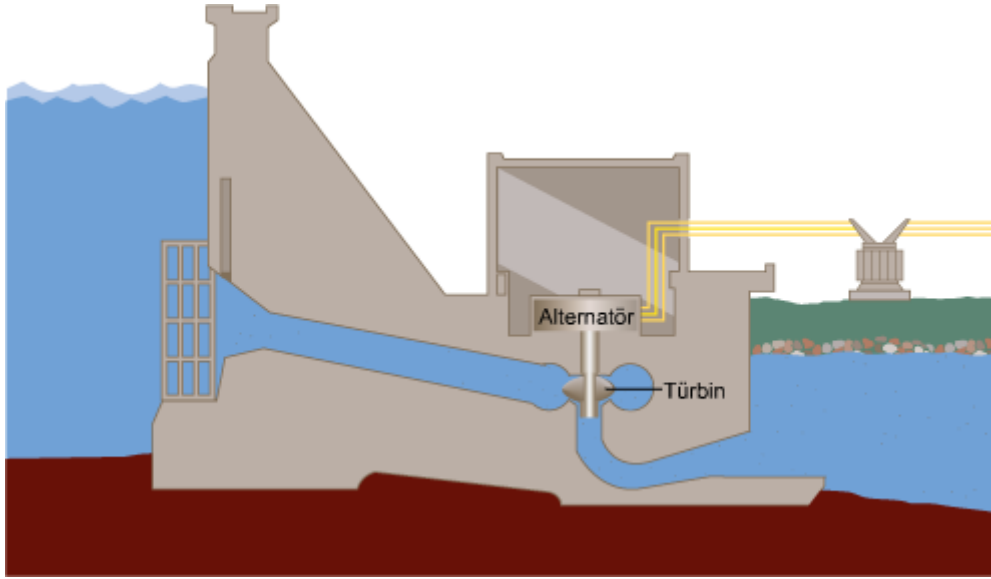
Şekil 4).

Termik santrallerin ilk kurulum masrafları, en çok kullanılan hidrolik santrallere göre daha azdır, ancak yakıt masrafları nedeniyle zaman ilerledikçe pahalı olmaya başlarlar. Ayrıca kullanılan yakıtlar nedeniyle çevreye zarar verirler. Alınan önlemler sonucu bu zararlar nispeten asgari seviyede tutulabilir.

Yakıta endeksli santral olmaları nedeniyle üretilecek enerji miktarının kontrol edilebilir olması, bu santrallerin en önemli avantajıdır. Buna karşın uzun vadede kullandıkları yakıtların tükenme riski söz konusudur. Ayrıca devreye sokulmaları zaman alır ve masraflıdır.

1.1.2.Hidrolik Kaynaklar

Hidroelektrik santrallerin gerisinde suyun depolandığı barajlar mevcuttur. Barajlarda tutulan su, borular yardımıyla türbine ulaştırılır ve yüksek bir basınçla türbine vuran su kütlesi türbini döndürür (Şekil 5**Hata! Başvuru kaynağı bulunamadı.**). Türbin dönerken türbine bağlı alternatör mili de döneceğinden alternatör elektrik enerjisi üretir.



Şekil 5: Hidrolik santral modeli

Hidroelektrik santraller uygun yerlere kurulmaları şartıyla kurulumdan sonra çevreye çoğunlukla zarar vermez. Kurulum masrafları bakımından termik santrallere göre daha pahalıdır. Bakım masrafları bakımından termik santrallere göre çok daha avantajlıdır, çünkü bakıma daha az ihtiyaç gösterirler. Bu nedenle uzun vadede daha ucuz enerji temin ederler.

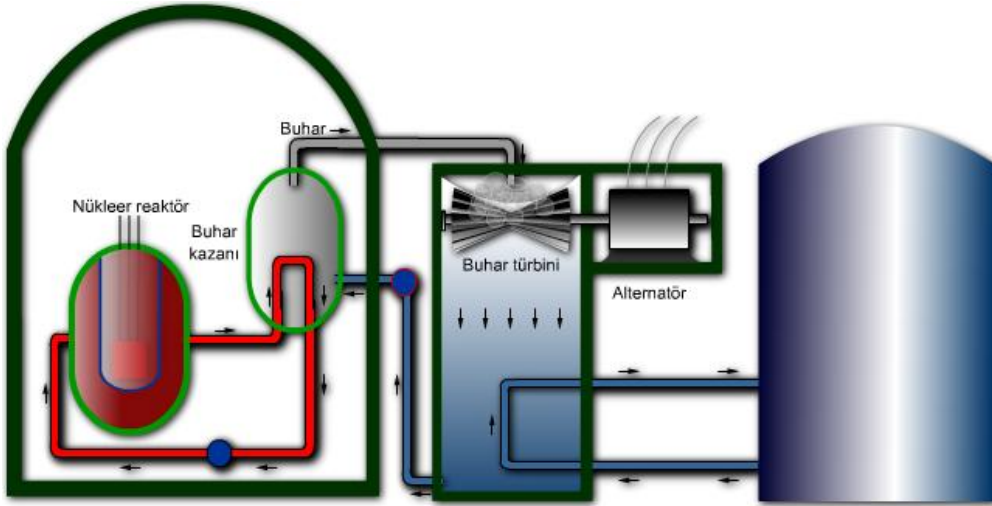
Hidroelektrik santrallerin, termik santrallere göre en önemli avantajı çok hızlı bir şekilde devreye sokulabilmeleridir. Ayrıca barajda biriken su başka amaçlarla da kullanılabilir. En önemli dezavantajı, barajda biriken su miktarının (iklim nedeniyle) kontrol edilememesidir.

1.1.3.Nükleer Kaynaklar

Nükleer kaynaklar, uranyum, plütonyum gibi elementlerin tepkimeye sokularak ısı üretilmesi prensibine göre çalışırlar. Elde edilen ısı, termik santrallerdeki gibi suyun ısıtılması ve yüksek basınçlı buhar elde edilmesinde kullanılır. Elde edilen bu buhar, buhar türbinin dolayısıyla da alternatörün döndürülmesinde kullanılır. Alternatör mili dönünce de elektrik enerjisi elde edilir (Şekil 6).

Nükleer santraller ilerleyen zamanlarda radyoaktif atıkların muhafazası da dikkate alındığında hem güvenlik hem de verimlilik bakımından diğer santrallerden daha avantajlı değildir. Nükleer santraller çok iyi planlanmazlarsa radyoaktif sızıntılar gerçekleşebilir ve bu sızıntıların ulaştığı bölgelerde canlılar üzerinde çeşitli hastalıklara, kalıcı hasarlara neden olabilir.

Nükleer santrallerin olumsuz özelliklerine rağmen yapılmak istenmesinin en önemli nedeni, ilerleyen zamanlarda bazı yakıtların tükenme riskidir. Bu nedenle nükleer santraller daha çok geleceğe dönük bir yatırım olarak değerlendirilebilir.



Şekil 6: Nükleer santral modeli

1.1.4.Diğer Kaynaklar

Yukarıda anlatılan kaynaklar hem eskiden beri kullanılan hem de enerji miktarı bakımından yüksek enerji potansiyeline sahip kaynaklardır. Bu kaynakların dışında farklı alternatif enerji kaynakları da mevcuttur.

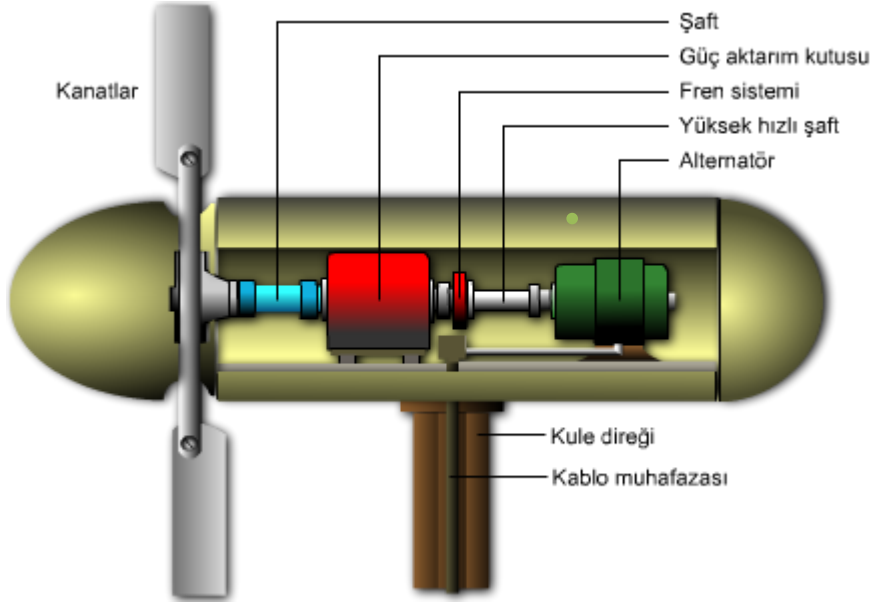
1.1.4.1.Rüzgâr Enerjisi

Rüzgâr ile elektrik enerjisi elde edilen sistemlere rüzgârgülü de denmektedir. Bu sistemle elde edilen enerji miktarı sınırlı olmasına karşın çok sayıda rüzgârgülü kullanılarak yüksek miktarlarda enerji temini mümkün olabilmektedir (Resim 2). Rüzgâr enerjisi sistemleri uygun yerlere kurulması kaydıyla temiz enerji temin ederler. Verimleri ise %25-30 civarındadır.



Resim 2: Rüzgârgülleri

Şekil 7’de rüzgârgülüne ait bir model görülmektedir. Rüzgâr kanatları ve kanatlar da şaftı döndürür ve güç aktarım kutusunda dönüş hızı artırılarak ikinci şafta aktarılır. Yüksek hızlı bu şaft, alternatörün rotorunu döndürerek alternatör statorunda elektrik enerjisi elde edilmesini sağlar. Şayet rüzgâr çok şiddetli ise fren sistemi devreye girer ve alternatörün sabit bir hızda dönmesi sağlanır.



Şekil 7: Rüzgâr gülü modeli

1.1.4.2. Güneş Enerjisi

Güneş enerjisinden elektrik enerjisi elde etmek için yaygın olarak kullanılan iki yöntem mevcuttur.

1. Güneş ışığını belli merkezlerde odaklayıp bazı sıvıların buhara dönüştürülerek bir alternatörün döndürülmesi yoluyla
2. Bazı yarı iletkenler (foto piller) vasıtasıyla



Resim 3: Güneş panelleri

Foto pil teknolojisi henüz güneş ışınlarını odaklama sistemleri kadar verimli hale getirilememiştir. Yüksek güçlü enerji üretiminde yaygın kullanılsa da yarı iletken teknolojisinin gelişimine paralel olarak geleceği de parlak görülmektedir.

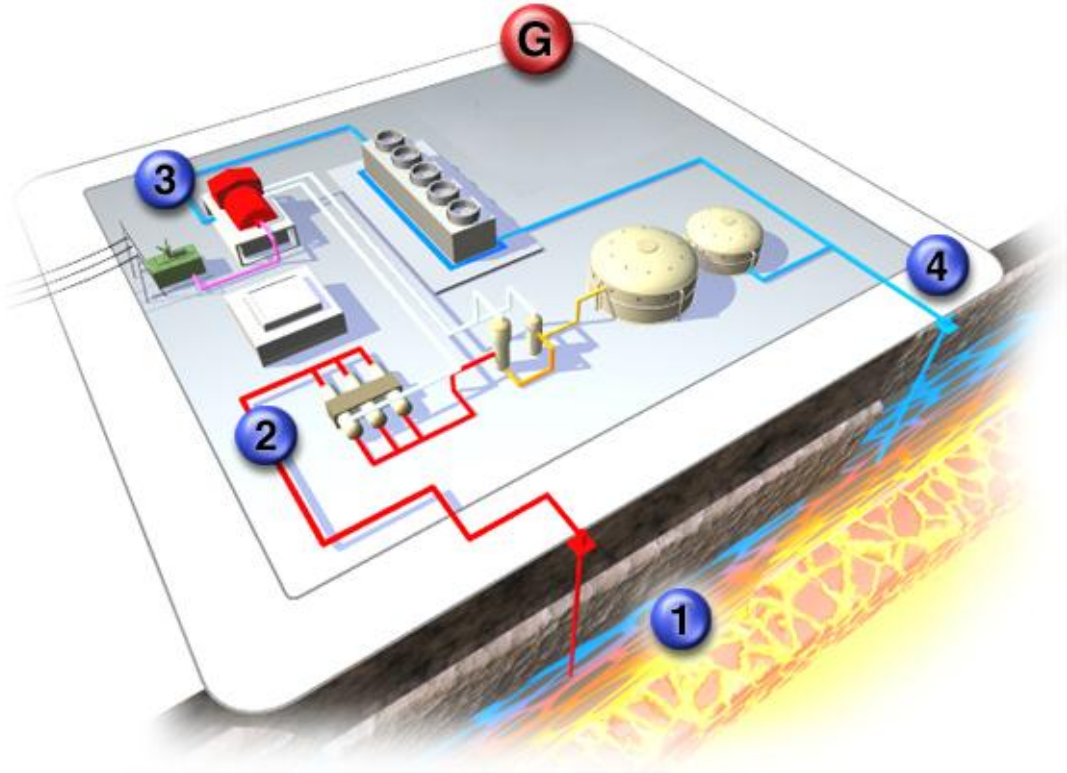
Güneş panelleri hücre olarak da adlandırılan çok sayıdaki foto pilin seri-paralel bağlanması ile elde edilir ve nispeten yüksek güçlü sistemlerin oluşturulmasında kullanılırlar (Resim 3).

Güneş panelleri ile elde edilen enerjinin tüketim enerjisi olarak kullanılması ya da şehir şebekesine verilebilmesi için dönüştürücüler ile şebekeye uygun hale getirilmesi gerekmektedir.

Güneş enerjisi ile elde edilen elektrik enerjisi, nispeten pahalı olsa da temiz enerji temini ve sistemin bakımının kolay ve masraflarının oldukça düşük olması nedeniyle bir birçok durumda tercih sebebi olmaktadır.

1.1.4.3. Jeotermal Enerji

Yer kürenin derinliklerindeki magma ya da bazı kayalarda gerçekleşen radyoaktif tepkimeler sonucu sıcaklıklar oluşur. Jeotermal enerjinin elektrik enerjisine dönüştürülebilmesi için derinlerdeki bu sıcaklığın borularla taşınan su ile yüzeye çıkarılması gerekmektedir.



Şekil 8: Jeotermal santral modeli

Bazı kaynaklarda sıcak su kendiliğinden yüzeye çıkarken diğer bazı kaynaklarda sıcak katmana gönderilen suyun ısındıktan sonra yüzeye alınması şeklinde gerçekleşir.

Sondaj çalışmalarının zorluğu, su taşıyan boruların kimyasal etkilerle sık sık aşınması gibi etkenler bu santrallerin olumsuz özellikleridir.

Yer altından alınan sıcak su, buhar kazanında buhar haline getirilerek buhar türbininin dönmesi sağlanır. Türbin alternatörü döndürerek jeotermal enerjinin elektrik enerjisine dönüştürülmesi gerçekleşmiş olur (Şekil 8).

1.1.4.4. Gel git

Bilindiği gibi ayın konumuna bağlı olarak denizlerde yükselme ve alçalma gözlemlenir. Bu olaya bağlı olarak deniz suyunun değişik zamanlardaki seviye farkından kaynaklanan potansiyel enerjiye gel git enerjisi denir.

Gel git enerjisinin elektrik enerjisine dönüştürülebilmesi için Şekil 9'daki gibi su tutan bir baraja, iki yönde dönebilen özel türbinlere ve bu türbinlerle döndürülen alternatörlere ihtiyaç duyulur.

Gel git enerjisinden faydalanırken baraj hem dolarken ve hem de boşalırken elektrik enerjisi elde edilebilse de türbinler verimlilik açısından genellikle barajın boşalması esnasında devreye sokulur.



Şekil 9: Gelgit barajı doluyor



Şekil 10: Gel git barajı boşalırken türbin dönüyor

Deniz suyu yükselmeye başlayınca baraj kapağı açılır ve baraj dolmaya başlar (Şekil 9). Deniz suyu alçalmaya başlayınca baraj kapağı kapatılır. Deniz suyu seviyesi belli bir seviyeye indikten sonra türbinin olduğu yerdeki kapak açılarak su bırakılmaya başlanır. Barajdan su çıkarken türbinleri, türbinler de alternatörleri döndürerek suyun kinetik enerjisini elektrik enerjisine dönüştürürler (Şekil 10).

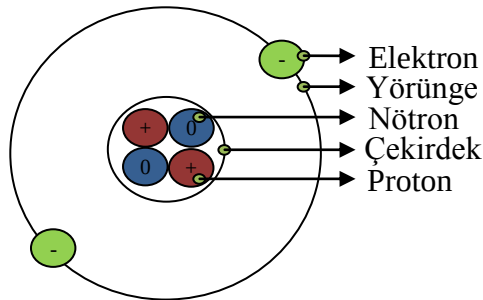
Bu sistemin verimi hidroelektrik sistemlere yakındır. Ancak kurulum için uygun koylar gerektirdiğinden kullanımı kolay ve yaygın değildir.

1.2.Atomun Yapısı ve Elektron Teorisi

Atom, onlarca küçük parçacıktan oluşsa da maddenin en temel yapı birimi olarak kabul edilmektedir. Elektrik enerjisinin elde edilmesi, iletimi (taşınması) ve kullanılmasını anlamak için atomun yapısına ilişkin temel düzeyde bir bilgiye sahip olmak gerekmektedir.

1.2.1.Atomun Yapısı

Bir atom temelde iki kısım ve üç parçacıktan oluşur. Atomun merkezinde yer alan parçacıklar protonlar ve nötronlardır.



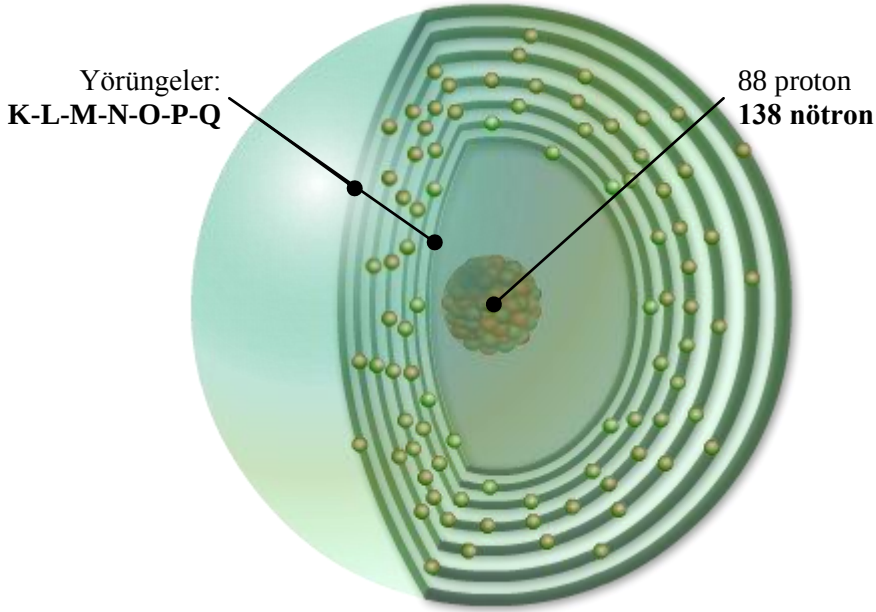
Şekil 11: Helyum (He) atom modeli

Protonlar ve nötronlar bir arada bulunurlar ve atomun çekirdeğini oluştururlar. Elektronlar ise yörüngelerde bulunurlar (Şekil 11).

Şekilde görüldüğü gibi çekirdek parçacıklarından protonun elektriksel yükü pozitif (+) iken nötronun elektriksel yükü sıfır (0) yani yüksüzdür. Yörüngede dairesel olarak hareket eden elektronun yükü ise negatiftir.

Normal koşullarda bir atom yüksüzdür. Bir atomda normalde proton sayısı kadar nötron ve aynı sayıda elektron vardır. Bazı atomların proton ve nötron sayıları farklı olabilir. Proton sayıları aynı nötron sayıları farklı bu atomlara izotop atom denir.

Bir veya daha çok elektron kazanmış ya da yitirmiş bir atomdan (veya bir atom grubundan) oluşmuş elektrik yüklü parçacığa iyon denir. Pozitif (+) elektrik yüklü iyonlara katyon, negatif (–) elektrik yüklü iyonlara ise anyon denir.



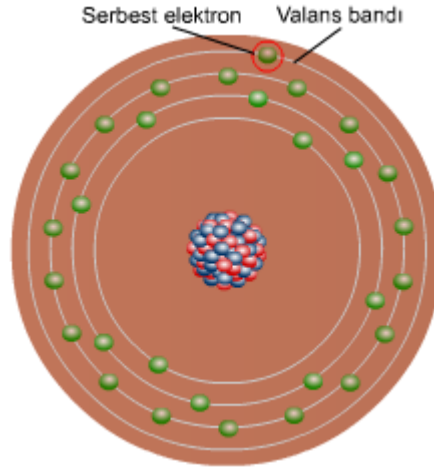
Şekil 12: Radon (Rn) atom modeli

Bir atom en az bir ve en fazla yedi (7) yörüngeden (K-L-M-N-O-P-Q) oluşur (Şekil 12).

Güncel bilgilerimize göre yüzün (100) üzerinde element vardır. Bir element aynı cins atomlardan oluşur. Madde, elementlerden oluştuğuna göre farklı atom yapıları söz konusudur. Atomların birbirlerinden farkları parçacık sayıları ve parçacık dizilimlerinden kaynaklanmaktadır. Örneğin, Şekil 11 ve Şekil 12'deki modeller, Helyum ve Radon atomlarını temsil ederken Şekil 12 Hata! Başvuru kaynağı bulunamadı.'deki model iyi bir letken olan bakır elementinin atomunu temsil etmektedir.

1.2.2.Serbest (valans) Elektronlar

Bir atomun son yörüngesine valans bandı denir. Valans bandında bulunan elektronlara serbest elektron, valans ya da değerlik elektronu denir (Şekil 13).



Şekil 13: Bakır (Cu) atomu modeli

Bir atomun valans bandındaki elektronlar (serbest elektronlar) atomun diğer elektronlarına göre daha fazla enerjiye sahiptirler. Bu nedenle bazı elementlerin atomlarındaki bu elektronlar, düşük seviyeli enerjilerin etkisinde kaldıklarında (enerji aldıklarında) çekirdeğin çekim kuvvetini aşacak enerjiye sahip olurlar ve kendi atomundan kopabilirler. Kazandıkları enerjiyi kaybettiklerinde ise ya geri dönerler ya da başka bir atomun son yörüngesine geçebilirler.

Elektrik akımının iletimi serbest elektronların bu özellikleri sayesinde gerçekleşir.

1.2.3.Atom Yapısına Göre İletken ve Yalıtkan Tanımı

İletkenlik ve yalıtkanlık kavramları elektrik enerjisini kayıpsız taşıma ya da ondan korunma anlamında hayati öneme sahiptirler.

İletken terimi kısaca elektrik enerjisini (akımını) ileten, geçiren, taşıyan anlamında kullanılır. Yalıtkan ise iletkenin tam tersi anlamda yani akım geçirmeyen anlamında kullanılmaktadır.

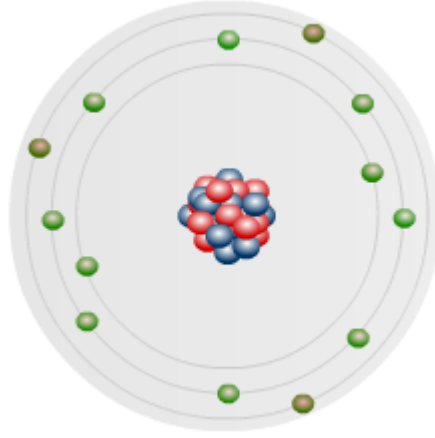
İletkenlik, katı maddeler ile sıvı ve gazlar açısından farklılık arz etmektedir. Katı maddelerde iletkenliğin temel etkeni serbest elektronlar iken, sıvı ve gazlarda temel etmen iyonlardır. Aslında gazlardaki iletim, gazların iyonlaşması sonucu atomlardan kopan serbest elektronlarla gerçekleşmektedir.

İletken:

Atomlarının son yörüngelerinde üç ya da daha az elektron bulunduran atomlardan oluşan maddelere iletken denir.

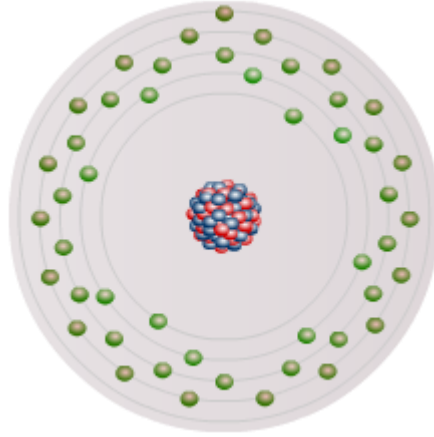
Örneğin, Şekil 14’te atom modeli verilen alüminyum bir iletkenidir.

Metallerin bazıları ve sıvı haldeki cıvanın iletkenliği valans (son yörünge) elektronları sayesinde gerçekleşir. Bu nedenle bu maddeler için doğal iletken tabiri kullanılabilir. Sıvı ve gazlarda iletkenliğin sağlanması için bazı koşulların yerine getirilmesi gerekmektedir. Bu konuda merakınızı giderecek bilgileri, 66.sayfadaki **2.1.2.Elektrik Akımının Metal, Sıvı ve Gazlardan Geçiş**i başlığı altında bulabilirsiniz.



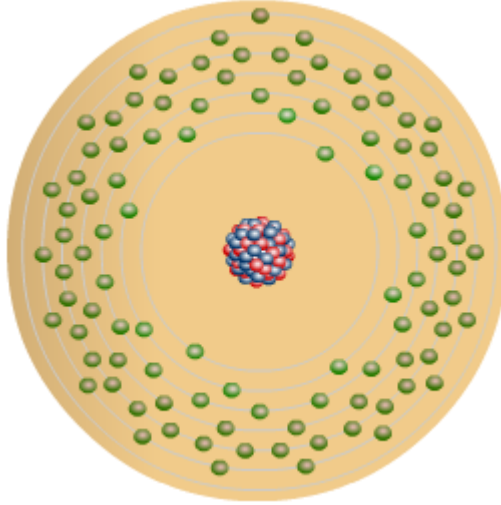
Şekil 14: Alüminyum (Al) atom modeli

Atomlarının dış yörüngelerinde bir elektron bulunduran maddeler iki ya da üç elektron bulunduran maddelere göre daha iyi iletkenlerdir. Aynı şekilde atomlarının dış yörüngelerinde iki elektron bulunduran maddeler üç elektron bulunduran maddelere göre daha iyi iletkenlerdir. Buna göre Şekil 13’te atom modeli verilen bakır, Şekil 16’da atom modeli verilen altın ve Şekil 15’te atom modeli verilen gümüş, Şekil 14’te atom modeli verilen alüminyumdan daha iyi iletkenlerdir.



Şekil 15: Gümüş (Ag) atom modeli

Bakır, Altın ve Gümüş atomlarının son yörüngelerinde aynı sayıda (bir) elektron bulunmasına rağmen bu elementlerin iletkenlik düzeyleri aynı değildir. Bu üç elementten en iyi iletken olan gümüştür ve sonra sırası ile bakır ve altın gelir. Bunun nedeni, söz konusu elementlerin atomlarında bulunan son yörünge elektronlarının enerji seviyeleridir.



Şekil 16:Altın (Au) atom modeli

Atomlarındaki serbest elektronlarla akım taşıyan iletkenlere örnek olarak bakır, alüminyum, kurşun, platin, krom, altın, gümüş, demir, nikel gibi metaller verilebilir.

Not: Altın; gümüş ve bakıra göre iletkenlik bakımından daha iyi değildir, ancak fiziksel özellikleri bakımından onlardan üstündür. Örneğin altın, fiziksel kuvvetlere ve paslanmaya karşı daha dayanıklıdır. Bu nedenle hassas devrelerde, paslanma nedeniyle temas direncinin artmasının istenmediği durumlarda, arklar nedeniyle kontakların aşınmasının istenmediği yerlerde malzeme üzerine kaplanarak kullanılmaktadır.

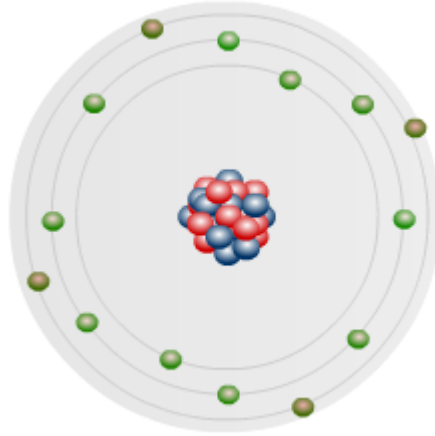
Gümüş ise fiziksel etkenlerin fazla olmadığı ama iletkenliğin ön planda olduğu devrelerde (yerlerde) kullanılır.

Bakır ise hem iyi bir iletken hem de diğerlerinden daha ucuz olduğu için en çok kullanılan iletkenidir. Anlaşılacağı üzere bir iletkenin seçiminde performans-maliyet oranı, dış etkilere karşı dayanıklılık temel kriterlerdir.

Yarı iletkenler:

Atomlarının son yörüngelerinde dört (4) elektron bulunduran atomlardan oluşan maddelere yarı iletken denir.

Şekil 17’de en çok kullanılan yarı iletken maddelerden olan silisyumun atom modeli görülmektedir. Eğer silisyum atomlarından oluşan bir maddeye son yörüngesinde üç elektron bulunan bir madde eklenirse iki maddenin atomları arasında bir kovalent bağ oluşur. Ancak bağ yapısında bir elektron eksikliği meydana gelir. Uygun bir gerilimle edilen yeni madde iletken gibi davranır. Aynı şekilde silisyum maddeye son yörüngesinde 5 elektron bulunduran bir madde eklendiğinde ise oluşan kovalent bağ sonucu bir elektron fazlalığı ortaya çıkar. Bu fazla elektron, uygun bir gerilimle metal iletkenlerdeki gibi serbest elektron gibi davranır. Bu da uygun voltajlarda yarı iletken malzemenin iletken olmasına neden olur.



Şekil 17: Silisyum (Si) atom modeli

Yarı iletken malzemelerin ana maddelerinden biri de germanyumdur. Katkı maddeleri ise arsenik, galyum gibi elementlerdir. Yarı iletken maddeler, yarı iletken devre elemanlarının yapımında kullanılır. Bu elemanlardan en bilineni led’dir (Resim 4).



Resim 4:Farklı renk ve tipte led'ler

Led kelimesi, ışık yayan diyot ifadesinin kısaltmasıdır. (**L**ight **E**mitted **D**iode) Bu elemanların her biri normalde yalıtkan iken uçlarındaki gerilim belli bir değere ulaşınca iletken olurlar. Ayrıca bazı yarı iletkenler kontrol uçlarına da sahiptirler ve bu sayede devrelerde bazı şeyleri otomatik olarak yaptırmak mümkün olmaktadır.

Not: Yarı iletken malzemelerin geliştirilmesi elektronik teknolojisinde bir çığır açmıştır. Bu sayede farklı işlevlere sahip devre elemanları geliştirilebildiği gibi çok küçük hacimlere sahip çip teknolojisinin gelişmesinde de büyük rol oynamıştır.

Cebinizdeki telefonlarımızdan tutun da diz üstü bilgisayarlarımıza kadar çok işlevli ve küçük boyutlu cihazlarımızı yarı iletken teknolojisine borçluyuz.

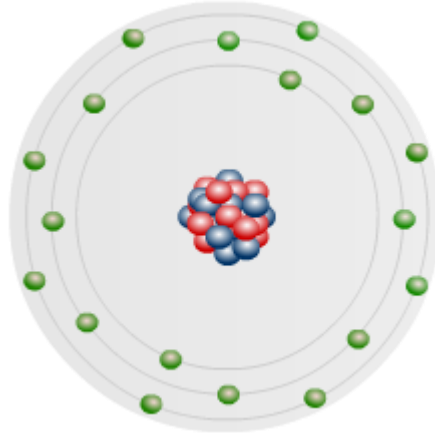
Televizyon kumandalarınızın göz (led) diye tabir edilen elemanının yarı iletken olduğunu ya da cep telefonunuza gelen sinyalin çok küçük olduğunu, sesi yarı iletken malzeme olan transistörlerle yükseltildikten sonra duyabildiğinizi biliyor muydunuz? Televizyonlarınızda, çamaşır makinelerinizde, otomobillerde yarı iletkenlerin kullanılıp kullanılmadığını araştırmaya ne dersiniz?

Yalıtkanlık

Atomlarının son yörüngelerinde beş ve daha fazla elektron bulunduran maddelere yalıtkan denir.

Bir maddenin iyi bir yalıtkan olabilmesi için o maddeyi oluşturan atomların son yörüngelerinde sekiz ya da daha fazla elektron bulunması gerekir (Şekil 18). Son yörüngedeki elektron sayısı arttıkça yalıtkanlık kalitesi de artmaktadır.

Son yörüngesinde beş, altı ya da yedi elektron bulunduran atomlardan oluşan maddeler zayıf yalıtkanlardır. Belli bir gerilim değerinin üstünde yalıtkanlıklarını kaybeder ve iletken hale gelirler. Son yörüngesinde sekiz ve daha fazla elektron bulunduran atomlardan oluşan maddelerin elektrik akımını geçirmesi (delinmesi) ancak çok yüksek gerilimlerde söz konusu olabilir.



Şekil 18: Argon (Ar) atom modeli

Yalıtkan maddelere örnek olarak cam, lastik, plastik, yağ, asfalt, fiberglas, porselen, seramik, mika, kuartz, kuru kumaş, kuru kağıt, kuru ağaç, hava, elmas ve saf su verilebilir.

Yalıtkan malzemeler, elektrik akımı kaçaklarını önlemek ve canlıları elektrik akımından korumak için kullanılır.

Not: Yalıtkanların elektrik akımına karşı nasıl davrandıklarını anlamak bakımından evlerinizdeki elektrik anahtarlarının işlevini hatırlamaya çalışın. Eğer hava da iletken olsaydı şu an kullandığınız anahtarları kullanabilir miydiniz?

1.3.Elektrik Yüğü

Bilindiği gibi atomların normal şartlarda proton ve elektron sayıları eşittir. Bunun anlamı, bir etkiye maruz kalmamış maddeler yüksüz (nötr) haldedirler.

Bir maddeyi oluşturan atomların bir kısmı ya da tamamında elektron sayıları ile proton sayıları arasında sayısal bir fark varsa bu madde elektriksel olarak yüklü bir maddedir. Şayet madde atomları elektron kaybetmişlerse pozitif (+) yüklü, elektron kazanmışlarsa negatif (-) yüklü olacaklardır. Pozitif (+) elektrik yüklü iyonlara katyon, negatif (-) elektrik yüklü iyonlara anyon denir. Bir cismin yükü doğal olarak kendi atomlarının yük ortalamasına eşit olacaktır.

Şekil 15'te gümüş atomunun atom modeline göre atomun son yörüngesinde bir elektron bulunmaktadır. Gümüş atomu bu şekilde kararlı bir haldedir (yüksüz) ve bu atomlardan oluşan gümüş elementi ya da maddesi yüksüz durumdadır. Buna karşın Şekil 19'da gümüş bir kolye ve kolye atomlarının yalnızca çekirdek ve son yörünge elektronlarını gösteren sanal bir büyüteç görülmektedir. Ancak kolye atomları bir dış etki ile birer elektron kazandıklarından negatif yükle yüklenmişlerdir. Bu nedenle negatif iyonlardan oluşan kolyenin yükü şu durumda negatiftir.



Şekil 19: Gümüş kolye ve temsili gümüş iyonları

1.3.1.Elektrik Yüğü ve Birimi

Bir madde, atomlardan oluşur. Bir maddeyi oluşturan atomlar bir etki ile elektron kaybetmişlerse pozitif yüklenmişler, pozitif iyon durumuna geçmişlerdir. Aynı şekilde bu atomlar elektron kaybetmişlerse negatif iyon durumuna geçmişlerdir.

Yüklü atomlardan oluşan bir madde de yüklü bir maddedir. Bu maddenin yük miktarı kendisini oluşturan atomların yüklerinin toplamına eşittir.

Bu durumda elektrik yükü, bir maddedeki atomların yüklerinin toplamı şeklinde tanımlanabilir.

Atomların yüklerinin, atomların proton sayıları ile elektron sayıları arasındaki farktan kaynaklandığını hatırlayın. Örneğin, Şekil 19'daki kolye atomlarının her birinin yükü, 1 elektronun yüküne eşittir, çünkü kolye atomlarının elektron sayıları, proton sayılarından bir fazladır.

Elektrik yükü, **Q** ya da **q** harfleri ile gösterilir. Elektrik yükünün birimi ise Kulon (Coulomb) dur ve **C** ile gösterilir.

Not: Cisimlerin atomları iyon durumuna geçtikleri zaman elektrik yükü depolamış olurlar.

Şekil 15'teki gümüş atomu yüksüz (nötr) olduğu için yalnızca **Ag** ile gösterilir. Şekil 19'daki gümüş atomlarında fazladan birer elektron bulunduğu için bu atomlar **Ag⁻** şeklinde gösterilir. Bunun anlamı, gümüş atomu normalde 47 proton ve 47 elektrona sahipken tek

değerlikli negatif iyon durumuna geçmiş olduğu ve şu anda 47 protonu ve 48 elektronu olduğudur. Şayet gümüş atomu bir elektron kazanacağı yerde kaybetmiş olsaydı o zaman Ag^+ şeklinde gösterilecekti.

Alınan ya da verilen elektron sayısı birden fazla olduğunda gösterim $\text{E}^{\pm x}$ şeklinde olmaktadır.

E harfi element ya da molekülü temsil ederken x harfi pozitiflik ya da negatifliğin miktarını belirtmektedir.

Örneğin, suya karıştırılan bakır sülfat (CuSO_4) suda Cu ve SO_4 şeklinde parçalanır, ancak parçalanma sonucu elde edilen element ve bileşikler nötr halde değildir. Bakır (Cu) iki elektron kaybetmiş ve pozitif iyon (katyon) haline geçmiştir. Sülfat ise (SO_4) iki elektron kazanarak negatif iyon (anyon) olmuştur. Bu durumda sülfat iki elektron kaybettiği için SO_4^{-2} ve bakır iki elektron kazandığı için Cu^{+2} şeklinde gösterilecektir.

1 Kulon 624×10^{16} adet elektron ya da protonun yüküne eşittir. Buna göre:

Not: 20 W'lık bir lambadan 1 saniyede yaklaşık 5676×10^{14} (567600000000000000) elektronun geçtiğini biliyor muydunuz?

Buna göre evinizdeki ütünün gücünü öğrenin ve orantı yoluyla (ütünüz çalışırken) 1 saniyede ütünüzün rezistansından geçen elektron sayısını bulunuz.

1.3.2.Coulomb (Kulon) Kanunu

Bilindiği gibi iki cisimden birinin yükü diğerinden farklıysa yani biri pozitif yüklüyken diğeri negatif yüklüyse bu iki cisim arasında çekme kuvveti vardır. İki cisimden ikisinin yükü de aynıysa yani ikisi de pozitif ya da ikisi de negatif yüklüyse iki cisim arasında bir itme söz konusu olur.

Kulon Kanunu, cisimlerin elektriksel yüklerinin birbirlerine etkisini tanımlar ve açıklar. Buna göre:

- Elektrik yükleri arasında bir itme ya da çekme kuvveti vardır
- Pozitif ve negatif olmak üzere iki cins elektrik yükü vardır. Aynı yükler arasında bir itme kuvveti, farklı cins yükler arasında ise bir çekim kuvveti mevcuttur.
- Yükler arasındaki kuvvet, yükleri birleştiren hat doğrultusundadır.
- İki yük arasındaki kuvvet, yükler arasındaki mesafenin karesi ile ters orantılıdır.
- İki yük arasındaki kuvvet, yüklerin çarpımlarıyla doğru orantılıdır.
- Yükler arasındaki kuvvet, yüklerin bulunduğu ortamdan etkilenir.

Kulon Kanunu dikkate alındığında iki yük arasındaki kuvvet kısaca yüklerin cinsine ve miktarına, aralarındaki uzaklığa ve yüklerin bulunduğu ortama bağlıdır, denilebilir.

Kulon Kanunu'na göre iki cisim arasındaki çekme kuvvetinin büyüklüğü, cisimlerden her birinin yüklerinin cinsi ve büyüklüğü ile doğru orantılı, aralarındaki uzaklıkla ise ters orantılıdır. Bu yargılara göre eşitlik aşağıdaki gibi oluşturulmuştur.

$$F = \frac{9 \cdot 10^9}{\epsilon_r} * \frac{Q_1 * Q_2}{r^2} \text{ (N) şeklinde alır.}$$

Formülde yer alan simgelerin anlamları ve birimler aşağıda gösterildiği gibidir.

- F** : Yükler arasındaki kuvvet (Newton-N)
Q₁, Q₂ : Elektrik yükleri (Kulon-C)
r : Yükler arasındaki uzaklık (metre-m)
ε^r : Yüklerin bulunduğu ortamın bağıl dielektrik katsayısı
9.10⁹ : MKS birim sistemine dönüşüm sayısı

Formülde ε_r, yüklerin bulunduğu ortamın bağıl dielektrik katsayısını simgelemektedir. Değişik ortamların dielektrik katsayıları Tablo 1'de görüldüğü gibidir.

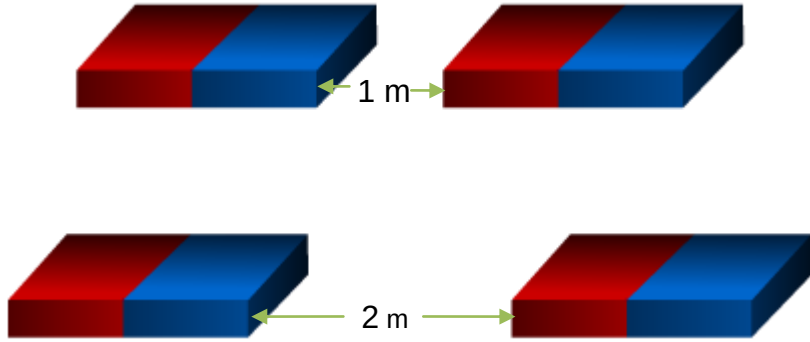
Yalıtkanın Cinsi	ε ^r
Boşluk	1
Hava	1
Kuartz	4
Mika	5
Mermer	7
Bakalit	5.5
Presbant	5
Cam	7
Parafin	2
Ebonit	80

Tablo 1: Yalıtkanların bağıl dielektrik katsayıları

Şayet cisimlerin bulunduğu ortam boşluk ya da hava ise formül aşağıdaki gibi olur.

$$F = \frac{9 \cdot 10^9}{\epsilon_r} * \frac{Q_1 * Q_2}{r^2} = \frac{9 \cdot 10^9}{1} * \frac{Q_1 * Q_2}{r^2} = 9 \cdot 10^9 * \frac{Q_1 * Q_2}{r^2} \text{ (N)}$$

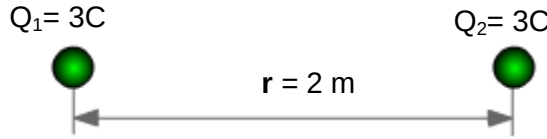
Yukarıdaki formülün doğruluğunu elinize iki mıknatıs alarak kısmen test edebilirsiniz. Mıknatısların zıt kutuplarını birbirlerine iyice yaklaştırdığınızda onları ayrı tutmakta zorlandığınızı hissedeceksiniz. Aynı kutupları yaklaştırdığınızda da birleştirmekte zorlanacaksınız. Mıknatısları birbirlerinden uzaklaştırdığınızda ise aralarındaki kuvvetin azaldığına göreceksiniz.



Şekil 20: Yükler arasındaki kuvvetler

Örnek:

Şekil 21’de aralarında 1 metre bulunan iki yük arasında 10 N’luk çekme kuvveti vardır. Buna göre aynı yüklere sahip fakat aralarında 2 metrelik mesafe bulunan iki yükün aralarındaki kuvvetin büyüklüğü ne olur?



Şekil 21: Pozitif yükler

Çözüm:

Kulon Kanunu’na göre iki cisim arasındaki çekme kuvvetinin büyüklüğü, cisimlerden her birinin yüklerinin cinsi ve büyüklüğü ile doğru orantılı, aralarındaki uzaklıkla ise ters orantılıdır. Buna göre;

$$F = 10 / 2^2 = 10 / 4 = 2.5 \text{ N}$$

Örnek:

Aralarında 2 m uzaklık bulunan 3 C ve 4 C’luk iki yük (Şekil 21) arasındaki kuvvet nedir? (Ortam camdır.)

Çözüm:

$$Q^1 = 3 \text{ C}$$

$$Q^2 = 4 \text{ C}$$

$$\epsilon^r = 7 \text{ (Tablo 1’den)}$$

$$F = \frac{9 \cdot 10^9}{\epsilon_r} \cdot \frac{Q_1 \cdot Q_2}{r^2} = \frac{9 \cdot 10^9}{7} \cdot \frac{3 \cdot 4}{2^2}$$

$$F = \frac{9 \cdot 10^9}{7} \cdot \frac{12}{4} = \frac{108 \cdot 10^9}{28} = 3.857 \cdot 10^9 \text{ N}$$

$$F = 393170 \text{ ton (1ton=9810 N)}$$

1.3.3.Elektriklenme Yöntemleri

Bazen birine dokunduğunuzda, bazen halının üzerinde yürürken ya da bazen televizyona çok yaklaştığınızda bir karıncalanma hissiyle tuhaf hissettiğiniz olmuştur. Bu duygu, vücudunuzun statik elektrik yüklenmesinden kaynaklanır.

1.3.3.1.Sürtünme ile Elektriklenme

Bir kış günündeyseniz bir balonu bir süre kazağınıza ya da süveterinize sürtün. Az sonra balonun süveterinize tutunduğunu göreceksiniz. Bunun nedeni, balonu süveterinize sürttüğünüzde balonun atomları süveter atomlarından elektron alarak negatif yükle yüklenirken elektron veren süveterinizin ise pozitif yükle yüklenmiş olmasıdır. İşte statik elektrik!

Bazen şapkanızı çıkardığınızda ya da saçınızı taradığınızda saçlarınızın dikildiğini hissedersiniz. Çünkü saçlarınızın atomları şapkanızın ya da tarağınızın atomlarına elektron vererek pozitif yükle yüklenirler. Aynı yükle yüklenen saçlarınız da doğal olarak birbirlerini iterler.

Resim 5’te statik elektrik yüklenmiş bir balon ve balon tarafından çekilen ufalanmış strafor parçaları görülmektedir. Siz de bir balonu saçınıza sürttükten sonra strafor parçalarına yaklaşıtırsanız balonun strafor parçaların nasıl çektiğini görebilirsiniz.



Resim 5: Statik elektrikle yüklenmiş balon

Sürtünme ile elektriklenmede, yalıtkanlarda elektriklenme sadece sürtülen bölgelerde, iletkenlerde ise bütün iletken boyunca gerçekleşmektedir. Bunun nedeni, iletken atomlarındaki son yörünge elektronlarının, yalıtkan atomlarındakilere göre çekirdekleri tarafından daha az bir kuvvetle çekilmesidir. Bu nedenle iletkenlerin bir bölgesindeki küçük bir yük değişikliğinin oluşturduğu enerji, bütün bir iletkene yayılır.

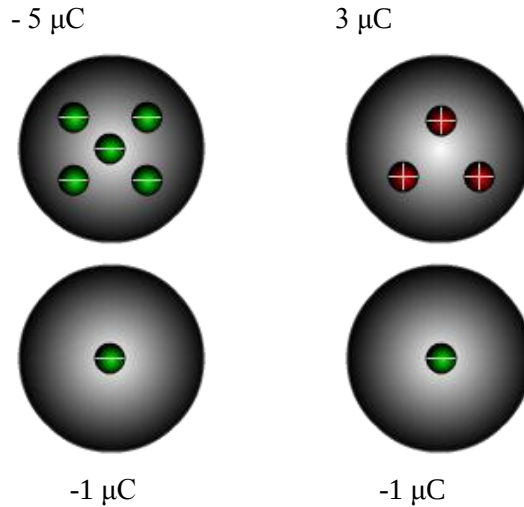
1.3.3.2.Dokunma ile Elektriklenme

Bir cismin elektrik yüklü olmasının, o cismin atomlarının proton ve elektron sayılarının farkına bağlı olduğunu hatırlayınız. Elektrik yüklü bir cismi başka bir cisme dokundurduğunuzda ya da yüksüz bir cismi yüklü bir cisme dokundurduğunuzda da cisimlerde birtakım değişimler olur. Cisimlerden biri mevcut yükünün durumuna göre diğerinden elektron almış ve sonuçta iki cismin de yük değeri değişmiştir.

Yükleri farklı cinsten ya da farklı değerde iki iletken cisim birbirlerine dokundurulduklarında, cisimler arasında elektron transferi gerçekleşir. Elektron transferi aşağıda belirtilen şekillerde olur. İki zıt yüklü cisim birbirlerine dokundurulduklarında, negatif yüklü cisimden pozitif yüklü cisme elektron geçişi olur. Cisimler birbirlerinden ayrıldıklarında iki cisim de aynı miktarda ve aynı cinsten yüke sahiptirler.

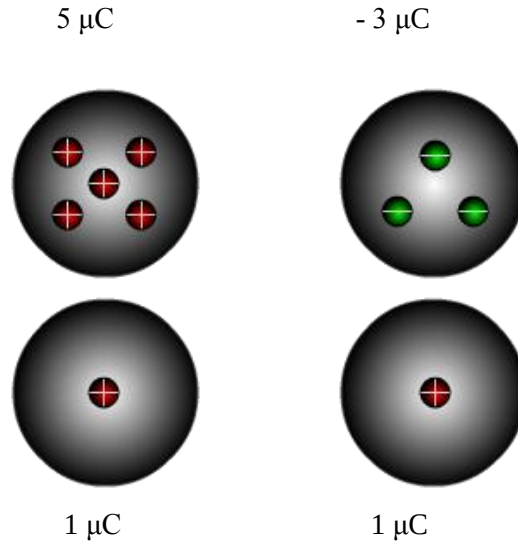
Aynı cins fakat farklı yüklerle yüklü iki cismin birbirlerine dokundurulmaları durumunda ise, diğerine göre daha negatif yüklü olan cisimden daha pozitif olan cisme elektron akışı olur. Cisimler ayrıldıklarında iki cisimdeki yük miktarı eşit olur.

Farklı cinsteki yüklerde hem işaret, hem de yük dağılımı değişir. Örneğin, $-5 \mu\text{C}$ ve $3 \mu\text{C}$ 'luk yüklere sahip iki cisim birbirlerine dokundurulup ayrıldıklarında iki cisim de $(-5+3) / 2 = -1 \mu\text{C}$ 'luk yüklere sahip olurlar. Böylece birinci cismin yük miktarı, ikinci cismin ise hem yük miktarı hem de yükün cinsi değişmiş olur (Şekil 22).



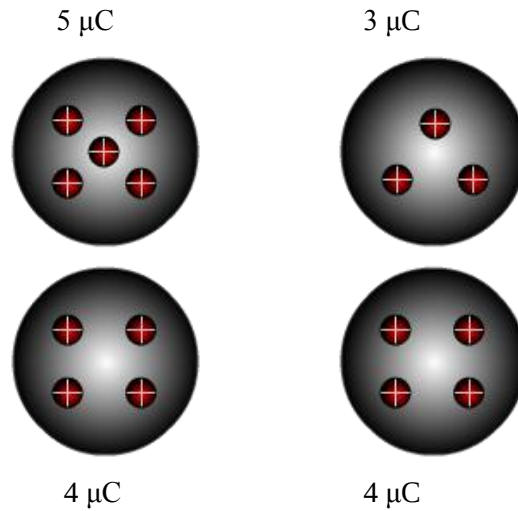
Şekil 22: Zıt yüklerde dokunma ile yük alış veriş

- -5 ve 33 μC 'luk iki yüke sahip iki cisim birbirine dokundurulup ayrıldıklarında her bir cismin yükü:
 $(-5 + 33) / 2 = 14 \mu\text{C}$ olur (Şekil 22).
- 5 ve -3 μC 'luk iki yüke sahip iki cisim birbirine dokundurulup ayrıldıklarında her bir cismin yükü:
 $(5 + (-3)) / 2 = 1 \mu\text{C}$ olur (Şekil 23).



Şekil 23: Zıt yüklerde dokunma ile yük alış verşi

Aynı cins yükle yüklü cisimler de birbirlerine göre pozitif ya da negatif olabilirler. Örneğin, Şekil 24'teki birinci yük ikinciye göre daha pozitifdir. Başka bir deyişle, ikinci yük birinciye göre daha negatiftir.

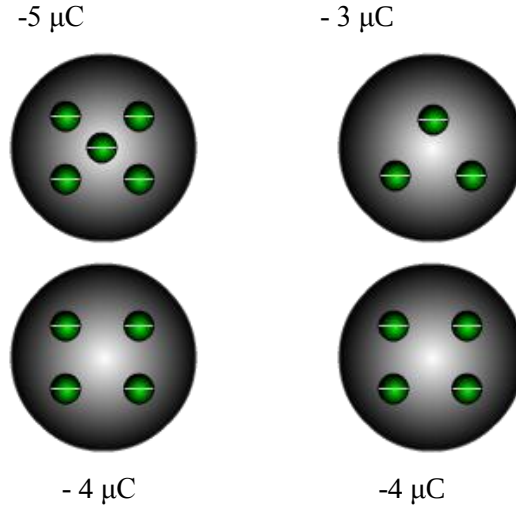


Şekil 24: Aynı yüklerde dokunma ile yük alış verşi

Aynı cinsteki yüklerde sadece yük dağılımı değişir. Örneğin, 5 μC ve 3 μC 'luk iki cisim birbirlerine dokundurulup ayrıldıklarında iki cismin yükü de 4 μC olur (Şekil 24).

Şekil 25'teki gibi – 5 μC ve -3 μC 'luk negatif yüklere sahip iki cisim birbirlerine dokundurulup ayrıldıklarında iki cismin yükü de:

$$(-5 + (-3)) / 2 = -4 \mu\text{C} \text{ olur.}$$



Şekil 25: Aynı yüklerde dokunma ile yük alış veriş

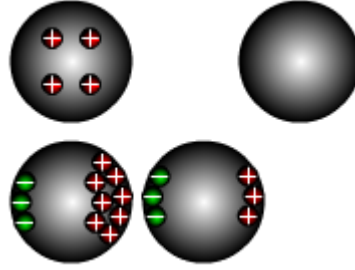
Cisimler arasındaki elektron transferinin nedeni, her atomun nötr halde kalma eğilimidir. Bu nedenle elektron fazlası olan (negatif yüklü) cisimlerdeki atomlar elektron vererek elektron eksikliği olan (pozitif yüklü) cisimlerdeki atomlar ise elektron alarak nötr hale gelmek isterler. Görüldüğü gibi her iki durumda da cisimlerin birinden diğerine elektron transferi söz konusudur.

1.3.3.3.Etki ile Elektriklenme

Cisimlerde bazı değişikliklerin olabilmesi için cisimlerin her zaman başka cisimlere dokundurulmaları gerekli değildir. Örneğin, bir kalorifer peteğine dokunarak ısındığınız gibi dokunmadan da ısınmaktasınız. Bunun gibi cisimlerin yük dağılımları da uygun mesafelerdeki başka cisimlerin yüklerini etkilemekte ve onlardan etkilenmektedirler.

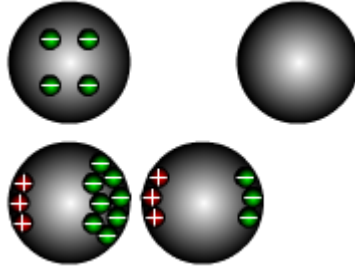
En az biri yüklü iki cisim birbirlerine yaklaştırıldığında, cisimlerin birbirlerine yakın bölgeleri zıt yüklerle yüklenirler. Bu olaya etki ile elektriklenme denir. Değişik durumlar için etki ile elektriklenme değişik şekillerde gerçekleşir.

Yüksüz bir cisim, pozitif yüklü bir cisme yaklaştırıldığında, yüksüz cismin yüklü cisme yakın bölgelerinde negatif yüklerin, uzak bölgelerinde ise pozitif yüklerin toplandığı görülür (Şekil 26).



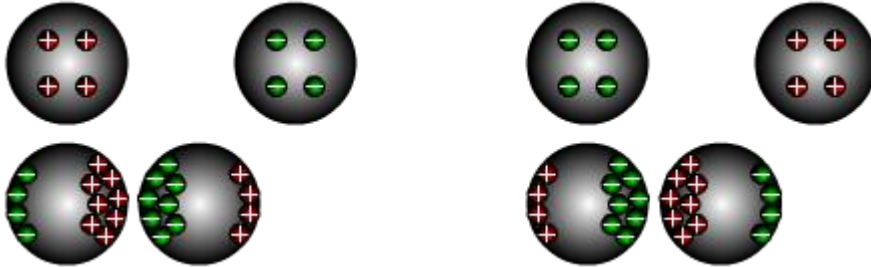
Şekil 26: Yüksüz ve pozitif yüklü cisimlerde etki ile elektrikleme

Yüksüz bir cisim, negatif yüklü bir cisme yaklaştırıldığında, yüksüz cismin yüklü cisme yakın bölgelerinde pozitif yüklerin, uzak bölgelerinde ise negatif yüklerin toplandığı görülür (Şekil 27).



Şekil 27: Yüksüz ve negatif yüklü cisimlerde etki ile elektrikleme

Pozitif yüklü bir cismin, negatif yüklü bir cisme yaklaştırılması durumunda, iki cismin birbirlerine yakın olan bölgelerinde bir yük yoğunlaşması, uzak bölgelerinde ise yük azalması görülür (Şekil 28).



Şekil 28: Zıt yüklü cisimlerde etki ile elektrikleme

1.4.Elektrik Alanı

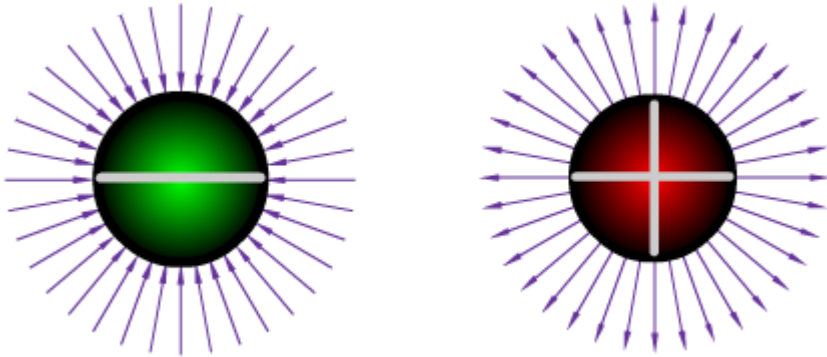
Elektrik yüklerinin etkisini gösterdiği alanlar, **elektrik alanı** olarak adlandırılır. Elektrik alanı içerisindeki yüklü cisimlere elektrik alanı tarafından bir kuvvet uygulanır, ancak bu kuvvet gözle görülemez, sadece etkileri görülebilir.

Elektrik alanının bir değeri, yönü ve doğrultusu vardır. Bu nedenle elektrik alanı vektörel bir büyüklüktür.

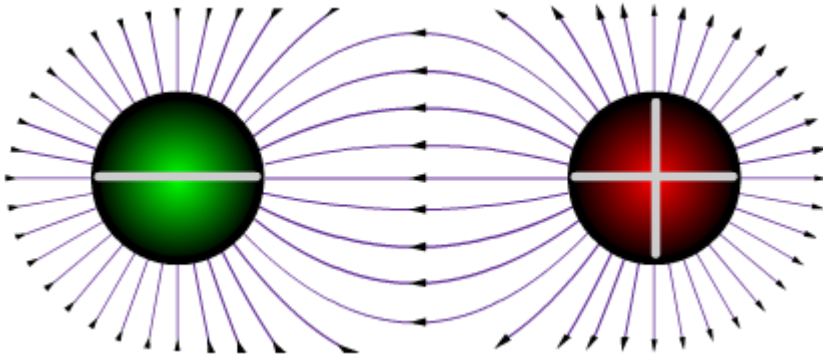
1.4.1.Elektrik Kuvvet Çizgileri

Elektrik alanının yüklü cisimlere uyguladığı kuvvet, kuvvet çizgileri ile temsil edilir. Elektrik kuvvet çizgilerinin özellikleri aşağıdaki gibidir:

- Pozitif yükte kuvvet çizgileri yükten dışarıya doğru, negatif yükte ise içeriye doğrudur (Şekil 29).
- Kuvvet çizgileri birbirlerini kesmezler (Şekil 29).
- Kuvvet çizgileri girdikleri ve çıktıkları yüzeylere diktirler (Şekil 29).

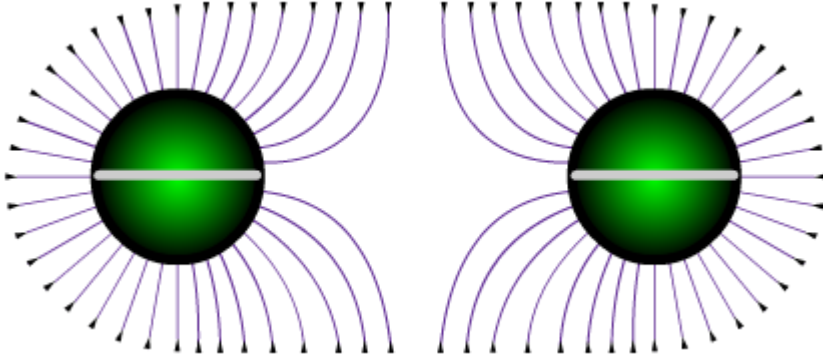


Şekil 29: Negatif ve pozitif yüklerde manyetik kuvvet çizgileri

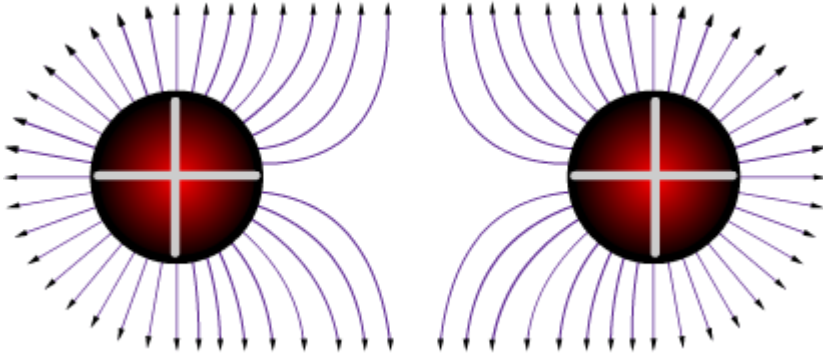


Şekil 30: Zıt yüklerde manyetik kuvvet çizgilerinin durumu

- Zıt yüklerin kuvvet çizgileri arasında bir çekim kuvveti vardır. Kuvvet çizgilerinin yönü, pozitif yüklü cisimden negatif yüklü cisme doğrudur (Şekil 30).
- Aynı cinsteki yüklerin kuvvet çizgileri arasında bir itme kuvveti vardır (Şekil 31 ve Şekil 32).



Şekil 31: Negatif yüklerde manyetik kuvvet çizgilerinin durumu



Şekil 32: Pozitif yüklerde manyetik kuvvet çizgilerinin durumu

1.4.2.Elektrik Alanı ve Alan Şiddeti

Elektrik alan şiddeti, elektrik alanının büyüklüğünü (değerini) ifade eder ve **E** harfi ile gösterilir. Elektrik alanı içerisindeki bir noktanın alan şiddetinin değeri, o noktada bulunduğu varsayılan birim pozitif yüke etkiyen kuvvet miktarı olarak bilinir.

Elektrik alan şiddeti, $E = \frac{F}{Q}$ eşitliği ile bulunur.

Yukarıdaki formülden yararlanılarak

$E = k \cdot \frac{Q}{r^2}$ şeklinde de ifade edilir.

E :Elektrik alan şiddeti V/m

F : Yükler arasındaki kuvvet (Newton-N)

Q : Elektrik yükü (Kulon-C)

r : Yükler arasındaki uzaklık (metre-m)

ϵ^r : Yüklerin bulunduğu ortamın bağıl dielektrik katsayısı

9.10^9 : MKS birim sistemine dönüşüm sayısı

Örnek:

5 μC 'luk bir yükten 2 metre uzaklıktaki bir a noktasının elektrik alan şiddetini bulunuz (Ortam havadır.).

Cevap:

Önce μC cinsinden verilen değerin C cinsine çevrilmesi gerekmektedir. Bunun için $1\mu\text{C} = 10^{-6}\text{C}$ olduğu hatırlanarak $5\mu\text{C} = 5.10^{-6}\text{C}$ ifadesi yazılabilir.

Formülümüz $E = \frac{(9.10^9).Q}{\epsilon_r .r^2}$ olduğuna göre değerler yerlerine konulduğunda

(Tablo 1'den $\epsilon_r = 1$)

$$E = \frac{(9.10^9).(5.10^{-6})}{1.2^2} = \frac{45.10^3}{4} = 11250 \text{ V/m sonucu elde edilir.}$$

Örnek 2:

Parafinle dolu bir kabın içindeki bir a noktasında $2\mu\text{C}$ 'luk bir yük bulunmaktadır. Bu yükün b diye adlandırılan bir noktaya etki eden elektrik alan şiddetinin değeri 1000 V/m olduğuna göre a ve b noktaları arasındaki mesafeyi bulunuz.

Cevap 2:

$$2 \mu\text{C} = 2.10^{-6}\text{C}$$

$$E = \frac{(9.10^9).Q}{\epsilon_r .r^2} \text{ ve } \epsilon^r = 2 \text{ (Tablo 1)}$$

Sonra da değerleri yerlerine koyduğumuzda

$1000 = \frac{(9 \cdot 10^9) \cdot (2 \cdot 10^{-6})}{2 \cdot r^2}$ eşitliğini elde ederiz. Şimdi gerekli işlemleri yapalım ve eşitliği sadeleştirelim.

$$1000 = \frac{18 \cdot 10^3}{2 \cdot r^2} \text{ eşitliğinden}$$

$$\frac{1000 \cdot 2}{18 \cdot 10^3} = \frac{1}{r^2} \text{ eşitliği elde edilir. Pay ve paydadaki sıfırlar sadeleştirildiğinde ise}$$

$$\frac{2}{18} = \frac{1}{r^2} \text{ eşitliğini elde ederiz ve yine eşitliğin sol tarafındaki pay ve paydayı 2'ye}$$

böldüğümüzde

$$\frac{1}{9} = \frac{1}{r^2} \text{ eşitliğini elde ederiz. Burada eşitliğin her iki tarafını da ters çevirdiğimizde}$$

eşitliğin en sade biçimine ulaşırız.

$$9 = r^2 \text{ Burada eşitliğin iki yanını da karekök içine aldığımızda}$$

$\sqrt{3^2} = \sqrt{r^2}$ eşitliğini elde ederiz ve eşitliğin her iki tarafını da kök dışına çıkardığımızda

$$r = 3 \text{ m sonucunu buluruz.}$$

1.5.Elektrik Potansiyeli

Yüklü bir cisim bir elektrik potansiyeline sahiptir. Elektrik potansiyeli olan bir cisim, potansiyelinin miktarına bağlı olarak çevresine bir elektrik alanı uygular.

1.5.1.Potansiyel ve Gerilim

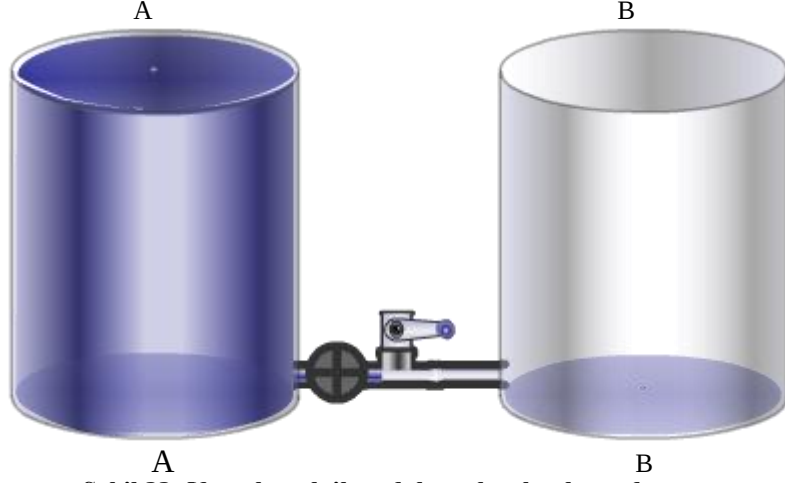
Elektrik potansiyeli, bir elektrik alanının etkisindeki bir noktanın sahip olduğu elektrik yükü miktarına denir. U harfi ile gösterilir ve birimi Volt (V) tur.

Potansiyel fark ya da gerilim ise bir noktanın ya da bir cismin yükünün başka bir nokta ya da cismin yüküyle olan farkına denir ve birimi V'tur.

Gelin şimdi benzetme tekniğine başvuralım ve suyun ya da başka bir sıvının davranışından yola çıkarak elektrik potansiyeli ve potansiyel farkını (gerilim) daha iyi anlamaya çalışalım.

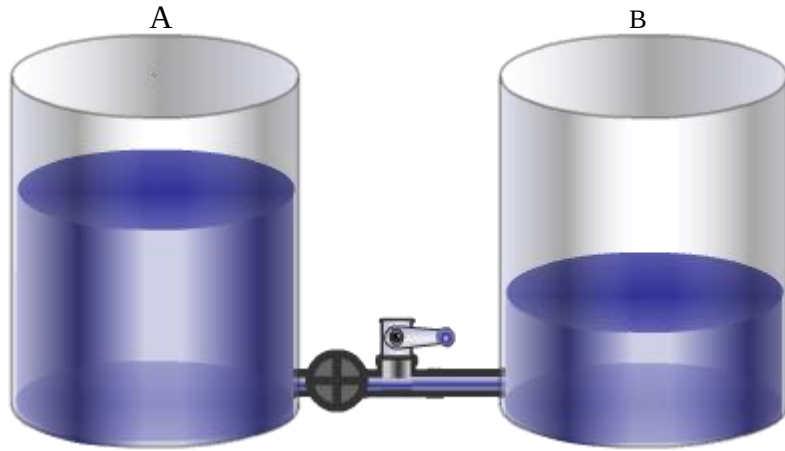
Şekil 33'te eşit hacimli iki varil görülmektedir. A varili dolu olduğuna göre bir potansiyele (İspirto potansiyeli) sahiptir. B varili ise boştur ve potansiyeli sıfırdır. Bu

durumda varilleri birleştiren vana açılırsa A varilinden B variline ispirto akmaya başlayacaktır. Hatırlayın, büyük potansiyelden küçük olana doğru bir transfer gerçekleşir.



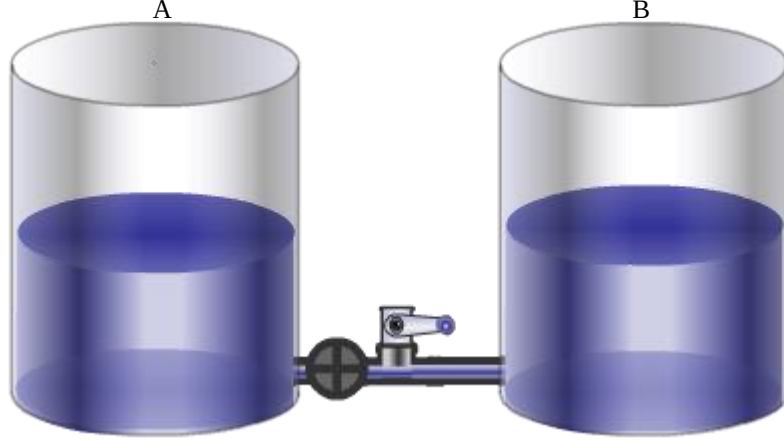
Şekil 33: Vana kapalı iken dolu ve boş kapların durumu

Şekil 34'te A varilinden B variline bir miktar ispirto transferi gerçekleştirildikten sonra vana kapatılmıştır. Peki, vana tekrar açılırsa ne olacak? Elbette ki B varili bir potansiyel kazanmış A ise potansiyel (yükseklik) kaybetmiştir. Ancak A varilinin potansiyeli hala B varilinden büyük olduğu için A'dan B'ye ispirto transferi devam edecektir.



Şekil 34: Farklı yükseklikteki sıvılar

Vana tekrar açılınsın ve Şekil 35'teki gibi varillerdeki ispirto seviyeleri eşitlenene kadar açık kalsın. Bu durumda vana hala açıkken ispirto akışı devam eder mi?



Şekil 35: Yükseklikleri eşit sıvılar

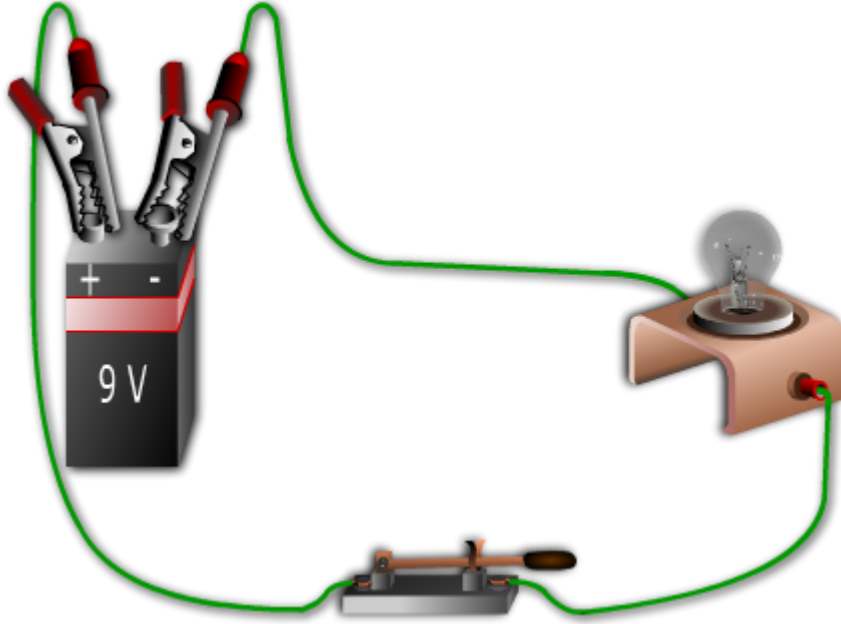
Şekil 35’de ısırtı seviyeleri (potansiyelleri) eşitlendiği için artık bir ısırtı akımının söz konusu olmadığını biliyorsunuz. Son durumda A ve B varillerinin her birinin bir potansiyeli vardır, ancak sıvı akışının olabilmesi için bu potansiyellerden (sıvının kap içerisindeki yüksekliği) birinin diğerinden daha az ya da daha çok olması yani aralarında bir yükseklik farkının (potansiyel fark) olması gerekir. Bu yükseklik farkı elektrik yüklerinde neye karşılık gelmektedir? Elbette ki potansiyel farka, başka bir deyişle gerilime karşılık gelmektedir.

Şekil 36’daki anahtar kapalı olduğu halde devrenin neden çalışmadığını cevaplayabilir misiniz? Eğer lambada, anahtarda ve kablolarda bir sorun yoksa lambanın yanmama nedeni elbette ki pildir. Pil bitmiştir ve artık devreden akım geçirememektedir.

Pil nasıl biter? Gelin pilin yapısını basitleştirelim ve kutupların basitçe farklı yüklerde iki plakadan oluştuğunu düşünelim. Plakaların birindeki atomların elektron sayıları proton sayılarından daha fazladır. Bu nedenle bu plaka negatif (-) yüklüdür. Diğer plakanın atomlarındaki elektron sayıları ise protonlarından daha azdır. Dolayısıyla bu plaka da pozitif (+) yüklüdür.

Lambanın neden yanmadığı sorusuna dönersek, pil kullanıldıkça negatif yüklü plakanın atomlarının son yörüngelerinden kopan elektronlar devre üzerinden dolanarak pozitif plakanın atomlarının son yörüngelerine girerler. Tıpkı Şekil 35’te sıvı seviyeleri eşitlenince ısırtı akışının durduğu gibi iki plakanın yükleri eşitlenmiş olduğu için pil bitmiştir. Yani plakalar arasında potansiyel fark kalmamış ve elektron akışı durmuştur.

Not: Bir pilin çalışması tam böyle değildir. Pil konusuna ilerleyen konularda değinilecektir.



Şekil 36: EMK'i 0 V olan kapalı bir devre

Bir elektrik alanında her noktanın potansiyel farkı (gerilimi) farklıdır. Bir noktadaki gerilimin, etkisinde kaldığı yüke yaklaştıkça değerinin arttığı, uzaklaştıkça ise değerinin azaldığı görülür. Bu nedenle yüke yakın olan bir a noktasının yüke uzak olan bir b noktasından daha fazla bir gerilime sahip olduğu söylenebilir.

Şekil 37'deki a, b ve n yüklerinin potansiyel farkları (gerilimleri)

$$U_a = \frac{(9 \cdot 10^9) \cdot Q}{\epsilon_r \cdot r_a}, U_b = \frac{(9 \cdot 10^9) \cdot Q}{\epsilon_r \cdot r_b} \text{ ve } U_n = \frac{(9 \cdot 10^9) \cdot Q}{\epsilon_r \cdot r_n} \text{ şeklinde formüle edilebilir.}$$

Formülü basitleştirmek için sabit ve bağıl katsayıları k ile ifade ettiğimizde yeni formüller aşağıdaki gibi olacaktır.

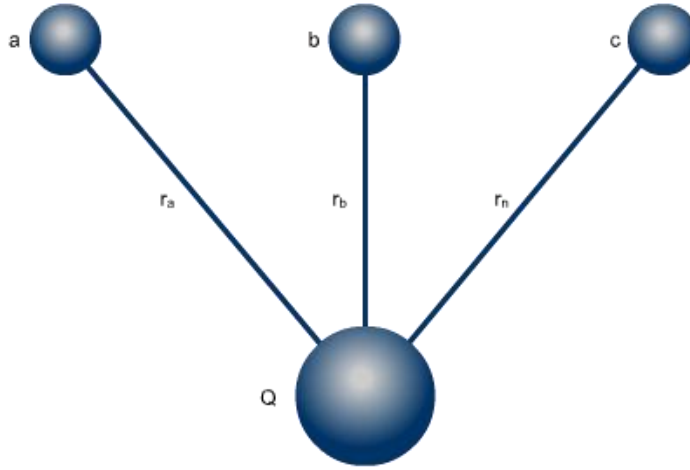
$$U_a = k \cdot \frac{Q}{r_a}, U_b = k \cdot \frac{Q}{r_b} \text{ ve } U_n = k \cdot \frac{Q}{r_n}$$

Buna göre,

Şekil 37'de $r_b < r_a = r_c$ olduğuna göre a ve c noktalarının potansiyelleri eşit, b noktasının potansiyeli ise onlardan büyüktür.

Yukarıdaki eşitliklerden biri (örneğin, U_a) dikkate alındığında formülde kullanılan simgelerin anlamları ve birimleri aşağıdaki gibidir.

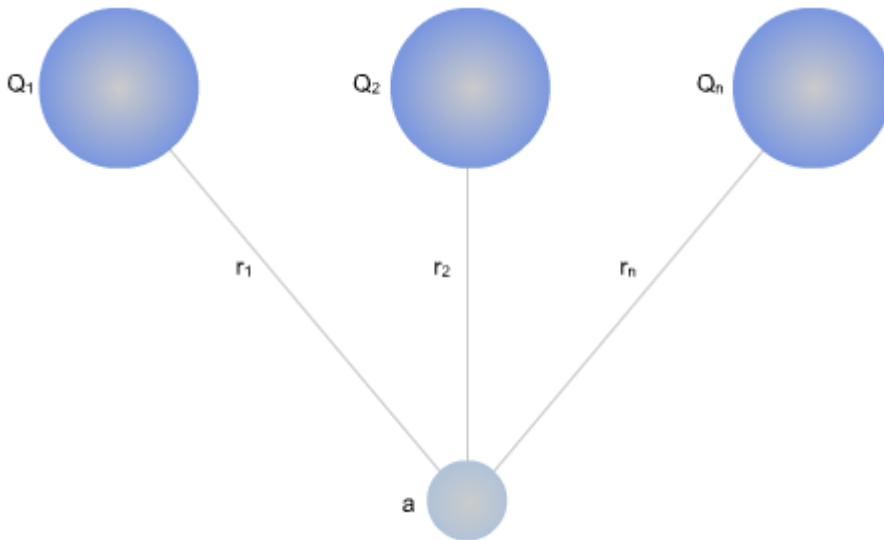
- U_a : A noktasının potansiyeli (Volt-V)
 k :Yükün bulunduğu ortama ve kullanılan birim sistemine bağlı olan katsayı
 Q :Elektrik yükü (Culon-C)
 r_a : A noktasının Q yüküne olan uzaklığı (metre-m)



Şekil 37: Bir yükün etkisindeki farklı noktalar

Şekil 37'deki iki noktanın, örneğin a ve b noktaları arasındaki potansiyel fark ise aşağıdaki gibi bulunabilir.

$$U_{ab} = U_a - U_b = k \cdot Q \left(\frac{1}{r_a} - \frac{1}{r_b} \right)$$



Şekil 38: Bir noktaya etkiyen farklı yükler

Şekil 38’de ise farklı yüklerin etkisindeki bir a noktası görülmektedir. A noktasının potansiyeli aşağıdaki gibi hesaplanır.

$$U_a = k. \frac{Q_1}{r_1} + k. \frac{Q_2}{r_2} + k. \frac{Q_n}{r_n}$$

Örnek:

4 μC ’luk bir yükten 2 m uzaklıktaki bir x noktasının ve 3 m uzaklıktaki bir y noktasının gerilimlerini bulunuz ($\epsilon_r = 1$; $k = 9.10^9$).

Cevap:

μC ’u C’ya çevirmeyi unutmayalım. $4 \mu\text{C} = 4.10^{-6} \text{ C}$

$$U_x = k. \frac{Q}{r_x} = \frac{(9.10^9).(4.10^{-6})}{1.2} = \frac{36.10^3}{2} = \frac{36000}{2} = 18000 \text{ V}$$

$$U_y = k. \frac{(9.10^9).Q}{r_y} = \frac{(9.10^9).(4.10^{-6})}{1.3} = \frac{36*10^3}{3} = \frac{36000}{3} = 12000 \text{ V}$$

Örnek:

Örnek 1’deki x ve y noktaları arasındaki potansiyel farkı (gerilimi) bulunuz.

Cevap:

$$U_{xy} = U_x - U_y = 18000 - 12000 = 6000 \text{ V}$$

1.5.2.Şimşek ve Yıldırım

Şimşek, bulutlar arasında gerçekleşen yükdeşarjlarına, yıldırım ise yer ile bulutlar arasında gerçekleşen yükdeşarjlarına denir.

Bulutların nasıl elektrik yükleri ile yüklendiği konusu tam olarak açıklanamasa da yaygın kanı bulutlardaki su taneciklerinin birbirleriyle ve havayla sürtünmeleri sonucu yüklendikleri şeklindedir.

Bulutlar yüklenince ne olmaktadır? Bu soruya cevap vermek için iletkenlik, yalıtkanlık ve potansiyel farkı konularını hatırlamamız gerekmektedir. İletkenler elektrik akımını iletirler. Yalıtkanlar ise iletmezler, ancak yüksek gerilimlerde (potansiyel fark) yalıtkanlık kalitesine bağlı olarak yalıtkanlar da elektrik akımını iletirler. Bu durum yalıtkanların delinmesi olarak adlandırılır.

Yağmurlu bir havayı düşündüğünüzde hava normalde yalıtkan olmasına rağmen yağmur suyundaki iyonlar vasıtasıyla kısmen iletken olur. Buna yer ile bulutlar arasındaki yüksek potansiyel farkı (yük farkı) da eklenince oluşan elektrik alanı doğrultusunda havanın bir kısmı bir koridor boyunca delinir ve yükdeşarjına engel olamaz.



Resim 6: Şimşek ve Yıldırım

Basit olarak iki bulut kümesi düşünelim. Birinin yükü pozitif ve diğerinin yükü de negatif olsun. Bu iki bulut arasındaki yük dengesinin sağlanabilmesi için iki yük arasında yük transferinin olması gerekir. Bunun için de iki bulut yükü arasındaki potansiyel farkın aradaki mesafeye ve yalıtkanlığa rağmen transferi gerçekleştirecek büyüklükte olması gerekmektedir. İşte iki bulut yükü arasındaki potansiyel fark bu düzeye ulaşınca bizim şimşek olarak tarif ettiğimiz olay gerçekleşir. Yani bulut yükleri arasında bir yük akışı (deşarjı) oluşur ve akan bu yük kütlesinin miktarı büyük olduğu için kilometrelerce öteden görülebilen kıvılcımlar ortaya çıkar.

Yıldırım da aynen şimşek gibidir. Burada da bir yükdeşarjı söz konusudur. Tek fark, budeşarj, buluttan buluta değil, buluttan yere ya da yerden buluta doğrudur (Resim 6).

1.6.Statik (Durgun) Elektrik ve Elektrostatikğin Kullanım Alanları

Statik elektriğin farklı endüstri kollarındaki kullanım alanları geniş bir yelpaze teşkil etmektedir. Baskı teknolojilerinden filtreleme teknolojilerine, haberleşmeden boyama teknolojilerine birçok kullanım alanı söz konusudur.

1.6.1.Statik Elektrik ve Oluşumu

Birden çok yükün birbirleriyle sürtünme, dokunma ya da etki yoluyla etkileşimleri sonucu meydana gelen yük değişikliklerine statik (durgun) elektrik denmektedir.

Elektrostatik terimi statik (durgun) elektriği ifade etmesinin yanında statik elektriği inceleyen bir bilim dalını da ifade eder.

Statik elektriğin oluşumunu hatırlamak amacıyla sayfa 26'teki 1.3.3.Elektriklenme Yöntemleri'ne göz atabilirsiniz.

Sabah kalktınız ve yüzünüzü yıkadığınızda (musluğa dokunduğunuzda) yatakta dönerken vücudunuzda biriken statik elektriğin çoğunu boşalttınız demektir. Elbisenizi giymek için halının üzerinden yürüdüğünüzde sürtünme sonucu bir miktar statik elektrik depoladınız. Elbisenizi giyerken, benzer şekilde, cisimler birbirlerine yaklaştıklarında ya da dokunduklarında aralarında yük transferi gerçekleşir ve statik elektrik yüklenirler. Böylece yüklerinin cinsi ve miktarında değişiklik meydana gelir. Statik elektriğin miktar olarak artışı en çok da sürtünme yoluyla gerçekleşir.

Statik elektrik şarjı nemli ortamlarda daha az, kuru ortamlarda ise daha fazladır. Bu nedenle sürekli kuru ortamlarda bulunuyorsanız aklınıza geldikçe vücudunuzdaki statik elektriği boşaltmak, sağlığınız açısından faydalı olabilir.

1.6.2.Statik Elektriğin Zararları

- Statik elektrik insanlarda birtakım deri hastalıklarına neden olabilir.
- Nadir de olsa insan hayatını tehlikeye sokacak kadar büyük değerlere ulaşabilir.
- Düşük voltajlarla çalışan elektronik devre elemanlarına zarar vererek devreleri işlemez hale getirebilir.
- Elektronik tabanlı sistemlerde devre elemanlarını etkilemese de devre akımlarını etkileyerek sistemin istenmeyen sonuçlar döndürmesine, sistemin normal çalışmasının aksamasına neden olabilir.
- Yanıcı ya da patlayıcı özelliğe sahip sıvı ve gazlarla temasında felaketlere neden olabilir.
- Üretim alanlarında kâğıt, kumaş vb. mamuller statik elektrik sonucu birbirlerini iterek dağılabilir ya da birbirlerini çekerek yapışabilir bu da otomasyonda sorunlara neden olabilir.
- Baskı makinelerinde statik elektrik nedeniyle kâğıtların birbirine yapışması sonucu baskı sorunları yaşanabilir.

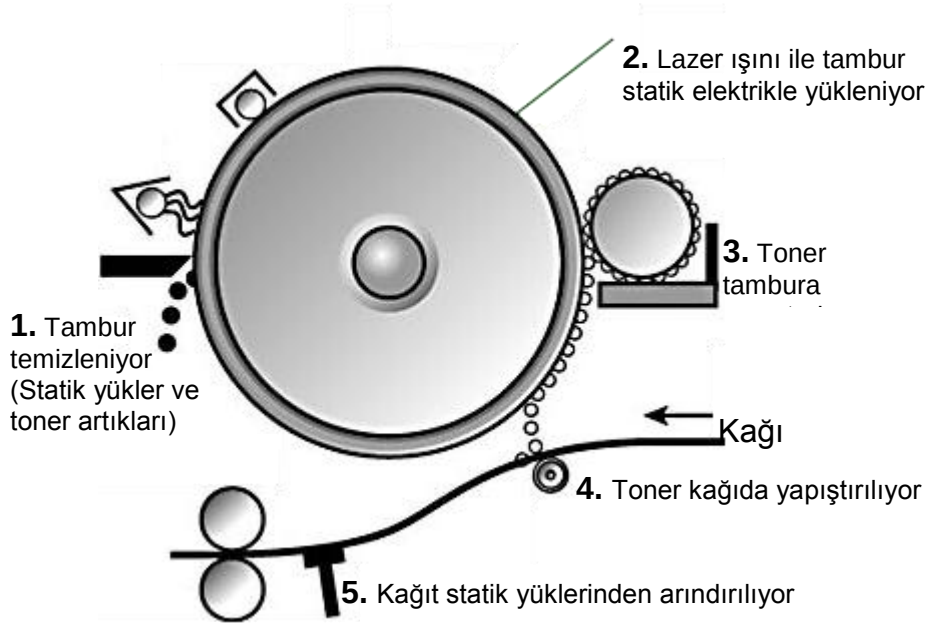
1.6.3.Statik Elektriğin Faydaları ve Kullanım Alanları

Statik elektriğin değişik endüstri kollarında birçok kullanım alanı vardır. Bunlardan bazıları aşağıdaki gibi sıralanabilir.

➤ **Baskı Teknolojisi**

Değişik tipteki yazıcılarda, fotokopi makinelerinde, matbaa baskı makinelerinde statik elektrikten faydalanılır.

Örneğin, baskı teknolojisinde kullanılan yazıcılardan birinin, lazer yazıcıların çalışma prensibi kısaca şöyledir.

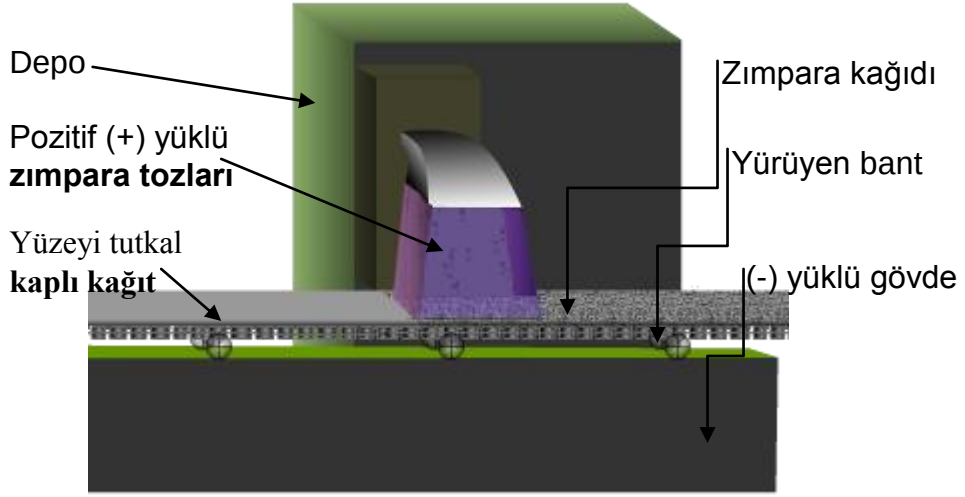


Şekil 39: Bir lazer yazıcının çalışma prensibi

Yazıcı yazma komutunu aldığı anda, metin ve grafiklerin bit bilgilerini hafızasında depolar. Hafızadaki sayısal bilgi haritasına göre bilgilere karşılık gelen yükler lazer ışığı ile ışığa duyarlı dönen bir tambur üzerine düşürülür. Lazer ışını silindiri tarayarak basılacak alanları pozitif yüklerle yükler. Negatif yüklü toner tozları silindirdeki pozitif yüklü alanlara yapışır. Sonra da toner tozları ısıtılmış bir silindir sayesinde kâğıda yapıştırılır. Tamburun diğer baskılar için yükleri nötrlenir ve baskı tamamlanmış olur (Şekil 39).

➤ Zımpara Kâğıdı Üretimi

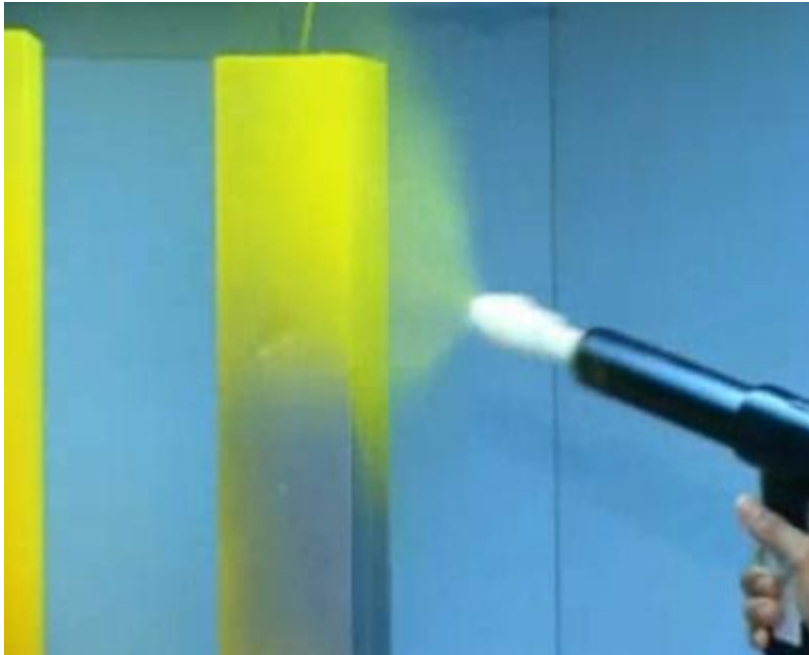
Zımpara kâğıdı üretiminde de statik elektrikten faydalanılır. Şekil 40'ta negatif yüklü ve yürüyen bandın üzerinde bir yönde hareket eden bir kâğıt görülmektedir. Kâğıdın yüzeyi tutkalla da kaplanmıştır. Püskürtme ağzından fırlatılan pozitif yüklü zımpara tanecikleri kâğıt yüzeyindeki negatif yüklü parçacıklarla birleşirler. Birleşme anında yükler nötr hale geldiği için artık kâğıt ve zımpara tozlarının ayrılması çok zordur.



Şekil 40: Zımpara kâğıdı üretimi

➤ Boyama İşleri

Boyama tabancası içerisinde geçen boya tanecikleri pozitif yükle yüklenirler. Boyanacak yüzey ise negatif yükle yüklenir. Boya tanecikleri tabancadan püskürtüldüğünde zıt yüklü boyama yüzeyine düzgün bir şekilde dağılarak yapışır. Böylece pürüzsüz bir boyama gerçekleştirilir (Resim 7).

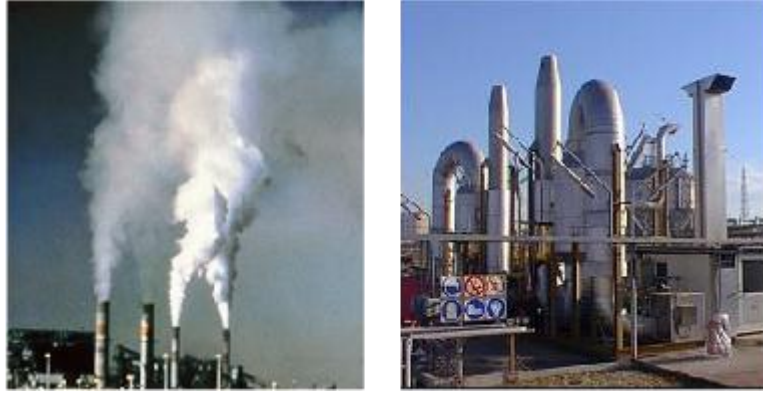


Resim 7: Elektrostatik yöntemle boyama

Statik elektrik ile boyama teknolojisi özellikle otomotiv endüstrisinde yaygın biçimde kullanılır.

➤ Baca Filtreleri

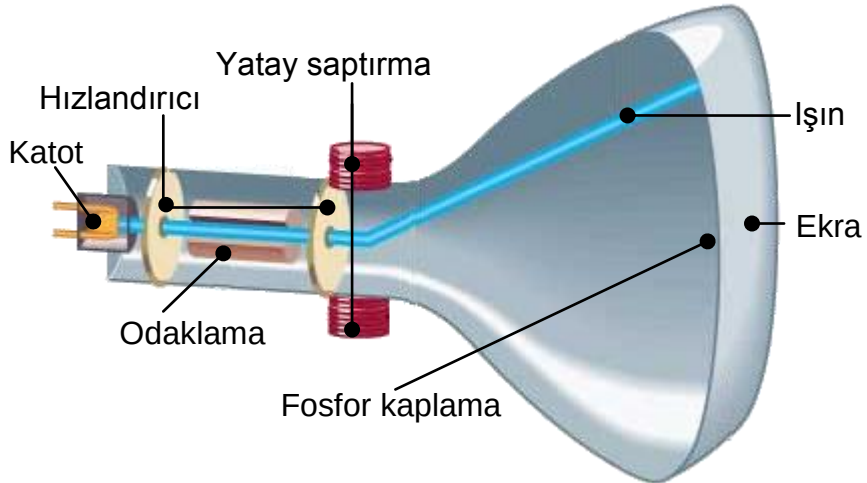
Bacalardan dışarıya atılan toz, duman türü zararlı atıklar eksi yükü yüklenirler ve bacanın çıkışında pozitif yüklü filtreler tarafından tutularak bu zararlı atıkların çevreyi kirletmesi önlenmiş olunur.



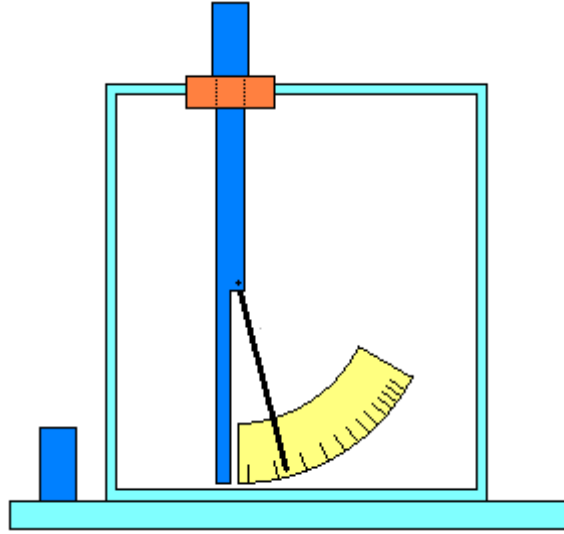
Resim 8: Filtresiz ve filtreli baca görünüşleri

Resim 8’de hava kirliliği bakımından filtreli ve filtersiz bacalara sahip işletmelerin durumları görülmektedir.

➤ Görüntüleme İşleri

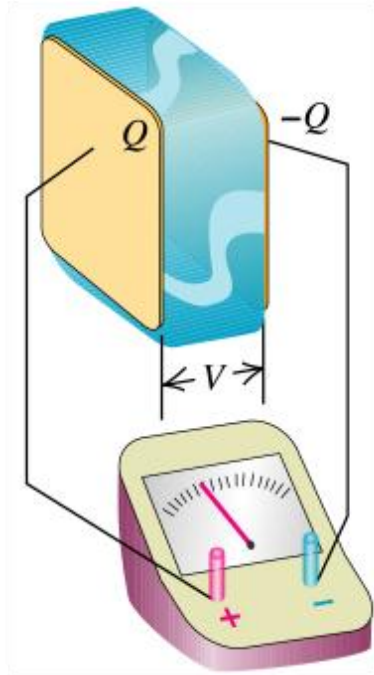


Şekil 41: Katot ışınlı tüp modeli



Şekil 42: Bir elektrometre modeli

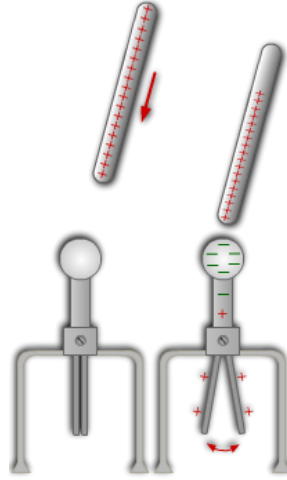
Elektrostatik voltmetrelerin uçlarına iki farklı yük bağlandığında yük farkının miktarına bağlı olarak sapan bir ibre, gösterge çizelgesi üzerinde yüklerin potansiyel farkını gösterir (Şekil 43).



Şekil 43: Elektrostatik voltmetre ile ölçüm

Elektroskop yardımıyla yüklerin cinslerinin belirlenmesinde elektroskopun yükü dikkate alınır. Buna göre elektroskopun topuzuna yaklaştırılan cismin yükü hakkında bir fikir edilir. Her tespitten önce yanlış sonuçlardan kaçınmak için elektroskopun yükü topraklanarak nötrlenir, ayrıca elektroskop deneyleri statik elektriği ve davranışlarını anlamak bakımından oldukça faydalı bilgiler sunmaktadır.

Şekil 44'teki gibi yüksüz bir elektroskopa yüklü bir cisim yaklaştırılırsa elektroskopun topuzu cismin yüküne zıt yükle ve yaprakları cismin yüküyle aynı yükle yüklenerek yapraklar açılır.



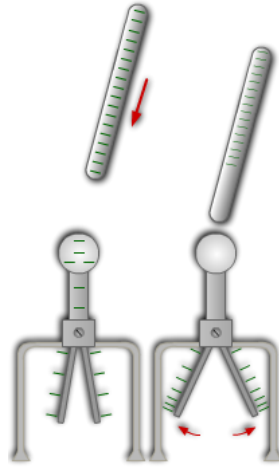
Şekil 44: Yüksüz bir elektroskopa yüklü bir cisim arasındaki yük etkileşimi

Şayet cisim elektroskopa dokundurulursa elektroskop, cismin yüküyle yüklenerek yapraklar yine açılır.

Yüklü bir elektroskopa yüklü bir cisim yaklaştırıldığında ya da dokundurulduğunda ise aşağıdaki olaylar gerçekleşir:

➤ **Yüklerin cinsi aynı ve cismin yükü fazlaysa:**

Cisim elektroskopa yaklaştırılırsa elektroskopun yükünün yapraklarda yoğunlaşması sonucu yapraklar çok açılır (Şekil 45).

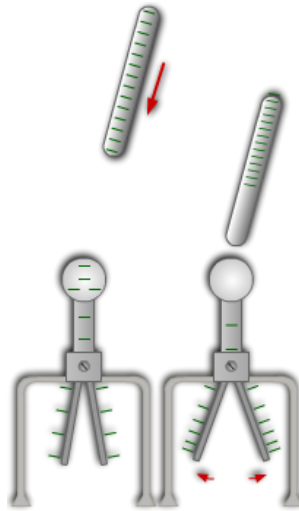


Şekil 45: Yüğü elektroskop yükünden büyük olan bir cismin elektroskop yapraklarına etkisi

Cisim elektroskopa dokundurulursa elektroskopun yük miktarı artar ve yapraklar bir miktar açılır.

➤ **Yüklerin cinsi aynı ve yükler eşitse:**

Cisim elektroskopa yaklaştırılırsa yüklerin yapraklarda yoğunlaşması sonucu yapraklar bir miktar açılır (Şekil 46).

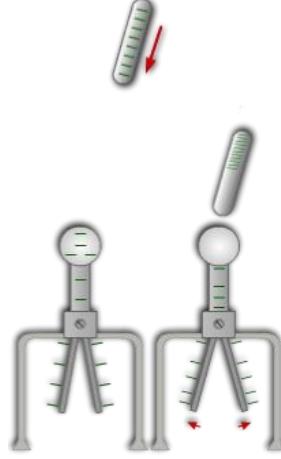


Şekil 46: Yüğü elektroskop yüküne eşit olan bir cismin elektroskop yapraklarına etkisi

Cisim elektroskopa dokundurulursa eşit yüklerden dolayı elektroskopun durumunda bir değişiklik olmaz.

➤ **Yüklerin cinsi aynı ve cismin yükü küçükse:**

Cisim elektroskopa yaklaştırılırsa cismin yük miktarına bağlı olarak elektroskop yükünün yapraklarda yoğunlaşması sonucu elektroskopun yaprakları biraz açılır (Şekil 47).

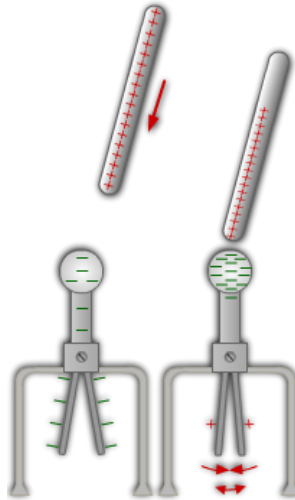


Şekil 47: Yükü elektroskop yükünden küçük olan bir cismin elektroskop yapraklarına etkisi

Cisim elektroskopa dokundurulursa elektroskopun yükünün bir kısmı cisme geçer ve yükünün azalmasından dolayı elektroskopun yaprakları bir miktar kapanır.

➤ **Yüklerin cinsi farklı ve cismin yükü fazlaysa:**

Cisim elektroskopa yaklaştırılırsa önce yükler topuza hareket ederler ve yapraklar tamamen kapanır. Sonra yapraklar cismin yüküyle yüklenir ve yapraklar yüklenme miktarına bağlı olarak biraz açılır (Şekil 48).



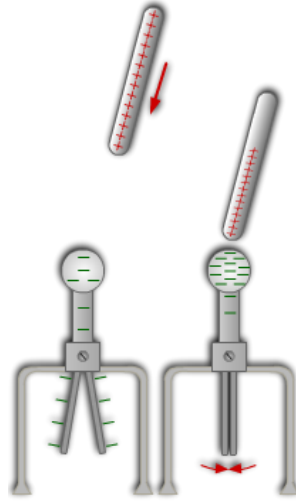
Şekil 48: Yükü elektroskop yükünden büyük olan zıt yüklü bir cismin elektroskop yapraklarına etkisi

Cisim elektroskopa dokundurulursa önce elektroskopun yükünün tamamı cisme geçer ve yaprakları kapanır. Sonra elektroskop cismin yüküyle yüklenir ve yaprakları bir miktar açılır.

➤ **Yüklerin cinsi farklı ve yükler eşitse:**

Cisim elektroskopa yaklaştırılırsa elektroskopun yükleri topuzunda toplanır ve yüksüz kalan yaprakları kapanır (Şekil 49).

Cisim elektroskopa dokundurulursa eşit yükler nötrlenir ve yüksüz kalan yapraklar kapanır.

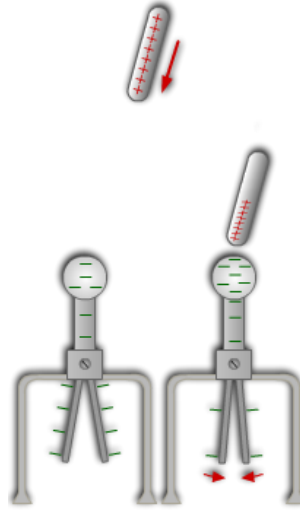


Şekil 49: Yükü elektroskop yüküne denk olan zıt yüklü bir cismin elektroskop yapraklarına etkisi

➤ **Yüklerin cinsi farklı ve cismin yükü küçükse:**

Cisim yaklaştırıldığında yaprakların yükünün bir kısmı topuzda toplanır ve kalan yük miktarına bağlı olarak yapraklar bir miktar kapanır. (Şekil 50)

Cisim elektroskopa dokundurulduğunda elektroskopun yüklerinin bir kısmı cisme geçer ve cisim elektroskopun yüküyle yüklenir. Yapraklar kalan yük miktarına bağlı olarak bir miktar kapanır.



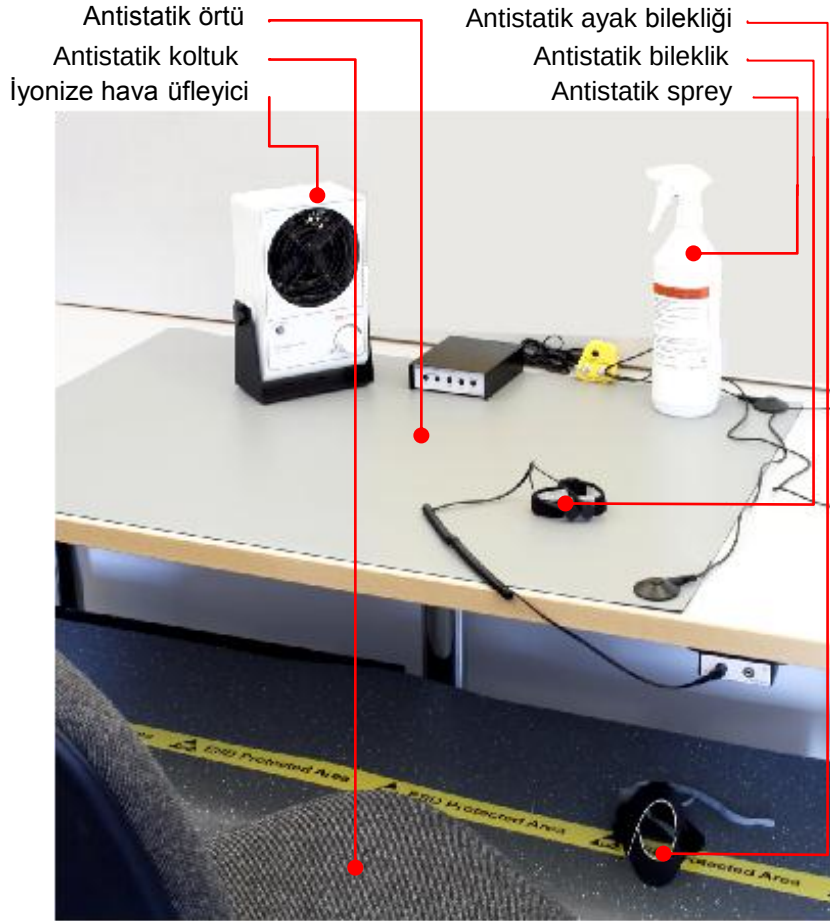
Şekil 50: Yüklü elektroskop yükünden küçük olan zıt yüklü bir cismin elektroskop yapraklarına etkisi

1.6.5. Statik Elektrik Zarar Verebileceği Ortamlarda Alınacak Önlemler

Statik elektrik birçok faydasının yanında birtakım olumsuz etkileri ve zararları da vardır. Statik elektrik bazı durumlarda sağlığımızın bozulmasından tutun da bazı hassas cihazların düzgün çalışmamasına, zarar görmelerine hatta bozulmalarına sebep olabilmektedir. Bazen patlamalar ve yangınlara da sebebiyet verebilmektedir.

Statik elektrikin zararlı etkilerinden korunmak için gerekli önlemlerin bir kısmı aşağıda listelenmiştir:

- Evlerdeki metal eşyalar topraklanmalıdır.
- Yanıcı ya da patlayıcı madde bulunan ortamların döşemeleri antistatik malzemelerle kaplanmalıdır.
- Yanıcı ve patlayıcı malzeme bulunan ortamlarda antistatik elbise, önlük, ayakkabılar giyilmelidir. Kullanılan cihaz ve makineler topraklanmalıdır.
- Yanıcı ve patlayıcı madde taşıyan araçlarda yerle teması olan zincirler ya da esnek metaller bulundurulmalıdır.
- Hassas cihazların bulunduğu ortamlarda antistatik önlük, ayakkabı ve eldiven giyilmelidir.
- Elektronik devrelerle çalışırken antistatik bileklik, antistatik giysi ve antistatik araç-gereç kullanılmalıdır (Resim 10).
- Yüksek binalara ya da metal aksamı çok olan yapılara paratoner tesisatı kurulmalıdır.
- Nemin sakıncalı olmadığı ortamlar nemlendirilmelidir.



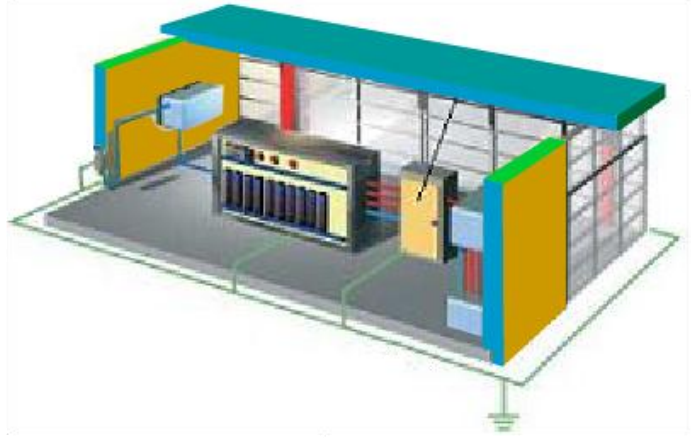
Resim 10: Antistatik  alışma ortamı

1.6.5.1.Cihaz ve Araçları Statik Elektride Karşı Topraklama

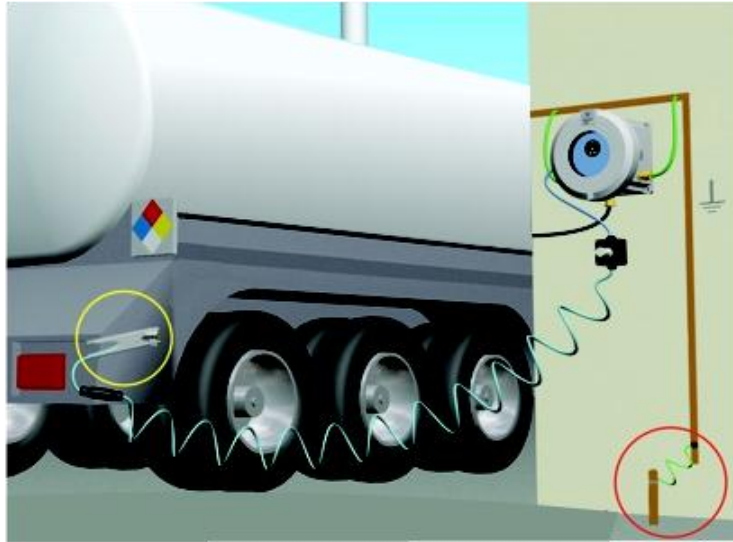
Gerekli  nlemler alınmadığı takdirde statik elektrik daha önce de belirtildiği gibi üzücü olaylara hatta felaketlere neden olabilir.

Bütün elektrikli cihazlar kaçak akımlara karşı topraklanmaktadır. Topraklama kısaca cihazın metal aksamı ile (gövdesi) toprağa gömülmüş uygun büyüklük ve iletkenlikteki bir levha arasına iletken tel çekilmesi olayıdır.

Bazı ortamlarda bir işte kullanılan ama elektrikle çalışmayan malzeme, araç-gereçler de vardır. Elektrikli-elektriksiz bütün cihazların birbirlerine iletken tellerle bağlanarak y k dengesinin sağlanması ve yüklerin toprakla irtibatlandırılması olayına statik elektride karşı topraklama denir. Elektrostatik topraklama ihtiyaç duyulan ortamlarda mutlaka yapılmalıdır (şekil 51).



Şekil 51: Bir tesiste makinelerin statik elektriğe karşı topraklanması



Şekil 52: Bir tankerin statik elektriğe karşı topraklanması

Örneğin, bir tankerin deposu bir makine değil, sadece bir kaptır. Bu nedenle tankerde elektriksel topraklama söz konusu değildir, ancak tanker ve ortamda bulunan bütün cihazların bir iletkenle birbirleri ile temasları sağlanırsa birinde biriken yük anında diğerlerine de dağılacığı için ortamda bir potansiyel fark olmayacak ve statik deşarjların (yük boşalmaları) önüne geçilmiş, olası tehlikeler önlenmiş olunacaktır.

Yanıcı ve patlayıcı ortamlardaki bütün makine ve cihazlar statik elektriğe karşı topraklanmalıdır. Örneğin benzin istasyonlarındaki pompalar, gaz, petrol tankerleri, kimya

bağlamalısınız. Bileziği az kullandığınız bileğinize takmanız daha rahat çalışmanız açısından faydalı olabilir.



Resim 11: Antistatik bileklikle çalışma

UYGULAMA FAALİYETİ

Statik elektrik oluşumlarını inceleyiniz.

İşlem Basamakları	Öneriler
➤ Vücudun sürtünme ile elektriklenmesini sağlayınız.	➤ Ayağınızda kauçuk ayakkabı bulunması yüklenmeyi hızlandırır. ➤ Üzerinizde yünlü kıyafetlerin bulunması yüklenmeyi hızlandırır.
➤ Vücudunuzda oluşan statik elektriği boşaltınız.	➤ Kalorifer boru ve peteklerine dokunabilirsiniz. ➤ Su tesisatındaki borulara da dokunarak bu işlemi gerçekleştirebilirsiniz. ➤ Dokunduğunuzda bir titreşim oluştuğunu gözleyiniz.
➤ Kolunuza antistatik bileklik takarak vücudunuzun sürtünme ile elektriklenmesini sağlayınız.	➤ Antistatik bileklik eğer kordonlu ise onun toprakla temasını sağlamalısınız. ➤ Bilekliği taktıktan sonra yüklenme işlemi yapmayı unutmayınız, ➤ 1. işlem basamağındaki önerileri yüklenme için uygulayabilirsiniz.
➤ Vücudunuzda oluşan statik elektriği boşaltınız.	➤ Kalorifer peteklerine dokunabilirsiniz. ➤ Herhangi bir titreşim olmadığını gözlemleyiniz.
➤ Çalışan bir devredeki elektronik hafızalı bir CMOS entegresini soketinden sökünüz.	➤ Bu işlemi özellikle öğretmeninizin gözetiminde yapmalısınız. ➤ Çalışan bir devredeki CMOS entegresini kullanmalısınız . ➤ Devrenin enerjisini kestikten sonra CMOS'u sökmelisiniz . ➤ CMOS' u soketinden sökerken dikkat etmelisiniz.
➤ Statik elektrik ile yüklü iken üzerindeki yükü elektronik hafızalı bir CMOS'a boşaltınız.	➤ CMOS entegresinin metal ayaklarına dokunarak üzerinizdeki yükü boşaltabilirsiniz. ➤ Ayaklara dokunduğunuzda bir titreşim oluştuğunu gözlemleyiniz.
➤ Statik elektriğinizi boşalttığınız CMOS'u tekrar soketine takınız ve devreyi çalıştırınız.	➤ Öğretmeninizden yardım almalısınız. ➤ Entegre bacaklarını dikkatlice takmalısınız. ➤ Takarken devrede enerji olmamasına dikkat etmelisiniz ➤ Devreye enerji verildiğinde devrenin çalışmadığını gözlemleyiniz.
➤ Antistatik bileklik takarak statik elektrik yükleyin ve CMOS'a yükü boşaltınız.	➤ Metal kısımlarına dokunarak yükünüzü CMOS'a boşaltabilirsiniz. ➤ Herhangi bir titreşim olmadığını gözlemleyiniz.
➤ CMOS'u devresine tekrar takarak devreyi çalıştırınız.	➤ Devrede enerji yokken CMOS'u dikkatlice devreye bağlayınız. ➤ Devreye enerji veriniz ve CMOS'un halâ çalıştığını gözlemleyiniz.

KONTROL LİSTESİ

Bu faaliyet kapsamında aşağıda listelenen davranışlardan kazandığınız becerileri **Evet**, kazanamadığınız becerileri **Hayır** kutucuğuna (X) işareti koyarak kendinizi değerlendiriniz.

DEĞERLENDİRME ÖLÇÜTLERİ	Evet	Hayır
Herhangi bir önlem almadan vücudu yeterli seviyede statik elektrikle yüklediniz mi?		
Yüklenilen statik elektriği uygun bir şekilde boşalttınız mı?		
Uygun bir antistatik bileklik buldunuz mu?		
Antistatik bilekliği kolunuza takıp ve toprakla temasını sağladınız mı?		
Bileklik taktıktan sonra yükleme işlemini yaptınız mı?		
Bileklik taktıktan sonra yüklendiğiniz statik elektriğin boşalmasını sağladınız mı?		
Uygun bir CMOS buldunuz mu?		
CMOS'u soketinden sökebildiniz mi?		
Önlemsiz statik elektrikle yüklenip vücutta oluşan yükü CMOS'a boşaltabildiniz mi?		
Statik elektrik boşaltılmış CMOS'u tekrar soketine yerleştirdiniz mi?		
Devrenin çalışmadığını gözlemlediniz mi?		
Antistatik bileklik takılarak statik elektrikle yüklendiniz mi ve çalışan bir CMOS'a tekrar dokundunuz mu?		
CMOS'u soketine taktınız mı?		
Devrenin çalışmaya devam ettiğini gözlemlediniz mi?		

DEĞERLENDİRME

Değerlendirme sonunda “Hayır” şeklindeki cevaplarınızı bir daha gözden geçiriniz. Kendinizi yeterli görmüyorsanız öğrenme faaliyetini tekrar ediniz. Bütün cevaplarınız “Evet” ise “Ölçme ve Değerlendirme”ye geçiniz.

ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

Aşağıdaki soruları okuyarak doğru seçeneği işaretleyiniz.

- Devreye sokulma hızı ve kolaylığı bakımından aşağıdakilerden hangisi diğerlerinden daha iyidir?
A) Termik santral
B) Nükleer santral
C) Hidroelektrik santral
D) Jeotermal santral
- Termik santraller için aşağıdaki ifadelerden hangisi geçerli değildir?
A) Kurulum maliyetleri nispeten ucuzdur.
B) Yüksek verimle çalışırlar.
C) Temiz enerji sağlarlar.
D) Üretilen enerji miktarı kontrol edilebilir.
- Nükleer enerji santralleri aşağıdaki türbinlerden hangisini kullanır?
A) Su türbini
B) Buhar türbini
C) Gaz türbini
D) Hiçbiri
- Aşağıdakilerden hangisi diğerlerine göre temiz enerji kaynağı değildir?
A) Rüzgârgülü
B) Termik santral
C) Hidrolik santral
D) Güneş paneli
- Bir atomun negatif ya da pozitif iyon olması, aşağıdaki parçacıklardan hangisinin hareketine bağlıdır?
A) Elektron
B) Proton
C) Nötron
D) Pozitron
- Asit, baz ve tuzların suya karıştırılması ile iletkenlik kalitesi bakımından aşağıdaki sıralamalardan hangisi doğrudur?
A) Tuzlar, asitler, bazlar
B) Asitler, bazlar, tuzlar
C) Asitler, tuzlar, bazlar
D) Bazlar, tuzlar, asitler
- Aşağıdakilerden hangisi doğal elektriklenme yöntemi değildir?
A) Cisimleri birbirine sürtmek
B) Cisimleri birbirine yaklaştırmak
C) Cisimlere elektrik vermek
D) Cisimleri birbirine dokundurmak
- 1 μC 'luk yüke uzaklığı 3 metre olan bir yükün elektrik alan şiddeti aşağıdakilerden hangisidir?
A) 1000 V/m
B) 3000 V/m
C) 9000 V/m
D) 900 V/m
- Aşağıdakilerden hangisi statik elektriğin zararlı etkilerini önlemeye dönük bir araç değildir?
A) Topraklama bileziği
B) İyonize hava üfleyici
C) Elektrostatik voltmetre
D) Antistatik paspas
- Aşağıdakilerden hangisinin çalışmasında statik elektrikten faydalanmaz?
A) Baskı makineleri
B) Baca filtreleri
C) Görüntüleme cihazları
D) Vinçler

Aşağıdaki cümlelerin sonunda boş bırakılan parantezlere, cümlelerde verilen bilgiler doğru ise D, yanlış ise Y yazınız.

11. () Jeotermal santral ve nükleer santraller türbini döndürme mekanizması bakımından bir bakıma termik santrallerdir.
12. () Güneş panellerinden elde edilen gerilimi şebeke gerilimine uygunlaştırmak için gerilim dönüştürücü devreler kullanılır.
13. () İletkenlik kalitesi bakımından en iyisi altın ve sonra gümüş sonra da bakırdır.
14. () Bakır, hem iyi bir iletken hem de altın ve gümüşten daha dayanıklıdır.
15. () İki yük arasındaki itme ya da çekme kuvveti aralarındaki uzaklığın karesi ile ters orantılıdır.
16. () Elektrik alanının yönü, pozitif yükten negatif yüke doğrudur.
17. () İki pozitif yüklü cisim arasında bir çekme kuvveti vardır.
18. () $4 \mu\text{C}$ 'luk bir yükten 2 m uzaklıktaki bir x noktasının potansiyeli, 3 m uzaklıktaki bir y noktasının potansiyelinden küçüktür.
19. () Yüklü bir elektroskopa, yük miktarı daha az ve zıt yüklü bir cisim yaklaştırılırsa elektroskopun yaprakları biraz açılır.
20. () Yükleri $5 \mu\text{C}$ ve $-5 \mu\text{C}$ olan iki iletken cisim birbirlerine dokundurulursa yüklerinin toplamı sıfır olur.

Aşağıdaki cümlelerde boş bırakılan yerlere doğru sözcükleri yazınız.

21. Nükleer sızıntı ve nükleer atıkların muhafazası, santrallerin en önemli dezavantajlarıdır.
22. Suların yükselip alçalmasından faydalanılarak yapılan santrallere santrali denir.
23. Son yörüngesinde üç ya da daha az elektron bulunduran atomlardan oluşan maddelere denir.
24. İyi yalıtkan maddelerin atom ya da moleküllerinin son yörüngesinde ya da daha fazla elektron bulunur.
25. İki yükün potansiyelleri arasındaki farka farkı denir.
26. Yerle bulutlar arasındaki yükdeşajlarına yıldırım denir. Bulutlar arasındaki yükdeşajlarına ise denir.

27. İki yük arasındaki potansiyel farkını ölçen aletlere elektrostatik denir.
28. X kulonluk yük ile yüklü bir elektroskoba $-2X$ kulonluk yük ile yüklenmiş bir cisim yaklaştırılırsa elektroskopun yaprakları önce , sonra da
29. Yüklerin havadan akışını kolaylaştırmak için hava üfleyici kullanılır.
30. Elektrostatik topraklama için cisimlerin ile temaslarının sağlanması gerekir.

DEĞERLENDİRME

Cevaplarınızı cevap anahtarıyla karşılaştırınız. Yanlış cevap verdiğiniz ya da cevap verirken tereddüt ettiğiniz sorularla ilgili konuları faaliyete geri dönerek tekrarlayınız. Cevaplarınızın tümü doğru ise bir sonraki öğrenme faaliyetine geçiniz.

ÖĞRENME FAALİYETİ-2

AMAÇ

Elektrik akımının tanımını yapabileceksiniz ve çeşitlerini öğreneceksiniz. Elektrik akımının maddelerin yapısına bağlı olarak nasıl geçtiğini öğreneceksiniz. Elektrik akımının etkilerini öğrenecek ve bazılarını uygulayacaksınız.

ARAŞTIRMA

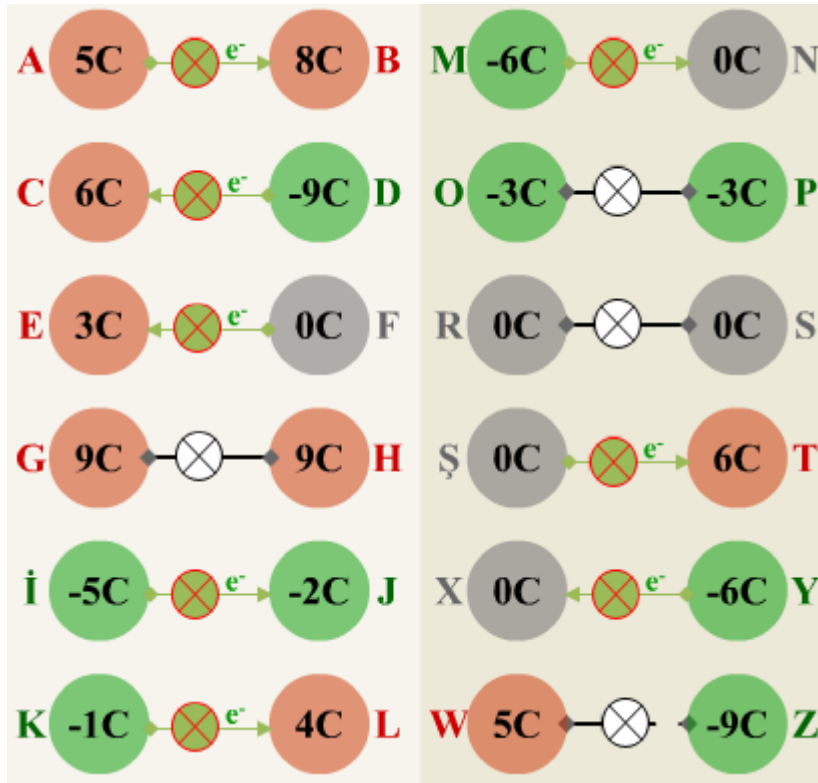
Aşağıda sıralanan etkinliklerden nasıl yapacağınızı bilemedikleriniz olduğunda arkadaşlarınız, büyükleriniz ya da öğretmenlerinizden yardım isteyebilirsiniz.

- Elektrik akımı hakkında bilgi toplayınız ve elektrik gerilimi ile ilişkisini açıklamaya çalışınız.
- Elektrik akımının çeşitleri hakkında bilgi toplayınız.
- Elektrik akımı birimine kimin isminin verildiğini araştırınız.
- Elektriğin etkilerini sınıflandırmaya çalışınız. (Örneğin, elektrik enerjisi lambalarda ışığa dönüştüğünden bu etkisine ışık etkisi diyebilirsiniz.) Yaptığınız sınıflandırmayı arkadaşlarınızınkini ile karşılaştırınız.
- Elektrik akımının zararlı etkilerini araştırınız.
- Bir elektrik motorunun nasıl çalıştığını, ne için ve nerelerde kullanıldığını araştırınız.
- Elektrolizin ne olduğunu ve hangi amaçlarla kullanıldığını ilişkin bilgi toplayarak arkadaşlarınızla paylaşınız.
- Piller hakkında bilgi toplayınız ve yapılarına göre pilleri karşılaştırınız.

2.ELEKTRİK AKIMI, ÇEŞİTLERİ VE ETKİLERİ

Elektrik akımının tanımına geçmeden önce elektrik gerilimini (potansiyel fark) hatırlamanızda fayda olabilir. Hatırlayın elektrik gerilimini **iki yükün ya da iki ayrı noktadaki yüklerin potansiyellerinin farkı** şeklinde tanımlamıştık. Yüklerin durumuna göre bir devreden akım geçip geçmeyeceği ya da geçiyorsa hangi yönde geçeceğine ilişkin fikir sahibi olmak bakımından Şekil 54'e bakabilirsiniz.

Şekil 54'ü yorumlamak için bazı hatırlatmalar faydalı olabilir. Bir yükten diğerine elektron akımı (akım) olabilmesi için yükler arasında potansiyel fark olması gerekir. Bir cismin yükünün, cismin atomlarının proton sayıları ile elektron sayıları arasındaki farktan kaynaklandığını hatırlayınız.



Şekil 54: Yüklere göre akımın durumu

Şekil 54'te yeşil lambalar akım geçişinin olduğunu, beyaz lambalar ise akım geçişinin olmadığını göstermektedir. Şimdi sırası ile yükler arasındaki potansiyel farkını hesaplayalım ve akımın geçip geçmediğini geçiyorsa hangi yönde geçtiğini bulalım.

- A-B arasındaki potansiyel fark = $PF_{AB} = 5 - 8 = -3 \text{ C}$

Öncelikle bir cisimden diğerine elektron akışının üzerinde duralım. Bir cismin atomları sürekli kararlı halde bulunma eğilimindedirler. Tıpkı yüksekte bırakılan bir cismin yer çekimi nedeni ile yere düşme eğiliminde olması (düşmesi) gibi. Siz bir cismin atomlarının son yörüngelerinden elektronlarını başka bir cisme aktarmışsanız bu cismin atomları elektron kaybettikleri için pozitif yüklenmişlerdir. Kendisinden daha negatif bir cisim ile temasını sağladığınız anda eksik elektronlarını tamamlama eğilimi ile o cismin atomlarından elektron kopararak nötr (kararlı) hale geçmeye çalışır. Böylece iki cisim arasında elektron transferi gerçekleşmiş olur.

Yük miktarları arasında bir fark olduğuna göre devrede bir yükten diğerine elektron transferi var demektir. (Şayet bağlantıda problem yoksa) Sonucun negatif (-) çıkmasının anlamı akımın yönü ile ilgilidir. Sonuç negatif çıkınca akım bir yönde geçiyorsa pozitif (+) çıktığında diğer yönde geçiyor demektir.

Elektronların çok olan yükten az olana gittiklerini hatırlayalım. Bu devrede yüklerin ikisi de pozitif. Yani ikisi de elektron rezervi bakımından fakir durumdadır. Ancak B maddesinin atomları elektron bakımından daha aç (fakir) olduklarından, yükleri A'nın atomlarının yükleriyle eşitlenene kadar A'dan elektron çararlar. Buna göre elektronlar göre A'dan B'ye gitmektedirler.

İki cismin yükleri eşitleninceye kadar A'dan B'ye ne kadar elektron akışı olacaktır. Her bir cisim $(5 - 8) / 2 = -3 / 2 = -1.5 \text{ C}$ yüküne sahip oluncaya kadar devrede elektron akışı devam eder ve yükler eşitlenince de akım durur. Elektron akışı olmadığı için de lamba söner.

- $PF_{C-D} = 6 - (-9) = 6 + 9 = 15 \text{ C}$

Bu devrede A-B arasındaki elektron akımından 5 kat daha fazla elektron akımı gerçekleşmektedir. Bunun anlamı bu devredeki lamba A-B devresindeki lambadan çok daha fazla ışık yaymaktadır. (Tabi eğer bu akım lambaya fazla gelip lamba bozulmazsa)

Elektron akımının yönü ise daha negatif olan (elektron bakımından zengin) D yükünden C yüküne doğru olur.

- $PF_{EF} = 3 - 0 = 3 \text{ C}$

F cisminin atomlarının elektron sayıları ile proton sayıları eşit. Bu nedenle yükü sıfır yani yüksüz durumdadır. E cisminin atomları ise daha önce elektron kaybetmiş oldukları için pozitif yüklü. Yüksüz hale ya da sıfıra yakın bir yüke sahip olabilmek için elektrona ihtiyaçları var. Bu durumda E cismi F cisiminden elektron çekeceği için elektron akımının yönü F'den E'ye doğru olur. Ta ki iki cismin yükü de $(3 - 0) / 2 = 1.5 \text{ C}$ oluncaya kadar.

➤ $PF_{GH} = 9 - 9 = 0 \text{ C}$

G ve H cisimlerinin yükleri eşittir. İkisinin atomlarının da fazlasıyla elektrona ihtiyaçları var, ancak nasıl ki su seviyeleri eşit kaplardan birinden diğerine su akıyorsa bu cisimler arasında da elektron akışı olmamaktadır (Lamba yanmıyor.). Elektron akışının olabilmesi için cisimlerden birinin diğerine göre daha çok ya da daha az yüke sahip olması gerekir. Yani yükleri arasında bir fark olması gerekir.

➤ $PF_{IJ} = 5 - (-2) = -5 + 2 = -3 \text{ C}$

E-F cisimlerinin yük farkı 3 C iken İ-J cisimlerinin yük farkı -3 C olduğuna göre iki devre arasındaki fark nedir? Aslında hiçbir fark yoktur. İki devrede de aynı miktarda elektron akışı olmakta ve lambaların ikisi de aynı ışık şiddeti ile yanmaktadır. Tek fark geçen akımın yönüdür. Yani devrenin birinde akım bir tarafa geçerken diğerinde diğer tarafa geçmektedir. Başka bir deyişle İ-J devresinde İ'den başlayan elektron akımı, lambanın birinci ucundan girip ikinci ucundan çıkarak devreyi tamamlarken E-F devresinde tersi olmakta ve elektron akımı lambanın ikinci ucundan girip birinci ucundan çıkarak devreyi tamamlamaktadır.

İ cisminin atomları J cisminin atomlarına göre daha çok elektron kazanmışlar ve daha negatif yüke sahipler. Bu nedenle J cisminin atomları İ cisminin atomlarından elektron alır ve nötr hale gelemeseler de nötr olmaya çalışırlar. Bu durumda iki cismin yükü de $(-5 - (-2))/2 = -1.5 \text{ C}$ olana kadar elektron akımı İ'den J'ye doğru olur.

➤ $PF_{KL} = -1 - 4 = -5 \text{ C}$

İki cismin yükü de $-5/2 = -2.5 \text{ C}$ olana kadar elektron akımı K'dan L'ye akar.

➤ $PF_{MN} = -6 - 0 = -6 \text{ C}$

İki cismin yükü de $-6/2 = -3 \text{ C}$ olana kadar elektron akımı M'den N'ye akar.

➤ O-P cisimlerinin potansiyelleri eşit olduğu için elektron akımı olmaz, lamba yanmaz.

➤ R-S cisimlerinin potansiyelleri eşit olduğu için elektron akımı olmaz, lamba yanmaz.

➤ $PF_{ST} = 0 - 6 = -6 \text{ C}$

İki cismin yükü de $-6/2 = -3 \text{ C}$ olana kadar elektron akımı S'den T'ye akar.

➤ $PF_{XY} = 0 - (-6) = 0 + 6 = 6 \text{ C}$

İki cismin yükü de $6/2 = 3 \text{ C}$ olana kadar elektron akımı Y'den X'e akar.

➤ $PF_{WZ} = 5 - (-9) = 5 + 9 = 14 \text{ C}$

W cisminin atomları Z cisminin atomlarından elektron alamaz, çünkü elektronların gidebileceği yol kapalıdır. Yani iletken tel kopuk olduğu için elektron transferi de gerçekleşemez.

Gerilim ve potansiyel farkla uğraşırken elektron akımıyla da karşılaştınız. Elektrik akımı ile elektron akımı arasında ilişkinin var olduğunu fark etmiş olabilirsiniz.

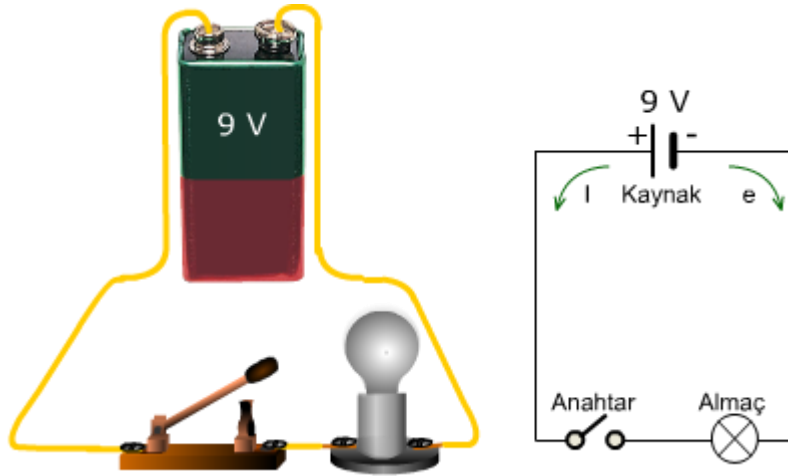
2.1.Elektrik Akımı

Elektrik potansiyeli ve potansiyel fark anladıktan sonra elektrik akımına geçeceğiz.

2.1.1.Tanımı

Bir iletkenle birleştirilen ve aralarındaki potansiyel farktan kaynaklanan iki nokta arasındaki elektron akışına elektrik akımı (akım) denir. Elektrik akımı kısaca elektron akımıdır.

Kaba bir tabirle bir iletkenle birleştirilen iki noktadan elektronlar çok olan noktadan az olan noktaya doğru akarlar. Uçları arasında potansiyel fark bulunan ya da elektron akışı (elektrik akımı) potansiyeli bulunan elemanlara kaynak denir. Örneğin daha önce gördüğümüz alternatörler, telefonlarınızın bataryaları, araba aküleri, piller hepsi birer elektrik (gerilim) kaynağıdır ve elektrik devrelerinde kısaca kaynak şeklinde adlandırılırlar.



Şekil 55: Basit elektrik devresi

Bir elektrik devresinde elektrik akımı kaynağın pozitif (+) ucundan negatif (-) ucuna doğrudur. Elektron akımı ise kaynağın negatif (-) ucundan pozitif (+) ucuna doğrudur (Şekil 55). Elektrik akımı elektron akımının tam tersi yönde değil mi? Elektrik akımı, elektron

akımı olduğu halde yönleri farklıdır. Elbette böyle bir şey mümkün değildir. Elektrik akımının yönünün pozitiften negatife doğru olması sadece bir kabulden ibarettir.

Şekil 55'deki devrede anahtar kapatılınca akım, kaynağın pozitif (+) ucundan çıkar ve anahtar ve alıcıdan (elektrikle çalışan herhangi bir şey, örneğin lamba) geçerek kaynağın negatif (-) ucuna döner. Bu durumda alıcı üzerinden akım geçtiği için alıcı çalışır. Eğer devrenin herhangi bir yerinde açıklık/kopukluk varsa akım geçemeyeceği için alıcı çalışmaz. Şekil 55'teki devrede anahtar açık olduğu için devreden akım geçmemektedir.

Pekiştirmek amacıyla tekrar edecek olursak, bir devredeki alıcının çalışabilmesi için kaynağın bir ucundan (+) çıkan akımın, alıcı üzerinden geçtikten sonra kaynağın diğer ucuna (-) dönebilmesi gerekir.

Not: Akımın yönünün artıdan (+) eksiye (-) olması, ABD'li bir yazar, mucit, felsefeci, bilim adamı, siyasetçi ve diplomat olan ve 1706–1790 yıllarında yaşayan Benjamin Franklin'in bir tezidir. O bu tezi öne sürdüğü zaman atomun yapısı bu günkü gibi açıklığa kavuşmamıştı. Dolayısıyla elektron akımı konusunda bir fikir sahibi değildi. İlerleyen zamanlarda ise her şey açıklığa kavuşmuştu ancak akımın yönü konusunda bir değişikliğe gidilmedi ve bütün elektrik devre teorileri bu kabule göre geliştirildi.

2.1.2.Elektrik Akımının Metal, Sıvı ve Gazlardan Geçışı

Akım (elektron akımı) taşıyıcılarının katı maddelerde ve gazlarda serbest elektronlar iken sıvılarda akım taşıyıcılarının iyonlar olduğunu hatırladınız mı?

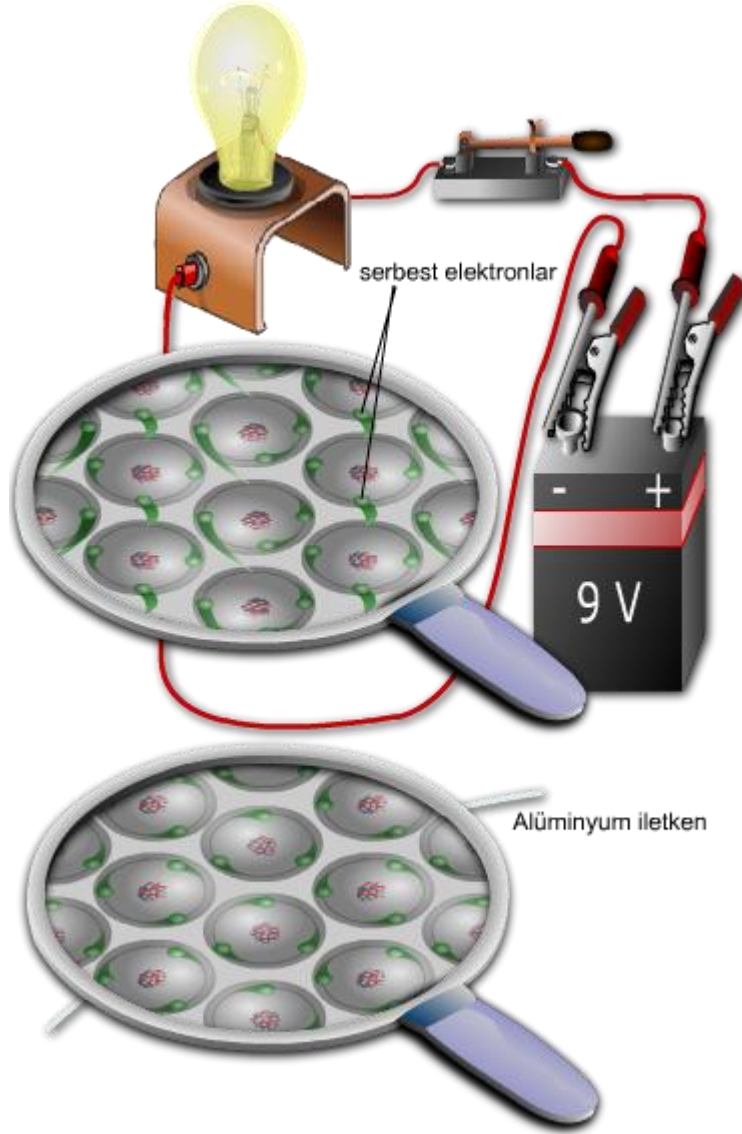
Katı iletkenlerden akım geçirerek ısı, ışık vb. şeylerin elde edilmesinin yanında elektrik akımını (elektrik enerjisini) bir yerden başka bir yere taşımak (iletmek) için kullanılırlar. Buna karşın sıvı ve gazlarda amaç akımı iletmek değil, akımın geçişi esnasında gerçekleşen olaylardan faydalanmaktır.

Örneğin, bir elektroliz devresinden akım geçerken saf metaller elde edilebilir ya da içinde gaz bulunan bir floresan tüpten ışık elde edilir.

➤ Elektrik Akımının Metallerden Geçışı

Bir kaynağın uçları bir alıcı üzerinden iletkenler vasıtasıyla birleştirildiğinde devreden elektrik akımının geçtiğini biliyorsunuz. Bu akımın taşıyıcılarının iletkenlerin atomlarındaki (son yörüngede) **serbest elektronlar** olduğunu da biliyorsunuz.

Hatırlayacağınız gibi son yörüngesinde 3 ve daha az elektron bulunduran atomlardan oluşan metal maddelere iletken madde demiştik. Ayrıca son yörünge elektron sayısı (en fazla üç olmak kaydıyla) az olan atomlardan oluşan maddeler, çok olanlara göre daha iyi iletkeni.



Şekil 56: Alüminyum iletkende serbest elektron hareketi

Şekil 56’da uçları boşta duran bir alüminyum iletken ve atomlarının son yörünge elektronlarının durumları görülmektedir. Her bir elektron kendi atomunun çevresinde büyük bir hızla dönüşüne devam etmektedir. Şekilde de görüldüğü gibi alüminyum atomlarının son yörüngesinde üç elektron vardır ve örneğin bakıra göre daha kötü bir iletkenidir.

Bu hatırlatmalardan sonra serbest elektronları harekete geçiren etkenin ne olduğuna bakalım. Kaynağın artı ucunu oluşturan cismin atomları kararlı (nötr) hale geçebilmek için elektron almak zorundadırlar. Kaynağın eksi ucunu oluşturan cismin atomları ise kararlı hale geçebilmek için elektron vermek zorundadırlar. Kaynağın iki ucu alıcı üzerinden birleştirildiğinde metal iletken atomları iki tür kuvvetin etkisinde kalırlar. Birincisi kaynağın

eksi ucuna yakın atomlara eksi uç tarafından zorla elektron verme isteğidir. İkincisi ise kaynağın artı ucuna yakın iletken atomlarından zorla elektron alma isteğidir.

İşte bu kuvvetler sonucunda metal iletkenin bir ucundaki atomlar kaynak atomlarına elektron kaptırırken diğer ucundakiler kaynak atomları tarafından kendilerine zorla elektron verilirler. Bu durumda kararlı hale geçmek isteyen ve elektron almış iletken atomları, fazla elektronlarını yakınlarındaki atomlara vererek ve elektron kaybetmiş atomlar da yakınlarındaki atomlardan elektron alarak kaynağın iki ucu arasında elektron taşıyıcılığı yaparlar. Başka bir deyişle, Şekil 56'daki devrede görüldüğü gibi elektrik akımını geçirmiş olurlar. Devre kapalı olduğu sürece ve kaynağın gerilimi varken, bu işlem zincirleme olarak devam etmektedir.

➤ Elektrik Akımının Sıvılardan Geçiş

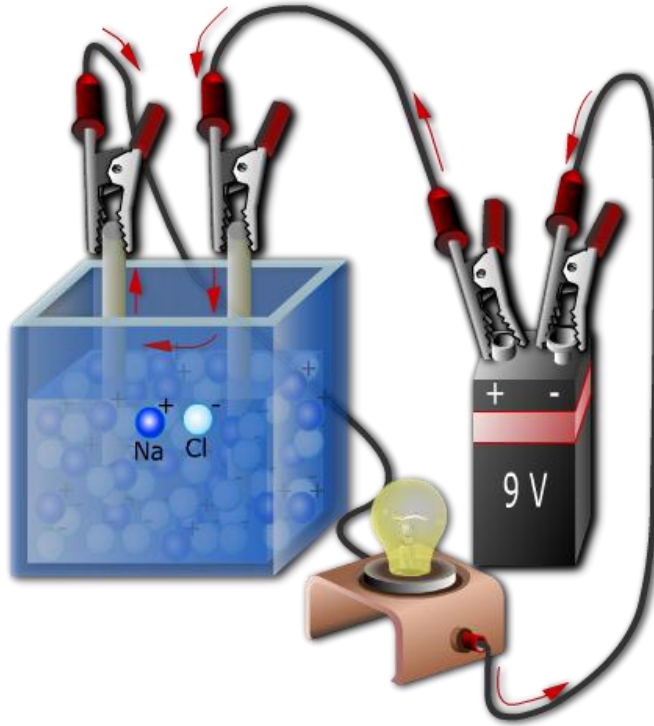
Sıvılar aslında yalıtkan olmalarına karşın bileşik halinde olan ve atomları iyonlarına ayrılabilen bazı sıvılar, suya karıştırıldıklarında iletken olabilirler. Örneğin, saf su yalıtkan olmasına karşın suya asit, baz ya da tuz karıştırıldığında suda çözünürler (reaksiyona girerler) ve reaksiyon sonucu ortaya çıkan iyonlar sulu çözeltiyi (elektrolitik sıvı) iletken hale getirirler.

Suda çözündürüldüklerinde en iyi iletkenlik asitlerle elde edilir, ardından sırası ile bazlar ve tuzlar gelir.

Şekil 57'de görülen elektroliz devresinde suyun iletkenliğini sağlamak için sodyum klorür (NaCl) kullanılmıştır. Devredeki kaptaki sodyum (Na^+) ve klor (Cl^-) iyonları bulunmaktadır, çünkü sodyum klorür suda çözünerek Sodyum (Na^+) ve klor (Cl^-) iyonlarına ayrılmıştır. Devredeki kaynak ve lamba çözeltiye daldırılmış elektrotlar üzerinden kablolarla birleştirilmiş, çözelti (elektrolit) üzerinden kapalı bir devre oluşturulmuştur.

Anlatımımızı bir (tek) elektron üzerinden yaparsak anlaşılabilirlik açısından faydalı olabilir. Kapalı devre oluşturulduğu anda kaynağın (pilin) negatif (-) ucundan çıkan bir elektron kabloya, kablodan da negatif uca bağlı elektroda (katot) geçer. Bu anda katodun yük dengesi değiştiği ve negatif yüklendiği için sodyum (Na^+) iyonlarından birini kendine çeker ve ona bir elektron verir. (Sodyum nötr hale gelir.) Aynı anda kaynağın pozitif ucu kablodan bir elektron koparır (alır) ve kablo da pozitif elektrottan (anot) bir elektron çeker. Yük dengesi bozulan ve pozitif yüklenen anot, Klor (Cl^-) iyonlarından birini kendine çeker ve Ondan bir elektron koparır. (Klor da nötr hale gelir.)

Elbetteki bir anda (kaynak tarafından) katoda milyonlarca elektron verilmekte ve anottan milyonlarca elektron çekilmektedir. Buna bağlı olarak milyonlarca Sodyum iyonu (Na^+) katoda doğru hareket ederek katotla bileşik oluşturmakta (birleşmekte) ve milyonlarca Klor iyonu (Cl^-) anoda doğru hareket etmekte ve anotla birleşmektedir. Bunlar olurken aynı sayıda elektron lambanın üzerinden geçmekte ve lambanın ışık yaymasını sağlamaktadır.



Şekil 57: Elektroliz devresi

Not: Bir elektroliz devresinde, elektrolitik sıvıya batırılan iletken çubuklara **elektrot** denir.

Kaynağın pozitif ucuna bağlanan elektroda **anot**, negatif ucuna bağlanan elektroda ise **katot** denir.

Elektrolitik sıvıda çözülen asit, baz ya da tuz iyonlarına ayrılır. Pozitif iyonlara **kasyon**, negatif iyonlara ise **anyon** denir.

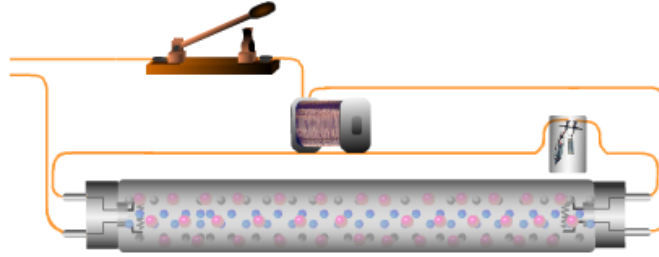
Bunun sebebi iyonlar bazen ya direkt ya da bileşik halinde açığa çıkarken (Örneğin gaz, buhar) bazen de elektrotlarla birleşirler. İşte pozitif elektrot olan anotla birleştiği için negatif iyonlara **anyon** ve negatif elektrot olan katotla birleştiği için pozitif iyonlara da **kasyon** denir.

➤ Elektrik akımının gazlardan geçişi

Gazlar da sıvılar gibi normalde yalıtıcıdır. Ancak bir tüp içerisindeyken düşük basınç altında ve yüksek gerilimin etkisindeki bazı gazlar, atomlarının iyonlaşması sonucu iletken hale geçebilirler. Bu konuda en bilinen örneklerden biri floresan lambaların tüplerinde kullanılan argon gazıdır.

Şekil 58’de temsili bir floresan lamba devresi görülmektedir. Havası alınmış lamba tüpünün içerisinde argon ve civa (buhar halinde) bulunur. Bilindiği gibi argon (Ar) gazı atomlarının son yörüngelerinde 8 elektron bulunmaktadır ve bu özelliğinden dolayı iletkenlik bakımından yalıtkan sınıfına girmektedir, ancak devrede flamanlar yardımıyla ısıtılan gaz

atomları, balast vasıtasıyla yüksek gerilime maruz kaldıklarında iyonlaşırlar ve flamanlardan gönderilen ya da alınan serbest elektronların taşıyıcısı durumuna geçerler. Bu durumda tüp içerisinden akımın geçtiğini, gaz haline geçen civa atomlarının uyardığı fosfor atomlarının yaydıkları ışıktan anlamaktayız.



Şekil 58: Fluoresan lamba devresi

Not: Fluoresan lambanın çalışmasını merak ediyorsanız bu notu okumaya devam edebilirsiniz. Anahtara basıldığında tüpün içi normalde yalıtkan olduğundan akım balast, birinci flaman, starter ve ikinci flaman üzerinden geçerek kaynağın diğer ucuna döner. Flamanlar tüpün içini ısıttıkça içerideki argon ve civa buharı atomlarının hareketleri hızlanır. Hareketler hızlandıkça çarpışmalar da artar. Hem kaynağın uyguladığı elektrik alanının (iki uç arasındaki potansiyel farktan dolayı) hem de çarpışmaların neticesinde atomların son yörünge elektronları enerji kazanırlar. Ancak kazandıkları enerji henüz kendi atomlarını terk etmeye yeterli değildir. Bir süre sonra starterin kontakları genişler ve kontakları açılır. Bu esnada balastta (bobin) yüksek bir gerilim oluşur. Bu potansiyel farkın elektrik alanı sonucu gaz atomları artık atomlarını terk edecek enerjiyi kazanırlar ve bazı atomların son yörünge elektronları serbest hale geçerek iletkenliği sağlarlar. Atomların bazı elektronları, kazandıkları enerji sonucu (elektrik alanı ve çarpışmaların etkisiyle) bir üst yörüngeye sıçrarlar. Enerji kaybettiklerinde ise eski yörüngelerine dönerken artık enerjileri ile foton (ışık) yayarlar. (Bu ışığı biz göremeyiz.) Yayılan fotonlar tüpün iç yüzeyine serilmiş fosfor atomlarını uyarırlar. Kazanılan enerji ile elektronların yörünge sıçraması ve eski yörüngeye dönülmesi olayı fosfor atomlarında da gerçekleşir. İşte bizim gördüğümüz ışık, yörüngelerinden sıçramış fosfor atomlarının yörüngelerine dönerken yaydıkları fotonlardan ibarettir.

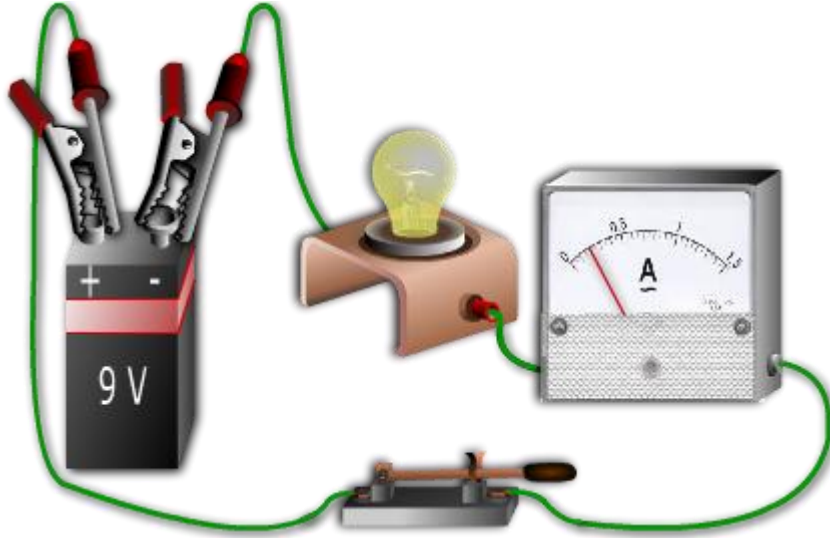
2.1.3.Elektrik Akımının Birimi

Elektrik akımı **I** ya da **i** harfleriyle gösterilir ve birimi **Amper (A)** dir. Elektrik akımı ampermetre denen ölçüm cihazları ile ölçülür. Amperetreler devreye seri olarak bağlanırlar (Şekil 59).

1 Amper, birim zamanda (1 saniyede) bir iletken den geçen 1 C'luk elektrik yükü miktarına denir. Başka bir deyişle, bir devreden 1 saniyede 624.10^{16} adet elektron geçiyorsa o devrenin akımı 1 Amper'dir.

Bir devreden geçen elektrik akımı **I = Q/t** formülüyle bulunur.

I : Elektrik akım şiddeti – Amper (A)
Q: Elektrik yükü miktarı – Kulon - Coulomb (C)
t : Elektrik yüklerinin geçtiği zaman – Saniye (sn)



Şekil 59: Ampermetrenin devreye bağlanması

Örnek 1: Bir lambadan 5 saniyede 2.5 C'luk yük geçtiğine göre lambanın çektiği akımı bulunuz.

Cevap:

$$Q = 2.5 \text{ C}$$

$$t = 5 \text{ sn.}$$

$$I = ?$$

$$I = q / t = 2.5 / 5 = \mathbf{0.5 \text{ A}}$$

Örnek 2: Bir lamba, uçları arasındaki potansiyel farkı 10 C olan elektrostatik bir kaynaktan 5 saniye boyunca 0.5 A akım çektiğine göre son durumda kaynağın yükü ne kadar azalmıştır?

Cevap:

$$I = 0.5 \text{ A}$$

$$t = 5 \text{ sn.}$$

$$Q = ?$$

$I = Q / t$ formülünde Q'yü bulmak (yalnız bırakmak) için bölüm halinde olan t değişkeni, eşitliğin karşı tarafına çarpım olarak geçer ve formül

$I.t = Q$ ya da $Q = I.t$ şeklini alır. Değerler formüle yerleştirildiğinde transfer olan yük miktarı

$$Q = 5 \cdot 0.5 = 2.5 \text{ C şeklinde bulunur.}$$

Örnek 3: Örnek 2'deki kaynağın potansiyel farkı son durumda ne kadardır?

Cevap: İşlemi basitleştirmek için kaynağın uçlarından birinin 10 C'luk yüke ve diğerinin de 0 C'luk bir yüke sahip olduğunu varsayalım. 10 C'luk uçtan diğerine 2.5 C'luk yük aktığına göre:

$$\text{Birinci ucun potansiyeli} = 10 - 2.5 = 7.5 \text{ C}$$

$$\text{İkinci ucun potansiyeli} = 0 + 2.5 = 2.5 \text{ C}$$

Aralarındaki potansiyel fark ise:

$$Q_{1-2} = Q_1 - Q_2 = 7.5 - 2.5 = 5 \text{ C şeklinde bulunur.}$$

Örnek 4: Örnek-2'deki devreden akan yük kaç elektronun yüküne eşittir?

Cevap: 1 C 624.10^{16} adet elektronun yüküne eşit olduğuna ve devreden toplamda 2.5 C'luk yük aktığına göre göre:

$$\text{Devreden akan yük, } 2.5 \cdot 624 \cdot 10^{16} = 156 \cdot 10^{17} \text{ elektronun yüküne eşittir.}$$

Seri/paralel bağlama: Üç arkadaş düşünün. Birinin sağ eli diğerinin sol eline gelecek şekilde bağlarsa ellerini seri bağlamış olurlar. Şayet sağ ellerini bir noktada ve sol ellerini başka bir noktada birleştirirlerse ellerini paralel bağlamış olurlar. Devre elemanlarının giriş uçlarını sol eliniz ve çıkış uçlarını da sağ eliniz gibi düşünebilirsiniz.

Not: Akımın birimine amper ismi Elektrik alanında önemli çalışmalar yapmış bir Fransız fizikçi ve matematikçi André-Marie Ampère (1775 – 1836)'nin anısına verilmiştir.

2.1.4. Ast ve Üst katları ve Çevrimleri

Elektriksel büyüklüklerin hepsinde olduğu gibi akım da biner biner büyür ve biner biner küçülür.

Amperin üst katları sırayla kiloamper (kA) ve megaamper (MA) dir. Mega amper büyüklüğündeki akımlar çok büyük olduğundan akım değeri olarak MA ile pek karşılaşmazsınız.

Amperin ast katları ise sırası ile miliamper (mA) ve mikroamper (μA) dir. Amperi bir binanın zemin katına koyarsak akımın ast katları binanın alt katlarına ve akımın üst katları da binanın üst katlarına yerleştirilebilir (Tablo 2).

2. kat- 1 A =	$(1/(1000)/1000) = 0.000001 = 1.10^{-6}$ MA	Sayı iki kere bine bölünüyor.
1. kat- 1 A =	$1/1000 = 0.001 = 1.10^{-3}$ kA	Sayı bir kere bine bölünüyor.
Zemin kat	1 Amper	Zemin kat
1. kat- 1 A =	$1000 = 1.10^3$ mA	Sayı bir kere binle çarpılıyor.
2. kat- 1 A =	$1000.1000 = 1000000 = 1.10^6$ μ A	Sayı iki kere binle çarpılıyor.

Tablo 2: Akımın ast ve üst katları

Örnekler:

$$5 \text{ A} = \dots\dots\dots\text{mA}$$

Problemi çözerken sorulan katın baz alınması çözümü kolaylaştırır. Sonra verilen katın sorulan kattan kaç kat aşağı ya da yukarıda olduğuna göre kat sayısınca bine bölünür ya da binle çarpılarak sonuç bulunur.

Miliamper, amperin bir alt katında. O zaman sayı binle (1000) çarpılmalıdır.

$$5 \text{ A} = 5 \cdot 1000 = 5000 \text{ mA}$$

$$250 \text{ A} = \dots\dots\dots\text{kA}$$

kA, A'nın bir üstünde. O zaman sayı bine bölünmelidir.

$$250 \text{ A} = 250 / 1000 = 0.25 \text{ kA}$$

$$250 \text{ A} = \dots\dots\dots \text{MA}$$

MA, A'nın iki kat üstünde. Bu nedenle sayı 2 kere bine bölünmelidir.

$$250 \text{ A} = (250 / 1000)/1000 = 0,000025 = 25.10^{-5} \text{ MA}$$

$$100 \text{ kA} = \dots\dots\dots\mu\text{A}$$

μ A, kA'nın üç kat altında. Sayı üç kere binle çarpılmalıdır.

$$100 \text{ kA} = 100. (1000.1000.1000) = 100.10^9 \mu\text{A}$$

2.2.Elektrik Akımı Çeşitlerinin Tanımı

Elektrik akımının çeşitleri, akımın değerlerinin zamana göre değişimine göre doğru akım ve alternatif akım diye ikiye ayrılır. Doğru akım ise düzgün doğru akım ve değişken doğru akım şeklinde iki başlık altında incelenir.

2.2.1.Doğru akım (DA, DC)

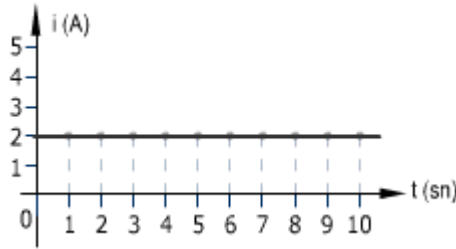
Doğru akım, zamana bağlı olarak yönü değişmeyen akıma denir.

Kısa gösterimi DA (**D**oğru **A**kım) ya da İngilizce haliyle DC (**D**irect **C**urrent) şeklindedir.

Doğru akımın yönü değişmese de şiddeti değişebilir. Buna göre doğru akım iki başlık altında incelenebilir.

➤ Düzgün Doğru Akım

Zamana göre yönü de şiddeti de değişmeyen akıma düzgün doğru akım denir.



Şekil 60: Düzgün doğru akım

Şekil 60'ta düzgün doğru akım doğrusu görülmektedir. Şekilde görüldüğü gibi zamanın hangi anını alırsak alalım akımın değerinde de bir değişme yoktur. Örneğin, akımın 2. ve 8. saniyelerdeki değerlerine baktığımızda ikisinde de 2 A olduğunu görmekteyiz.

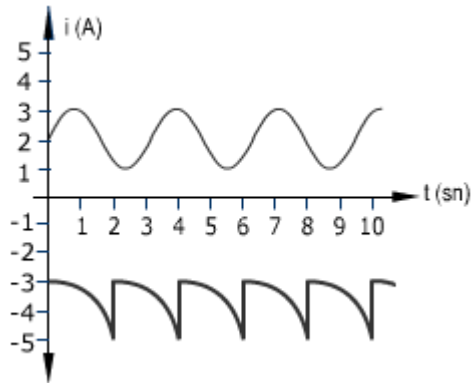
Düzgün doğru akım dinamolar, piller, akü ve bataryalardan elde edilir. Ayrıca şebeke akımı, adaptör denen cihazlarla düzgün doğru akıma dönüştürülmektedir. Örneğin, Resim 12'de farklı tip ve voltajlarda piller görülmektedir. Ayrıca şarj olabilen pilleri şarj etmek için bir şarj cihazı görülmektedir. Şarj cihazı, adaptör gibi davranır ve önce şebeke gerilimini uygun değere düşürür (3,4,5, 6, 7,5, 9, 12 V vb.) ve sonra alternatif akımı doğru akıma dönüştürerek pilleri şarj edecek düzgün doğru akımı sağlarlar.



Resim 12: Farklı tiplerdeki piller

➤ Değişken Doğru Akım

Zaman göre yönü değişmeyen ancak değeri değişen akımlara değişken doğru akım denir.



Şekil 61: Farklı değişken doğru akım eğrileri

Şekil 61’de iki farklı değişken doğru akım eğrisi görülmektedir. Şekilde birinci eğri pozitif değere sahipken ikinci eğri negatif değere sahiptir. Bunun ne anlama geldiğini kısaca ifade etmek gerekirse, diyelim ki birinci ve ikinci eğrilerdeki akımlar iki farklı lambadan geçiyor. Lambaların ışık şiddetlerinin yanında (çünkü eğrilerin değerleri farklı) geçen akımların yönleri de farklı olur.



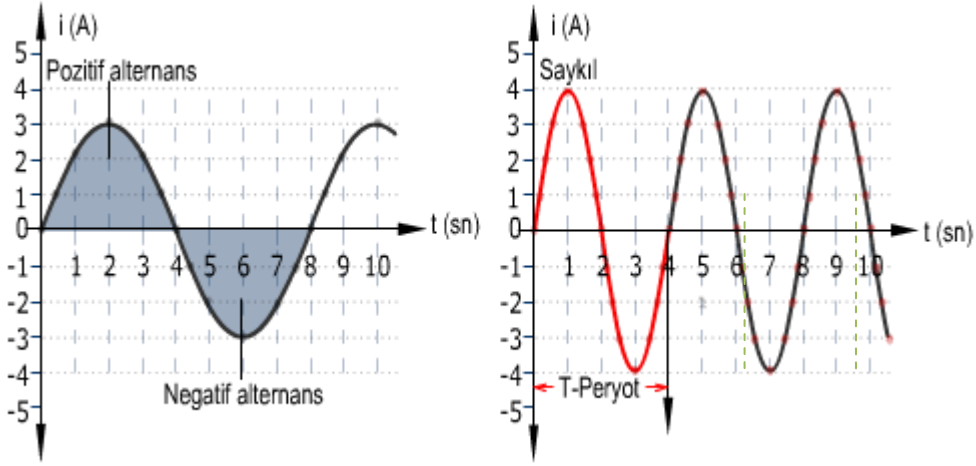
Resim 13: Sinyal jeneratörü

Periyodik değışken doğru akım, sinyal (pals-puls) jeneratörü denen cihazlarla elde edilir. (Resim 13)

2.2.2. Alternatif akım (AA, AC)

Zamana bağılı olarak hem yönü hem de şiddeti değışen akımlara alternatif akım denir. Alternatif akım denince akla ilk olarak şebekeden çekilen akım gelir. Şebeke akımının dalga formu sinüs eğrisi şeklindedir. Şekil 62'deki eğriler, şebeke akımının örnekleridir ve sinüs eğrisi ya da sinüsoidal eğri olarak adlandırılmaktadırlar.

Kısa gösterimi AA (Alternatif Akım) ya da İngilizce olarak AC (Alternative Current) şeklindedir.



Şekil 62: Alternatif akım eğrileri

Şekil 62’de iki adet alternatif akım eğrisi görülmektedir. Bu eğrilerin görünüşleri farklı olsa da dalga boyu (periyot), genlik ve frekans olmak üzere birtakım ortak özelliklere sahiptirler.

Şimdi bu ortak özelliklere bakalım.

Alternans: Bir eğrinin y ekseninde sıfırdan geçip tekrar sıfıra döndüğünde elde edilen eğri parçası.

Saykıl: Bir pozitif ve bir negatif alternanstan oluşan eğri parçası.

Peryot : Bir eğri parçasının y ekseninde sıfır değerini aldıktan sonra y ekseninde sırası ile maksimum, sıfır, (x ekseninin karşı bölgesinde) maksimum ve sıfır değerine ulaşması için geçen zaman. Kısaca bir saykılın oluşması için geçen zaman. Peryodun birimi saniye (sn) dir.

Frekans: Bir saniyede tekrarlanan saykıl sayısı. Frekans’ın birimi Hertz (HZ) dir.

Frekans ile periyot arasında $F = 1 / T$ eşitliği söz konusudur. Örneğin bizim şebeke gerilimimiz 50 Hz’dir. Buna göre **1 saykıl için geçen zaman = periyot = $T = 1 / F = 1 / 50 = 0.02$ sn**’dir.

2.3.Elektrik Akımının Etkileri

Hemen her gün elektrik akımının birçok etkisi ile yüz yüze gelmekteyiz. Evlerimizdeki lambalar, ısıtıcılar, telefon, televizyon... hepsi elektrik akımının bir etkisinden faydalanılarak geliştirilmiş cihazlardır.

2.3.1. Isı Etkisi

Soğuk havalarda hepimizin üşüdüğümüzde ellerimizi bir birine sürterek ısındığımız olmuştur. Peki, böyle yaptığımızda ne oluyor da ısınıyoruz? Sürtünme sonucu ellerimizdeki atomların kinetik (hareket) enerjisini artırıyoruz. Yani aslında sadece bir enerji dönüşümü gerçekleştiriyoruz.

Elektrik akımının ısı etkisinden faydalanılarak işlerimizi kolaylaştıran birçok cihaz yapılmaktadır. Evlerimizdeki elektrikli ocaklar, ısıtıcılar, fırınlar bunlara örnek gösterilebilir (Resim 14).



Resim 14: Elektrikli ocak ve ısıtıcı

Elektrik enerjisinin ısı etkisinden evlerimizde faydalandığımız gibi farklı endüstri kollarında da kullanımı çok yaygındır, ancak elektrik akımının ısı etkisinin istenmediği durumlar da söz konusudur. En basitinden kullanımı gittikçe azalsa da evlerimizdeki akkor flamanlı lambalar iyi bir örnek teşkil edebilir. Bu lambaların kullanım amacı aydınlatma olmasına karşın ışık verimlerinin %10 civarında olması ve enerjinin çoğunu ısıya dönüştürmeleri istenmeyen bir durumdur.

Benzer şekilde bilgisayarınızın güç kaynağında fan bulunmaktadır, çünkü akım geçen devre elemanları fazlaca ısınmakta ve soğutulmazlarsa bozulma riski bulunmaktadır.

Yine trafolar, elektrik motorları vb. birçok elektrikli makinelerde ısınma, hem enerji kaybına hem de soğutma zorunluluğu yüzünden ekstra harcamalara neden olmaktadır.

2.3.1.1. Akım Geçiren İletkenlerin Isınması

Aslında ellerimizi sürterek ellerimizi ısıtmamız ile bir iletken akım geçirilince iletken telin ısınması sırasında aynı olaylar gerçekleşmektedir. Tek farkla ki iletken telde bu işi elektrik akımı yapmaktadır. Bir iletken akım geçirilince elektronların atomlarla ve başka elektronlarla çarpışmaları sonucu iletken telin toplam kinetik enerjisinin artmasına neden olmaktadır. İletken telde artan (oluşan) ısı ise daha az ısıya sahip olan ortama yayılmaktadır.

İletkenlerin ısınma düzeyleri, iletkeni oluşturan atom ya da moleküllerin elektrik akımına (elektronların geçişine) izin verme oranına bağlıdır. Yani akım bir iletkenin daha kolay geçiyorsa iletken tel daha az ısınır. Daha zor geçiyorsa, (sürtünme ve çarpışmalardan dolayı) iletken tel daha çok ısınır. İletken tellerin öz dirençlerine bağlı olarak ısınma düzeylerini anlamak bakımından Tablo 4'teki bilgilere bakmak faydalı olabilir.

2.3.1.2.İletkenlerin Kabul Edilebilir Isınma Düzeyleri

Isıtıcı yapımında kullanılan iletkenlerin tersine, akım taşıyan iletkenlerin ısınması istenmez, çünkü iletken ısınınca enerji kaybına neden olur. Bunun da ötesinde aşırı ısınmayla eriyerek yangın gibi istenmeyen olaylara sebebiyet verebilir. Yine de üzerinden akım geçen her iletken bir miktar ısınır. İletkenlerin ısınma miktarları, yapıldıkları maddenin cinsine göre farklılık arz eder.

Yine yapıldıkları malzemenin cinsine göre her iletkenin dayanabileceği azami bir sıcaklık değeri vardır. Bu sınır sıcaklığı, iletkenin erime sıcaklığı da göz önünde bulundurularak yalıtım malzemesinin erime sıcaklığına göre belirlenir.

İletkenlerin ısınma düzeyleri normal çalışma ve kısa devre durumunda farklılık arz eder. İletkenler (malzeme cinsi ve kalitesine bağlı olarak) çok kısa bir süre yüksek sıcaklıklara dayanabildikleri için kısa devre sınır sıcaklık değerleri normal çalışma sınır sıcaklığından daha yüksektir.

İletken üretim firmaları farklı amaçlara yönelik, farklı çeşitlerde iletkenler üretmektedirler. Firmalar, çeşitli hesaplar ve testler sonucunda bir iletkenin taşıyabileceği azami akımı, dayanabileceği azami sıcaklığı vb. bilgileri kablo kataloglarında belirtirler.



Resim 15: Çok damarlı çok telli bir kablo

İletken seçimi, iletkenin hangi amaçla, nerede ve hangi şartlarda kullanılacağını tespiti yapıldıktan sonra kataloglardan yararlanarak yapılabilir.

Resim 15'de örnek olması bakımından üretici bir firmanın ürettiği kablolardan biri görülmektedir. Tablo 3'de ise kabloya ait katalog bilgileri görülmektedir. Kablonun (iletkenin) dayanabileceği sınır sıcaklık değerleri tablonun son satırında kalın harflerle yazılmıştır.

H05vv5-F (Nyslyö-Jz)
Kumanda kontrol kabloları yapısı 1.İletken : İnce çok telli bakır 2.İzole : pvc 3. Dış kılıf : pvc
Uygulama alanı Bu tıp kablolar ölçme, görüntüleme ve kontrol amacı ile makine üretiminde, enerji istasyonlarında, mühendislik projelerinde, ısıtma-havalandırma ve diğer elektrik sistemlerinde, kuru ve nemli yağlı ortamlarda, özellikle endüstriyel çevre şartlarında kullanıma uygundur. bu tıp kablolar açık havada dış ortamda kullanılamaz.
Teknik veriler Minimum bükülme yarı çapı : 12 x d Maksimum çalışma sıcaklığı : 70°C Maksimum kısa devre sıcaklığı : 160°C Beyan gerilimi UO/U : 300/500 v Deney gerilimi AC : 2 kv

Tablo 3: Bir iletken için katalog bilgileri

2.3.1.3.Joule Kanunu

Jul (Joule) Kanunu, bir iletken içinde üretilen (dönüştürülen) ısı miktarının nelere bağlı olduğunu ortaya koyar.

Jul Kanunu'na göre bir iletken içinde ortaya çıkan ısı miktarı, iletkenin direncine bağlı olarak üzerinden geçirilen akımın karesi ve akımın geçme süresi ile doğru orantılıdır. Matematiksel ifadesi ise aşağıdaki gibidir.

$$Q = I^2 \cdot R \cdot t \text{ (Joule)}$$

Eşitlikteki sembollerin anlamları ve birimleri aşağıdaki gibidir:

- Q** : İletken içindeki ısı miktarı (Joule - J)
I : İletkenden geçen akım (Amper - A)
R : İletkenin direnci (Ohm - Ω)
t : Akımın geçme süresi (Saniye - sn)

Isı birimi olarak günümüzde genellikle kalori (Calori-Cal) kullanıldığı için **jul**, **kalori**ye dönüştürülür ve formül de aşağıdaki gibi kullanılır.

$$Q = 0.24 \cdot I^2 \cdot R \cdot t$$

Örnek: Direnci 220Ω olan bir ısıtıcıdan 1 saat boyunca 1 A şiddetinde bir akım geçirilmiştir. Isıtıcıdan elde edilen sıcaklığın miktarı nedir?

Cevap:

$$I = 1 \text{ A}$$

$$t = 1 \cdot 60 \cdot 60 = 3600 \text{ sn.}$$

$$Q = ?$$

$$Q = 0.24 \cdot I^2 \cdot R \cdot t$$

$$Q = 0,24 \cdot 1^2 \cdot 220 \cdot 3600 = 190080 \text{ Cal.} = 190 \text{ kCal.}$$

2.3.1.4. Isı Etkisinin Endüstride Kullanım Yerleri

Evlerimizdeki ısıtıcılardan, ütülerden, fırınlardan tutun da endüstrinin birçok kolunda elektrik akımının ısı etkisinden faydalanılmaktadır.

Elektrik akımının ısı etkisi endüstriyel fırınlarda, döküm işlerinde, kaynak işleri vb. işlerde direkt olarak kullanılmaktadır.

Ayrıca elektrik akımının ısı etkisi dikkate alınarak ya da ondan faydalanılarak birçok kontrol elemanı ya da aygıtı yapılmakta ve kullanılmaktadır.

Örneğin, evinizdeki elektrikli sobanın yaydığı ısı, akımın ısıtıcı telinden geçmesi ile ilgiliyen ayarladığınız sıcaklıkta ısıtıcının devre dışı kalması (çalışmasının durması) bir kontrol elemanı olan termistör ya da termostatla ilgilidir. İşte bu elemanlar elektrik akımının ısı etkisi dikkate alınarak yapılmış elemanlardır.

Yukarıdaki örneğe benzer şekilde elektrik akımının ısı etkisi dikkate alınarak sigorta, termik röle gibi çeşitli devre koruma elemanları, termik ölçü aletleri gibi ölçme aletleri ve termistörler, termostatlar gibi kontrol elemanları yapılmakta ve endüstride kullanılmaktadır. Bu elemanların bir kısmı evlerimizde de kullanılmaktadır.

2.3.1.5. Elektrikli Isıtıcı Hesapları

Elektrik akımı metallere geçerken metalin cinsine göre farklı miktarlarda ısı üretir. Özdirençleri yüksek teller daha çok ısı üretirler. Isıtıcı tel (rezistans) olarak ısıya dayanaklı teller tercih edilmektedir. Verim/dayanıklılık oranı göz önüne alındığından ısıtma teknolojisinde genellikle krom-nikel teller kullanılmaktadır. Krom-nikel tellerin tercih edilme sebebinin anlamak için krom-nikelin öz direnç değeri olan **1.1** rakamını Tablo 4'teki bazı metallerin özdirenç değerleri ile karşılaştırmak yeterlidir.

İletkenin Cinsi	Öz direnç (Δ) $\Omega\text{mm}^2/\text{m}$
Gümüş	0.016
Bakır	0.0178
Altın	0.023
Alüminyum	0.0285
Magnezyum	0.045
Wolfram	0.055
Çinko	0.063

Tablo 4: Bazı metallerin özdirenç değerleri

GÜÇ (WATT)	110 – 220 (VOLT)	TEL KESİTİ (mm ²)	TEL ÇAPI (mm)	TEL UZUNLUĞ U(m)	TEL AĞIRLIĞI (Gr)	DİRENÇ (Ohm)	ÇEKTİĞİ AKIM (Amper)
100	110	0,02	0,16	2,18	0,34	120	0,91
	220	0,0078	0,10	3,38	0,21	490	0,45
150	110	0,038	0,32	2,32	0,70	81	1,36
	220	0,0153	0,14	4,28	0,50	328	0,68
200	110	0,057	0,27	2,50	1,20	60,51	1,82
	220	0,02	0,16	4,32	0,67	242	0,91
250	110	0,07	0,30	2,72	1,32	43,6	2,27
	220	0,0254	0,18	4,35	0,86	194,4	1,13
300	110	0,096	0,35	3,45	2,25	40,5	2,73
	220	0,038	0,22	5,18	1,90	161,7	1,36
350	110	0,125	0,40	3,83	4,90	34,8	3,15
	220	0,049	0,25	6,00	2,40	136	1,59
400	110	0,16	0,45	4,30	5,50	30,5	3,65
	220	0,057	0,27	6,00	2,40	118,8	1,85
450	110	0,225	0,50	4,45	7,20	26,8	4,10
	220	0,0707	0,30	6,10	3,40	107	2,05
500	110	0,225	0,57	5,45	10,9	24,2	4,55
	220	0,0707	0,30	6,10	2,95	97,5	2,27
550	110	0,321	0,60	5,50	12,00	22	5
	220	0,0803	0,32	6,20	3,30	88	2,5
600	110	0,395	0,64	5,80	14,6	20,3	5,4
	220	0,0803	0,32	6,30	4,75	80	2,75
650	110	0,385	0,70	6,38	18,4	18,7	5,9
	220	0,108	0,37	6,77	5,3	74,5	2,95
700	110	0,385	0,70	6,35	16,25	17,29	6,36
	220	0,125	0,40	7,95	6,2	70	3,18
750	110	0,385	0,70	5,50	16	16,2	6,8
	220	0,125	0,40	7,15	5,7	5,7	3,4
800	110	0,502	0,80	5,3	15,4	15,2	7,25
	220	0,160	0,45	8,7	11	60,2	3,65
850	110	0,502	0,80	6,3	25,5	14,3	7,7
	220	0,160	0,45	8,1	10,3	57	3,85
900	110	0,502	0,80	6,00	24	13,4	8,2
	220	0,136	0,50	9,2	14,6	53,5	4,1
950	110	0,636	0,90	5,7	23	12,7	8,65
	220	,0196	0,50	8,9	14,2	51,3	4,3
1000	110	0,636	0,90	6,85	30	12,1	9,1
	220	0,255	0,57	11,00	22	48,5	4,55

Tablo 5: Çeşitli güç ve gerilimler için krom-nikel telin fiziksel ve elektriksel değerleri

Isıtıcı hesaplarında kullanılacak telin cinsi belirlendikten sonra hangi güçte bir ısıtıcı yapılacağına karar verilir. Bu kararı ihtiyaçlar ya da pazar durumları belirler.

Isıtıcının çalışma gerilimi de göz önünde bulundurularak belirlenen gücün elde edilebilmesi için telin uzunluğu ve çapının hesabına geçilir.

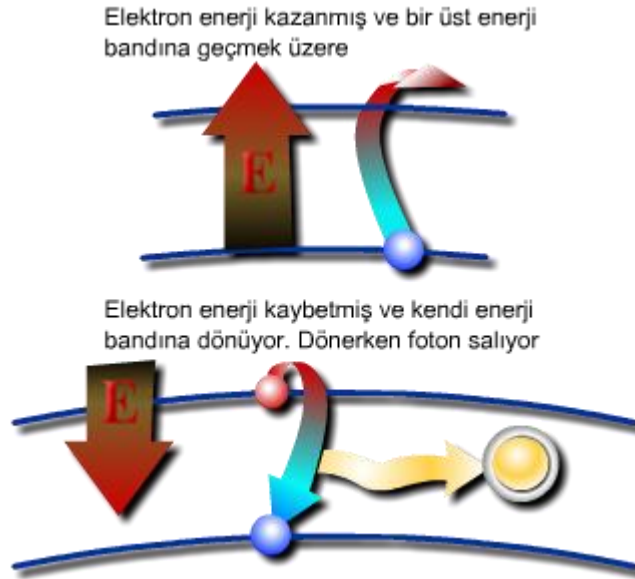
Biz telin uzunluğu ve çapını bulmak için önceden hesaplanan değerlerin bulunduğu Tablo 5'ten faydalanacağız.

Örnek: 220 V'luk şebekede çalışacak 1000 W'lık bir ısıtıcı için kullanılacak krom-nikel telin çapını ve uzunluğunu bulunuz.

Cevap: Öncelikle tablonun 1. sütunundan güç değerini eşleştiririz. Buna göre bizim okuyacağımız (alacağımız) değerler tablonun son satırında bulunmaktadır. Tabloya göre kullanılması gereken telin çapı 0.57 mm (4. sütun, son satır) ve uzunluğu da 11 m'dir. (5. sütun, son satır)

2.3.2. Işık Etkisi

Elektrik akımı bazı metallere veya gazlardan geçerken bu maddelerden ışık yayıldığı görülür.



Şekil 63: Işığın oluşumu

Elektrik akımının geçtiği maddelerin ısındığını biliyoruz. Akım geçen ortamın (iletkenin) atomları ısındığında, elektronları ekstra bir enerji kazanırlar. Toplam enerjileri çekirdeğin çekim gücünü yendiği takdirde bir üst enerji bandına sıçrarlar. (Şekil 63) Atomu uyaran etki geçtiğinde ya da azaldığında atom çok kısa bir sürede soğumaya başlar ve

elektronların enerjileri de azalmaya başlar. Enerjileri azalarak çekirdeğin çekim gücüne yaklaşıncı eski enerji bandına dönmek zorunda kalırlar. Ancak enerjileri hala ilk enerji miktarından fazladır. İşte elektronlar eski yörüngelerine dönerken bu (artık) enerjiyi foton parçacıkları halinde etrafa yayarlar. Milyarlarca atomdaki milyarlarca elektronun yaydığı milyarlarca foton birleştiğinde etrafı aydınlatan ışık üretilmiş olur.

Elektrik enerjisinin ışık etkisinden faydalanma alanı oldukça geniştir. Aydınlatmadan tutunda eğlence sektörüne, teşhis ve tedavi amaçlı tıp uygulamalarından haberleşme teknolojilerine, baskı teknolojilerinden güvenlik uygulamalarına, otomatik kontrol uygulamalarından bilimsel amaçlı test ve ölçüm uygulamalarına kadar birçok alanda kullanılmaktadır.

Örneğin, evler ve iş yerlerindeki aydınlatma amaçlı lambalar, televizyon ve benzeri cihazların kumandaları, hemen bütün cihazlarda bulunan ve çalışıp çalışmadığını gösteren ledler daha somut örnekler olarak sıralanabilir (Resim 16).



Resim 16: Farklı tiplerde lambalar

2.3.3. Manyetik etkisi

Demir, nikel, kobalt gibi metalleri çekme özelliği gösteren metallere mıknatıs dendiğini biliyoruz. Mıknatıslar doğal ve yapay olmak üzere iki çeşittir. Doğal mıknatıs, demirin (Fe) oksijenle (O₂) oluşturduğu Fe₃O₄ bileşiğidir. Yapay mıknatıslar ise demir, nikel, kobalt gibi malzemelerin alaşımlarının mıknatıslandırılması (mıknatıs etkisine sokulması) ile elde edilir.

Mıknatısın etkisinin görüldüğü alana manyetik alan denir. Manyetik alan, kuvvet çizgileri şeklinde de ifade edilir. Dünyamız da kendisini çevreleyen bir manyetik alana sahiptir ve pusulanın çalışmasını bu alana borçluyuz (Resim 17).

Üzerinden akım geçirilen iletkenlerde de manyetik alan oluşmaktadır. Elektrik akımının manyetik etkisinin kullanım alanı oldukça geniştir. Gerilim dönüştürücü ve daha başka amaçlı trafolar, elektrik motorları, haberleşme sinyallerinin üretimi, iletimi ve alınması, indüktif sensörler, mikro dalga uygulamaları, elektrik akımının manyetik etkisini kullanır.

Sektörel anlamda, enerji, haberleşme, güvenlik, tıp vb. alanlarda kullanımı yaygındır.



Resim 17: Farklı tipte mıknatıslar ve yer kürenin manyetik alanı

2.3.3.1. Manyetik maddeler

Manyetik alandan etkilenen ya da manyetik alanı etkileyen maddelere manyetik maddeler denir.

Demir gibi yumuşak malzemeler kolay mıknatıslanırlar ancak mıknatıs etkisinden uzaklaşıncaya manyetik (mıknatıs) özelliklerini kolay kaybederler. Nikel ve kobalt gibi sert malzemeler ise daha zor mıknatıslanırlar ancak mıknatıslık özelliklerini yumuşak malzemelere göre daha uzun süre koruyabilirler.

Alüminyum, nikel ve kobaltın alaşımından yapılan yapay mıknatıs ise mıknatıslandıktan sonra bu özelliğini hiç kaybetmez.

Manyetik maddeler özelliklerine göre üç başlık altında incelenebilir.

- **Ferromanyetik Madde:** Bağıl manyetik geçirgenlikleri 1' den çok büyük olan maddelerdir. Böyle maddeler manyetik alana konursa mıknatıslanırlar ve bölgedeki manyetik alan şiddetini alırlar. Kobalt, nikel, demir gibi maddeler ferromanyetik maddedir.
- **Paramanyetik Madde:** Bağıl manyetik geçirgenlikleri 1' den biraz büyük olan maddelerdir. Bunlar manyetik alana konursa çok az mıknatıslanırlar ve bulundukları bölgede alan şiddetini biraz artırırlar. Alüminyum, mangan gibi maddeler paramanyetik maddedir.

- **Diyamanyetik Madde:** Bağıl manyetik geçirgenlikleri 1' den biraz küçük olan maddelerdir. Bunlar manyetik alana konulduklarında alana zıt yönde ve zayıf olarak mıknatıslanırlar. Bulundukları bölgedeki manyetik alan şiddetini azaltırlar. Bakır, gümüş, bizmut ve karbon gibi maddeler diyamanyetik maddelerdir

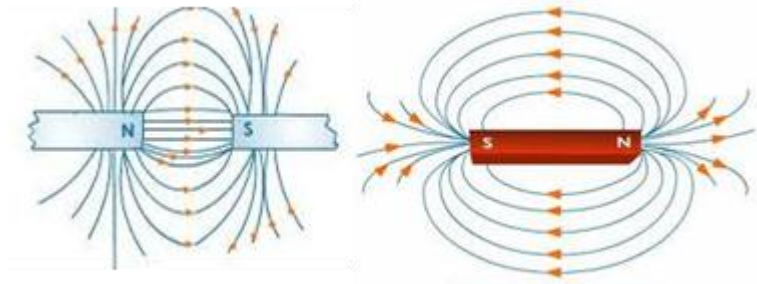
2.3.3.2. Manyetik olmayan maddeler

Manyetik alandan etkilenmeyen maddelere manyetik olmayan maddeler denir.

Manyetik olmayan maddeler, kağıt, lastik, plastik, cam, mika, seramik, tahta vb. şeklinde sıralanabilir.

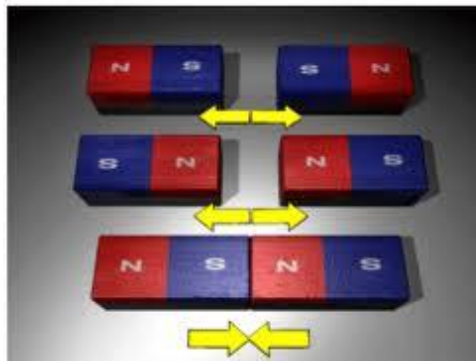
2.3.3.3. Mıknatıs kutupları

Mıknatısın itme ya da çekme kuvvetinin en yoğun olduğu bölgeler, mıknatısın kutuplarıdır. (Şekil 64) Bir mıknatısın N (North) ve S (South) olmak üzere iki kutbu vardır. Bir mıknatıs parçalara bölündükçe her bir parça yine iki kutuptan oluşan bir mıknatıs özelliği gösterir.



Şekil 64: Mıknatıs kutupları ve kuvvet çizgileri

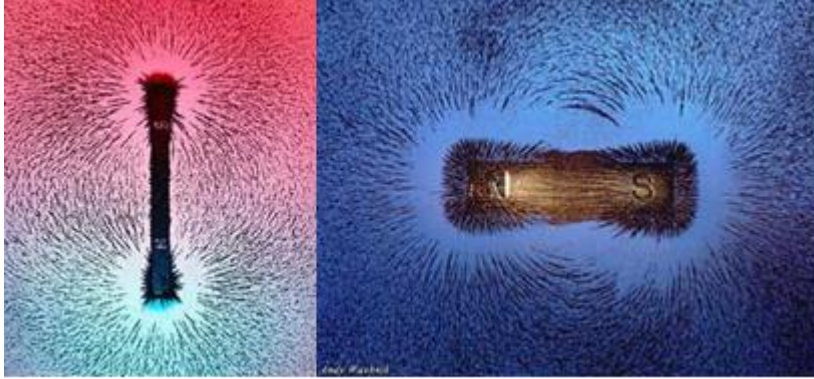
Farklı iki mıknatıs birbirlerine yaklaştırıldığında aynı kutupların (N-N ya da S-S) birbirini ittiği, zıt kutupların (N-S ya da S-N) ise birbirlerini çektiği görülür (Şekil 65).



Şekil 65: Mıknatıs kutupları ve aralarındaki kuvvetlerin yönü

2.3.3.4. Manyetik Alan

Manyetik alan, bir mıknatısın kuvvetinin etkili olduğu alandır. Bu etki, bir mıknatısın etrafına demir tozları döküldüğünde tozların, kutupların bölgesinde yoğun olmak üzere mıknatısın etrafında çizgiler meydana getirmesinden anlaşılır. Bu nedenle manyetik alan, alan çizgileri ya da manyetik kuvvet çizgileri şeklinde de ifade edilmektedir (Resim 18).



Resim 18: Mıknatıslar ve etraflarındaki çizgiler

2.3.3.5. Manyetik Kuvvet Çizgilerinin Özellikleri

- Kuvvet çizgileri kapalı bir devre oluşturacak şekilde ilerlerler.
- Kuvvet çizgileri birbirlerini iterler (birbirlerine paralel ilerler) ve bu nedenle de kesişmezler.
- Kuvvet çizgilerinin yönü dışarıda N kutbundan S kutbuna doğrudur.
- Manyetik kuvvet çizgileri her maddeyi etkilemese de her maddeden geçerler.
- Zıt yöndeki kuvvet çizgileri birbirlerini zayıflatırlar.
- Aynı yöndeki kuvvet çizgileri, manyetik alanı kuvvetlendirir.

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

Bir iletkenden akım geçirilince iletken etrafında bir manyetik alan oluşur. Tıpkı mıknatısta olduğu gibi bu alanın da itme ve çekme özelliği vardır.

İletken etrafında oluşan alanın yönü sağ el kuralı ile bulunur. Kurala göre iletken avuç içine alacak şekilde tutulduğunda ve başparmak akımın yönünü, kalan dört parmak ise iletken etrafında oluşan manyetik alanın yönünü gösterir (Şekil 66).

Girişte de değinildiği gibi elektrik akımının manyetik etkisinden faydalanma alanları oldukça fazladır. Buna karşın birçok zararlı etkileri de söz konusudur.

Manyetik alanın ve elektrik alanının yaydığı dalgalara elektromanyetik dalga denmektedir.

Bazı dalgaların canlılar üzerinde birtakım olumsuz etkileri olmaktadır. Halâ tartışmalar sürse de bu dalgaların insanın bağışıklık sistemini zayıflattığı ve kanser türü hastalıklara neden olduğu söylenmektedir.



Şekil 66: İletken etrafında oluşan manyetik alan ve sağ el kuralı

Bir sistemin manyetik alanı, iyi bir manyetik yalıtım yapılmazsa başka sistemlerin çalışmasını olumsuz etkileyebilir. Örneğin, televizyon ya da bilgisayarın yanında cep telefonu faaliyete geçince hem parazit sesleri duyulur hem de ekran görüntülerinde bozulmalar olur.

Benzer şekilde, yakından geçen bir arabanın yaydığı manyetik alanlar sonucu radyonun alıcı devresini etkilemesi ve üretilen seslerin bozulması da bir örnek olabilir. Özellikle elektronik yöntemlerle hassas sistemlerde ve hassas ölçümlerin yapıldığı yerlerde bu etki sakıncalı sonuçlar doğurabilir. Örneğin, birtakım önlemler sonucunda cep telefonları birçok ulaşım aracında kullanılabilse de hala cep telefonlarının kullanımının sakıncalı (yasak) olduğu toplu taşıma araçları bulunmaktadır.

Manyetik alanın sakıncalarını maddeler halinde sıralayacak olursak:

- Canlı metabolizmasını bozarak halsizlik, yorgunluk ve bir takım hastalıklara sebebiyet verebilir.
- Ölçüm cihazlarını etkileyerek yanlış ölçümlere neden olabilir.
- Bazı elektronik cihazların çalışmaları üzerinde olumsuz etkileri görülebilir.

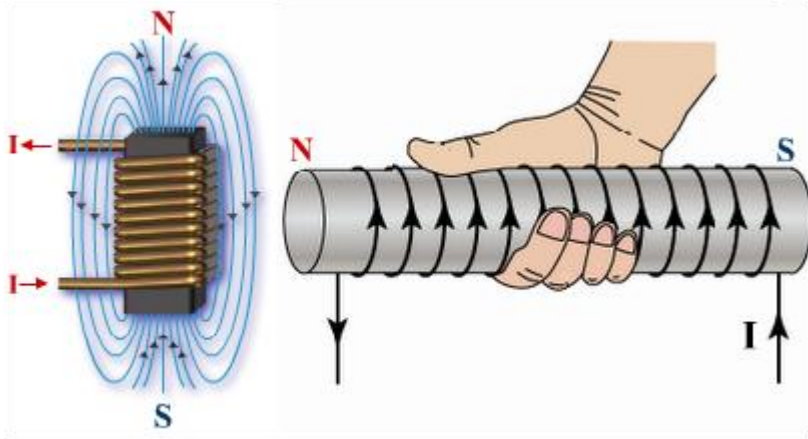
2.3.3.7.Elektromıknatıs ve Kullanım Alanları

Elektromıknatıs, bir manyetik nüve ve nüvenin üzerine sarılan bir bobinden oluşur.

Bir iletken akım geçirildiğinde etrafında bir manyetik alanın oluştuğunu biliyoruz. Bir bobinden akım geçirildiğinde ise etrafında daha güçlü bir manyetik alan oluşur ve bu alan, nüve üzerinden dolaşarak nüvenin mıknatıs özelliği göstermesini sağlar.

İletken telin üst üste sarılmasının nedeni birim alandaki manyetik alan şiddetini artırmaktır, çünkü oluşan manyetik alan miktarı telin boyu ile doğru orantılıdır.

Düz bir elektromıknatısta alanın yönü sağ el kuralına göre bulunur. Sağ elin dört parmağı akımın yönünü gösterecek şekilde tutulduğunda başparmak alanın yönünü (N kutbunu) gösterir (Şekil 67).

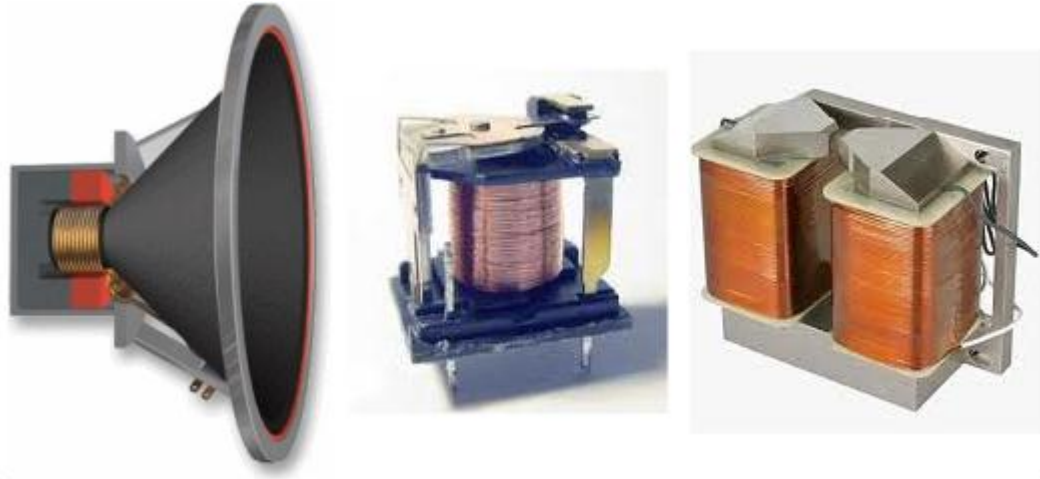


Şekil 67: Elektromıknatıs ve manyetik alanı - sağ el kuralı

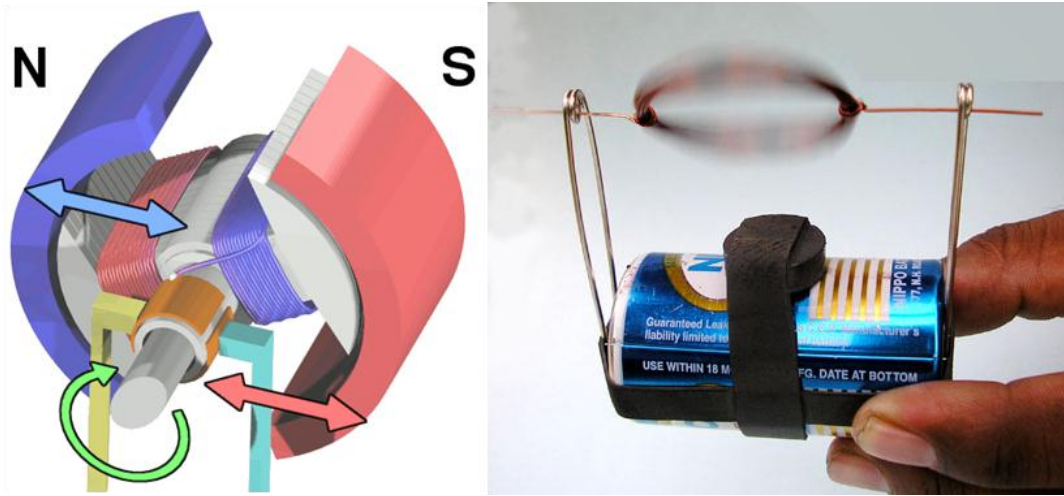
Elektromıknatıslar, evlerde iletişim araçlarının mikrofon ve hoparlörlerinde, çamaşır makinesi, buzdolabı gibi cihazların motorlarında, birçok elektronik cihazın adaptörlerinde, kaçak akım ve aşırı akım rölelerinde, sigortalarda, kumandanda röleleri ve kontaktörlerde vb. yerlerde kullanılır (Resim 19-Resim 20).

Elektromıknatısın kullanım alanlarından bazılarını aşağıdaki gibi sıralayabiliriz.

- Radyo, televizyon, müzik çalar gibi cihazların hoparlörlerinde, mikrofonlarda,
- Evlerdeki tokmaklı kapı zilinde; buzdolabı, çamaşır makinesi gibi cihazların motorlarında, araba marş motorlarında, evlerde, iş yerlerinde ve endüstrinin hemen her kolunda kullanılan çok değişik tipteki motorlarda,
- Evlerdeki adaptörlerin trafolarında, enerji iletiminde kullanılan gerilim dönüştürücü trafolarında ve yine hemen her cihazda kullanılan gerilim uygunlaştırıcı trafolarında kullanılır. Ölçme (ölçme alanını genişletme) amaçlı trafolar da kullanılabilir.
- Koruma amaçlı röleler, şalterler ve kumanda amaçlı röle ve kontaktörlerde, sigortalarda kullanılır.
- Haberleşmede ses ve görüntü iletiminde,
- Arama ve güvenlik amaçlı endüktif dedektörlerde,
- Hızlı (manyetik) trenlerde,
- Metal ayıklama sistemlerinde ve vinçlerde,
- Atom laboratuvarlarında parçacık hızlandırıcılarda kullanılır.



Resim 19: Elektromıknatısın çeşitli cihazlarda kullanımı



Resim 20: Elektrik motorunda elektromıknatıs

Not: Elektromıknatıs nüvesi yumuşak demirden ya da aynı özellikteki saçlardan yapılır. Çünkü elektromıknatısın akımı kesildiğinde nüvenin de manyetik özelliğinin sona ermesi gerekir.

2.3.3.8.Basit Bir Elektromıknatıs Uygulaması

Bu uygulamada Resim 21'deki gibi bir elektromıknatıs yapmaya çalışacağız.

Deney için hazırlık

Uygulama için aşağıdaki malzemeleri hazırlayınız.

- Bir adet 1.5 V'luk pil
- 15-20 cm uzunluğunda bir çivi ya da yaklaşık ölçülerde demir parçası

- İki adet 0.50 mm² kesitinde ve 100 - 150 cm uzunluğunda bir emaye bobin teli kesiniz. (0.75 mm² kesitinde zil teli de olabilir.)
- Bir adet doğal mıknatıs
- Bir miktar topluiğne, cam çivisi ya da ataç bulundurunuz.



Resim 21: Basit bir elektromıknatıs

Deneyin yapılışı:

Elektromıknatısı yapmak için aşağıdaki adımları izleyebilirsiniz.

1. Bobin teli kullanıyorsanız tellerin uçlarından 1 cm civarında maket bıçağı ile kazıyarak iletken kısmı ortaya çıkarınız. Zil teli kullanıyorsanız kablo uçlarını yan keski ile 1 cm kadar soyunuz.
2. Teli düzgün bir şekilde çivinin ya da metal çubuğun üzerine sarınız.
3. Pili, Resim 21’de görüldüğü gibi elde ettiğiniz elektro mıknatısın üzerine yapıştırınız.
4. Bobinin (kablunun) bir ucunu pilin eksi kutbuna (altına) yapıştırınız.
5. Şimdi bir elinizle açıkta kalan bobin ucunu pilin artı kutbuna dokundurarak diğer elinizle elektro mıknatısı metal cisimlere (toplu iğne, ataç, çivi vb) yaklaştırınız.
6. Elektromıknatısı sağa sola, yukarı aşağı hareket ettirerek çekim gücünü anlamaya çalışınız.
7. Bobinin diğer ucunu da bantlayınız (artı uca) ve elektromıknatısınızı çeşitli açılarla doğal mıknatısa yaklaştırınız ve iki mıknatıs arasındaki etkileşimi gözlemleyiniz.

Deneyin Sonucu:

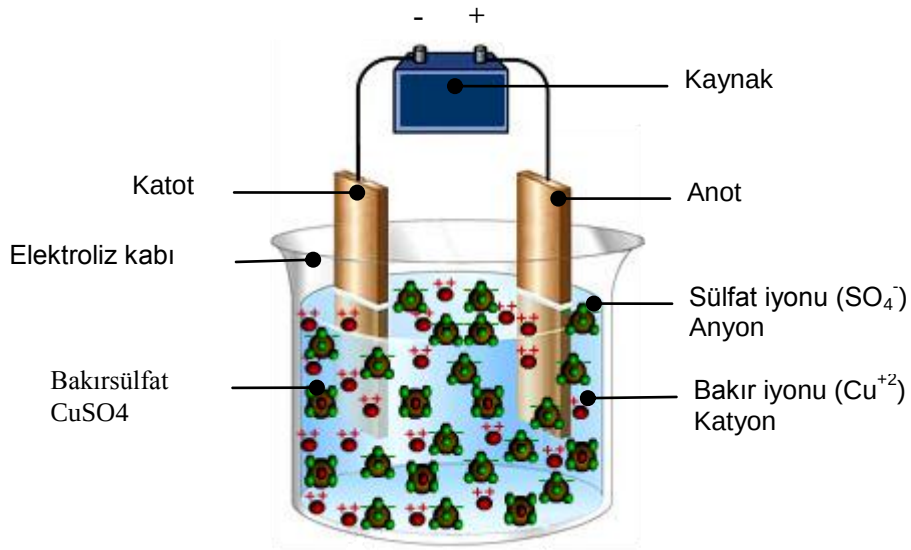
- Manyetik bir malzeme, üzerine iletken tel sarılıp akım geçirildiğinde mıknatıslık özelliği kazanır.
- Elektromıknatıs çalışır haldeyken doğal mıknatısa yaklaştırıldığında aralarında itme ve çekme gerçekleşir. Bu da elektromıknatısın aktifken tamamen doğal mıknatıs gibi davrandığını gösterir.

- Akım kesilince elektromıknatısın mıknatıslık özelliği çok kısa bir sürede yok olur.

2.3.4.Kimyasal Etkisi

Elektrik akımı bazı sıvı bileşiklerden geçirilince (asitli bazlı tuzlu su) sıvı iyonlarına ayrılır ve bu iyonlar elektron taşıyıcısı durumuna geçerek sıvıdan elektrik akımının geçmesini sağlarlar.

2.3.4.1.Elektroliz



Şekil 68: Elektroliz düzeneği

Elektrolizin, özellikle metalürji ve galvanoteknikte olmak üzere birçok kullanım alanı vardır. Elektroliz düzeneği, bazı metallerde değişiklikler meydana getirmek ve bazı gazların üretimi için kullanılır. Metallerin saflaştırılması, sertleştirilmesi, kaplanması vb işlemlerin bir kısmı elektrolizle de yapılmaktadır.

➤ Elektrot, elektrolit (çözelti), elektroliz tanımları

Bir elektroliz düzeneği, içinde asit, baz ya da tuz çözeltisi bulunan bir kap, bir kaynak ve kaynağın uçlarına bağlı birbirine değmeyecek şekilde elektroliz kabına (çözeltiye) daldırılmış iki elektrottan oluşur (Şekil 68).

Elektrot: Birer uçları kaynağa ve birer uçları ise sıvının içine daldırılan ve genellikle metal olan iletken çubuklara denir.

Kaynağın pozitif ucuna bağlı olan elektroda **anot** ve kaynağın negatif ucuna bağlanan elektroda ise **katot** denir.

Elektrolit: Eriyik halindeki (iyonlarına ayrılmış) sıvılarla suyun karışımı olan (iyon ihtiva eden) iletken sıvıdır.

Elektroliz: Elektrolitik sıvıdan (çözelti) elektrik akımı geçirildiğinde sıvı içerisinde gerçekleşen tepkimelere elektroliz denir.

İyon: Elektrolit içerisindeki artı ya da eksi yüklü atom ya da bileşikler.

Bir bileşiğin içerisindeki **eksi** (-) yüklü iyonlara **Anyon**, artı yüklü iyonlara ise **Katyon** denir.

➤ Elektroliz Olayı

Elektroliz olayını anlamak için öncelikle bileşikler arasındaki bağları (bileşikleri bir arada tutan kuvvet) anlamak gerekir. Bileşikler arasında değerlik elektronuna bağlı iki tür bağ söz konusudur.

Kovalent bağ: Kovalent bağda bileşikler elektron ya da elektronları ortak kullanırlar.

İyonik bağ: Bileşik atomlarından (ya da moleküllerden) biri diğerine elektron vererek kendisi pozitif iyon haline gelir. Diğer atom ya da bileşik ise negatif iyon durumuna geçer.

Kovalent bağlı bileşikler elektrik alanı ile ayrıştırılamazlar. Buna karşın iyonik bağlı bileşikler elektrik alanı ile (potansiyel fark uygulanarak) ayrışabilirler.

Elektroliz farklı amaçlar için farklı şekillerde yapılabilir. Örneğin, bir metalin başka bir metalle kaplanması isteniyorsa kullanılacak eriyik ve elektrotlar ona göre seçilir. Ya da su ayrıştırılarak Hidrojen gazı elde edilmek istendiğinde farklı bir çözelti ve farklı elektrotlar kullanılır.

Elektroliz olayının nasıl işlediğini anlamak bakımından Şekil 68'deki düzenek bir örnek teşkil edebilir. Bu düzenek, kaynağın eksi ucuna bağlanmış olan malzemenin (katot) kaynağın artı ucuna bağlanmış olan malzeme (anot) ile kaplanması için tasarlanmıştır.

Elektroliz kabının içindeki suya bakırsülfat (CuSO_4) karıştırılmış ve bakırsülfat, bakır (Cu^{+2}) ve sülfat (SO_4^{-2}) şeklinde suda çözünerek iyonlarına ayrılmıştır. Sisteme enerji verildiğinde kaynağın artı (+) ucu anottan elektron çekerken eksi (-) ucu ise katoda elektron verir. Anotta negatif iyon durumuna geçen bakır atomları (Cu^{-2}) çözeltide serbest halde bulunan sülfat iyonları (SO_4^{-2}) ile birleşerek bakırsülfatı (CuSO_4) oluştururlar. Bu esnada çözeltide serbest halde bulunan pozitif bakır iyonları (Cu^{+2}) katottaki fazla elektronları alarak katotla birleşirler. Bu şekilde akım geçtiği sürece katottaki metal, anottaki metal ile kaplanmış olur.

Zamana ve devre akımına göre kaplanan bakırın miktarı Faraday Yasaları ile açıklanabilir.

➤ **Faraday Kanunu**

Elektroliz ürünlerinin miktarı ve ürünlerin meydana gelme hızı elektroliz şartlarına bağlıdır. Faraday elektroliz yasalarına göre:

- Elektrolitten elektrik akımı geçirildiği zaman serbest hale geçen ya da çözünen madde miktarı elektrolitten geçen elektrik yükü ile doğru orantılıdır.
- Çeşitli elektrolitlerden aynı miktar elektrik akımının geçirilmesiyle ayrılan veya çözünen madde miktarı, bu cismin kimyasal eşdeğeri ile doğru orantılıdır.

Bir cismin kimyasal eşdeğeri, bir kulonluk (coulomb) elektrik yükü miktarının serbest hale geçirdiği veya çözdüğü maddenin gram miktarıdır.

➤ **Endüstrideki kullanım alanları**

- Metalürjilerde, metallerin hazırlanmasında ya da arıtılmasında,
- Galvanoplastide, bir elektrolitik metal birikimiyle döküm kalıbına biçim vermede, aşınmaya karşı korumada ve bir metal çökeltisiyle metallerin kaplanması, (nikel kaplama, çinko kaplama, kadmiyum kaplama, krom kaplama, gümüş ya da altın kaplama)
- Suyun elektroliziyle arı hidrojen ve başka gazlar elde etmede
- Metal üstünde koruyucu oksitli anot tabakalarının elde edilmesinde
- Elektrolizle parlatmada, metallerin katot ya da anot olarak yağlardan arındırılmasında
- Sürekli akım yardımıyla, organik dokuların ayrıştırılmasına dayanan tedavi elektrolizi, cerrahide sinir uçlarının (nöronların), sertleşen ırların, burun deliklerindeki poliplerin yok edilmesinde, üretra(idrar yolları) ya da yemek borusu daralmalarının tedavisinde

2.3.4.2.Piller

Piller, kimyasal enerjiyi elektrik enerjisine dönüştüren kaynaklardır. Pillerden doğru akım (DA/DC) elde edilir.

Piller, günümüzün (düşük güçlü mobil cihazlar için) vazgeçilemez enerji kaynaklarından biri durumuna gelmişlerdir. Artık şarjlı (yeniden doldurulabilen) ve şarjsız (yeniden doldurulamayan) piller çok değişik tiplerde üretilmekte ve bunlardan en az birini nerdeyse her an yanımızda taşımaktayız (

Resim 22).



Resim 22: Bir akü ve farklı tipte pil ve bataryalar

BİRİNCİL (YENİDEN DOLDURULAMAYAN – ŞARJSIZ) PİLLER				
Pil	İçerik	Kapasite	Avantaj	Dezavantaj
Çinko Karbon Pili	Çinkodan yapılmış bir kutu hem negatif elektrot olur hem de yarı sıvı elektroliti korur. Pozitif elektrot ise karbondur.	Kalem pil (AA) tipinde olanlardan 500-1000 mAh güç alınabilir.	Ucuzdurlar, ekleme durumunda boşalma oranı azdır.	Kapasiteleri düşüktür ,Bitime yakın elektroliti pil dışına akabilir ve elektronik araca zarar verebilir.
Alkalın Pil	Elektrotlar çinko ve manganez oksittir,elektrolit ise bazıktır. Bu piller alkalın (bazık) ismini de buradan alır.	Kalem pil olarak normal tipler2400 mAh güç üretirler. Nispeten yüksek güç gerektiren araçlarda kullanılırlar.	Bekleme esnasında boşalma hızı oldukça düşüktür. Bu piller rahatlıkla yedi yıl rafta bekleyebilir.	
Lityum Pil	Pozitif elektrot manganez oksit, negatif elektrot ise lityumdan; elektrolit ise propilen içinde çözündürülmüş lityum perklorattan oluşur.	3 volt potansiyel sağlanır ve bu potansiyel pilin ömrü boyunca yaklaşık sabit kalır.	Oldukça hafiftirler. Bekleme esnasında boşalma oranı azdır ve 10 yıl boyunca beklemede kalabilirler	Şarj edilmek istendiğinde patlama riski fazladır. Pahalıdırlar.

Tablo 6: Birincil pil tipleri ve özellikleri

Pillerin yapımında kullanılan elektrot ve bileşik çeşitleri geniş bir yelpaze teşkil etmektedir. Özellikle yeniden doldurulabilen pillerin birçoğunun elektrolitleri ve içerdikleri bileşiklerin oranları nerdeyse ticari bir sır niteliğindedir.

Birçok pilin tek bir kap içerisinde seri bağlanmasıyla elde edilen pil grubuna batarya denmektedir ve daha yüksek gerilim ve kapasite isteyen cihazlarda bunlar kullanılmaktadır.

İKİNCİL (YENİDEN DOLDURULABİLEN – ŞARJLI) PİLLER				
Pil tipi	Pil İçeriği	Kapasite	Avantaj	Dezavantaj
Nikel-Kadmiyum Pil (Ni-Cd)	Bu tür pillerde elektrotlar nikel-hidroksit ve kadmiyum, elektrolit ise potasyum-hidroksit içerir.	Bir NiCd pil en fazla 1000 mAh enerji sağlar 1,2 voltluk bir potansiyel üretirler	Ucuzdurlar ve 1000 defa şarj edilebilirler.	Kapasiteleri düşüktür. NiCd pilleri tam boşalmadan şarj etmek kapasitesini düşürür (bellek etkisi), ömrünü kısaltır.
Nikel-Metal Hidrit Pil (Ni-MH)	Titanyum, nikel, kobalt, mangan, z, alüminyum, vanadyum, zirkonyum, krom ve demir bileşiklerinden oluşur.	1,2V geriliminde ve enerji depolama kapasitesi oldukça yüksektir. 9000mAh'lık olanları vardır.	Ni-MH piller uygun koşullarda yaklaşık 1000 kez şarj edilebilirler. Çok farklı şekil ve biçimlerde yapılabilirler	NiMH pillerde de bir miktar bellek etkisi vardır. Fakat bir yarım şarjdan sonra tam boşalmaya izin verilirse bellek etkisi yok olur.
Li-on (Li-Ion).	Bu pillerde anot karbondan ve katot bir metal oksittir. Elektrolit ise bir organik solvent içinde lityum tuzundan oluşur.	Bir Li-Ion pil birimi 3,6 volt potansiyel farkı üretir ve kapasiteleri yüksektir.	Enerjiyi daha uzun süre saklayabilirler ve hafiftirler. Beklemede boşalma oranı ay başına %5'tir.	Li-Ion pillerin tam boşaltılarak tekrar şarj edilmeleri ömürlerini kısaltır, pratikte 300 ile 500 tam şarj ömrüne sahiptirler. Kullanılmayan pil kullanılandan daha önce ömrünü tamamlar.

Tablo 7: İkincil pil tipleri ve özellikleri

➤ **Çok kullanılan bazı piller ve özellikleri**

Piller hayatımızı bunca kuşatmışken onları daha iyi tanımalı, nasıl kullanacağımızı, kullanım süreleri bitince nasıl davranacağımızı bilmemiz gerekmektedir. Ticari piller şarj edilebilir olup olmamasına göre iki grupta incelenebilir.

Tek kullanımlık piller (birincil piller) üreten firmaya, içerisindeki malzemeye bağlı olarak gerilimleri aynı olmakla birlikte farklı enerji potansiyellerine sahiptirler.

Tekrar doldurulabilen (şarjlı) piller (ikincil piller) ise yine üretilen firma ve yapımında kullanılan malzemeye bağlı olmak üzere farklı gerilimlere ve farklı enerji kapasitelerine sahiptirler.

Piller kullanıldıktan ya da ömürlerini tamamladıktan sonra içerdikleri zararlı bileşikler nedeniyle çöpe atılmamalı, geri dönüşüm kutularına bırakılmalıdırlar.

Pil alacağımız zaman ihtiyacımızı iyi belirler ve pilleri de iyi tanıyarak seçimimizi ona göre yaparsak daha ekonomik ve daha akıllı davranmış oluruz. Bu amaca yönelik olarak çok kullanılan birkaç ticari pil çeşidi ve özellikleri birer tablo halinde verilmiştir (Tablo 6 ve Tablo 7).

➤ **Pillerin çalışma ilkesi**

Pillerin işleyiş mekanizması elektroliz ile benzerdir. Tek fark, elektrolizde işleyen süreç pillerde tersine işler.

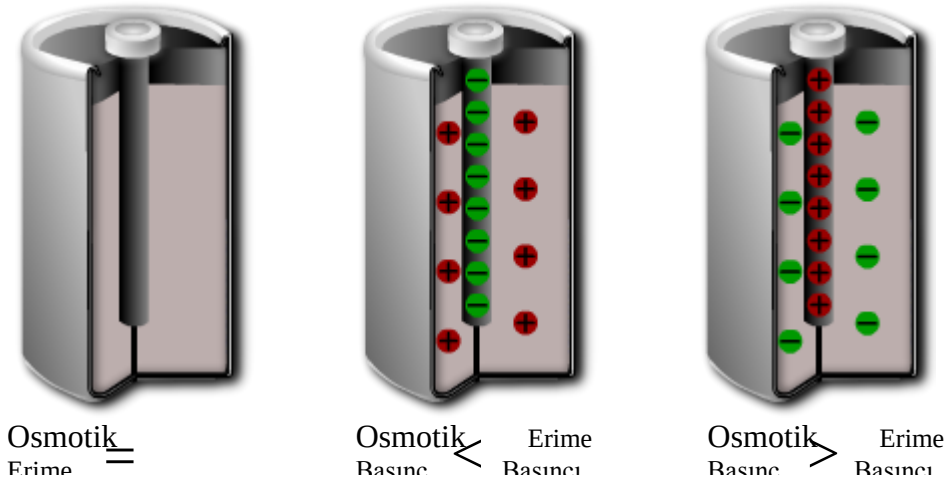
Kullanılan sıvı ya da jel halindeki çözelti (elektrolit) ve elektrot olarak kullanılan metalin cinsine göre farklı yapılarda ve farklı voltajlarda pil elde etmek mümkündür.

Bir metal çubuk uygun bir elektrolit içine daldırılırsa, elektrolit ile çubuk arasında bir potansiyel farkı oluşur. Buna değme emk'i (elektro motor kuvvet) denir.

Çubuk ile elektrolit arasında bir potansiyel fark oluşabilmesi için bazı şartların sağlanması gerekir. Elektrolitin içine daldırılan metallerin iyonlarını elektrolite geçirmeye çalışan bir erime basıncı vardır. Bu basınç metallerin pozitif iyonlarını elektrolite vermeye çalışır. Elektrolit içinde ise iyonları (katyon ve anyon) yaymaya dağıtmaya çalışan bir basınç daha vardır ki buna da Osmotik basınç denir.

Osmotik basıncın erime basıncına eşit olduğu durumlarda elektrotla elektrolit arasında bir tepkime gerçekleşmeyecektir. Bu durumda elektrotla elektrolit arasında bir iyon transferi gerçekleşmediği için de potansiyel fark oluşmayacaktır (Şekil 69).

Osmotik basıncın erime basıncından küçük olduğu durumlarda ise artı yüklü metal iyonları eriyiğe geçebileceklerdir. Böylece çubuk negatif, eriyik ise pozitif olarak yükleneceklerdir (Şekil 69).



Şekil 69: Pillerde oluşan kutuplaşmalar

Osmotik basıncın erime basıncından büyük olduğu durumlarda ise elektrolitin pozitif iyonları elektroda geçer. Bu durumda da elektrot (çubuk) pozitif, elektrolit ise negatif yüklenecektir (Şekil 69). Böylece metal çubuğun ve elektrolitin muhtelif işaretlerde yüklenmeleri sonucunda ikisi arasında bir potansiyel farkı meydana gelir.

Uygulamada, kullanılacak pillerin yapımı için seçilecek elektrotun özelliklerinin başında, uygun reaksiyon göstermesi ve ucuz olması gelir. Seçilecek elektrolit ise önceden belirlenen elektroda ve ortama uygun reaksiyon verebilecek eriyiklerden seçilmelidir. Bir elektrik pilinin emk'i yalnız kullanılan gereçlerin cinsine bağlıdır ve pilin boyutları ile değişmez.

Gerilimleri aynı ancak boyutları farklı piller arasındaki fark, bir alıcıyı besleme süresidir. Yapımında aynı cins malzeme kullanılmış bir büyük bir de küçük pil ele alındığında büyük olan pil, bir alıcıyı küçük olandan daha uzun süre besleyebilir.

Piller, kullanılan elektrolite göre tek eriyikli ve çift eriyikli olmak üzere ikiye ayrılırlar. Ayrıca kullanılan elektrolite (eriyik) göre de sulu ve kuru olmak üzere iki çeşidi mevcuttur. Piyasada en çok kullanılan piller kuru pillerdir.

➤ **Kuru pilin yapısı**

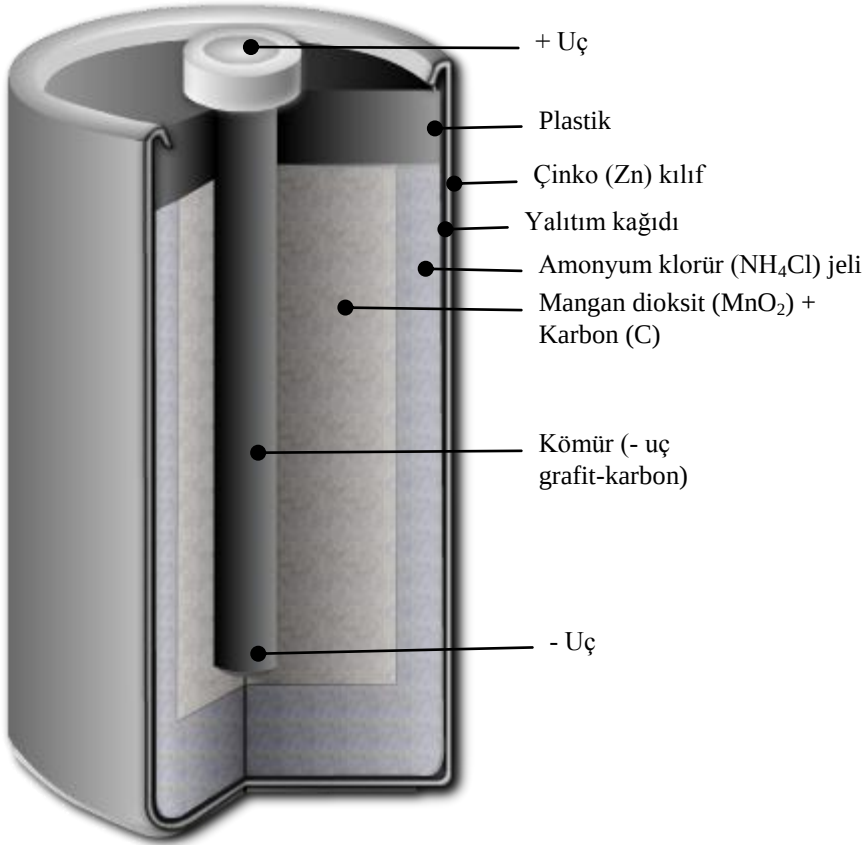
Negatif levha, pile kap olabilecek silindirik şekilde yapılmıştır. Bu silindirik içine nişadır tabakası sürülmüş ve bunun içine de süzme yapabilecek kap içindeki mangan dioksit ile pozitif kutup yerleştirilmiştir. İyi bir iletken olmayan mangan dioksit iletkenliğini arttırmak için içine biraz kömür tozu da karıştırılmıştır. Pili dış tesirlerden korumak için karton veya çelik zırh içine alınmıştır.

Şekil 70'de görüldüğü gibi pozitif kutup karbondan (C) ve negatif kutup çinkodan (Zn) oluşmuştur. Elektrolit olarak da amonyum klorür (NH_4Cl) ve polarizasyonu önleyici madde olarak da mangan dioksit MnO_2 kullanılmıştır. Çünkü MnO_2 kolay oksijen veren bir bileşiktir.

- **Kuru pilin çalışması**

Şekil 70’de kuru pilin yapısı görülmektedir. Kuru pil devreye bağlandığında ve devre anahtarı kapatıldığında pilin anodu ve katodu arasındaki potansiyel farktan dolayı elektrolit içindeki amonyum klorür molekülleri parçalanırlar. Parçalanma sonucu klor iyonları negatif elektrot olan çinko kaba (eksi elektroda) yönelirler ve çinko ile çinko klorür ($ZnCl_2$) oluştururlar. Her bir çinko atomu klor ile birleşirken ikişer elektronunu kapta bırakırlar. Salınan bu elektronlar devreden dolaşarak pilin artı ucuna (kömür) giderler.

Bu sırada amonyum klorür (NH_4Cl) iyonlaşır. Amonyum iyonu karbon çubuktan elektron alarak amonyak (NH_3) ve hidrojen (H) gazına dönüşür. Açığa çıkan hidrojen gazı mangan dioksit tarafından tutularak kutuplanma (polarizasyon) kısmen önlenir.



Şekil 70: Kuru pilin yapısı

Pil çalışırken oluşan kimyasal tepkimeler pildeki maddelerin yapısında değişikliğe neden olmaktadır. Bu değişiklikler kimyasal tepkimeleri yavaşlatarak pil gerilimini düşürür. Bu yüzden pil alınırken taze olmasına dikkat edilmelidir. Sıcaklıkta tepkimeler hızlandığından, pildeki olayları yavaşlatmak için kullanılmayan piller serin bir yerde saklanmalıdır.

- **Sıvı çözeltili bir pil uygulaması**

Deney malzemeleri:

1. Bir adet alüminyum levha
2. Bir adet bakır levha
3. Bir adet çinko levha
4. Bir bardak kola
5. Yarım bardak su
6. Bir bardak su
7. Bir avometre
8. İki adet krokodil kablo



Resim 23: Kola, bakır ve alüminyum pili



Resim 24: Kola, bakır ve çinko pili



Resim 25: Tuzlu su, bakır ve alüminyum pili

Deneyin yapılışı:

1. Avometreyi volt (DC) kademesine getiriniz.
2. Krokodil kabloların birer uçlarını avometre uçlarına bağlayınız.
3. Krokodil kabloların boşta kalan uçlardan birini alüminyum levhaya diğerini de bakır levhaya bağlayınız.
4. Levhaları kola dolu bardağa daldırınız.
5. Voltmetrenin kaç voltu gösterdiğini okuyup not ediniz (Resim 23).
6. Alüminyum çubuğu bardaktan alınız ve yerine çinko çubuğu bağlayınız.
7. Voltmetrenin gösterdiği değeri okuyup not ediniz (Resim 24).
8. Yarım dolu su bardağına bir çorba kaşığı tuz ekleyerek bir kaşıkla iyice karıştırınız.
9. Bakır ve alüminyum levhayı bu defa yarım dolu tuzlu su bardağına daldırınız ve bağlantıları yapınız.
10. Voltmetrenin gösterdiği değeri okuyup not ediniz (Resim 25).
11. Dolu su bardağına iki çorba kaşığı tuz ilave ederek bir kaşıkla iyice karıştırınız.
12. Büyük alüminyum ve büyük bakır levhaları, dolu tuzlu su bardağına daldırınız ve bağlantıları yapınız.
13. Avometrenin gösterdiği değeri okuyarak not ediniz (Resim 25).
14. Aldığınız değerleri karşılaştırarak bir pil sisteminde potansiyel farkını etkileyen ya da etkilemeyen faktörleri bulmaya çalışınız.

Deneyin sonucu:

1. İki metal uygun bir elektrolite (asit, baz ya da tuzlu su) daldırıldığında aralarında bir potansiyel farkın (emk) oluştuğu görüldü.
2. Beşinci ve yedinci adımdaki değerler karşılaştırıldı ve elde edilen potansiyel farkının değerinin, elektrotların cinsine bağlı olduğu görüldü.
3. Yedinci ve onuncu adımlarda alınan değerler karşılaştırıldı ve elde edilen potansiyel farkının elektrolitin cinsine bağlı olduğu görüldü.
4. Onuncu ve onüçüncü adımlarda alınan değerler karşılaştırıldı ve elde edilen potansiyel farkının elektrotların (levhaların) büyüklüğüne ya da elektrolitin miktarına bağlı olmadığı görüldü.

Not: Deneyimizde pilin uçlarındaki potansiyel farkın, elektrolitin miktarına ya da levhaların büyüklüğüne bağlı olmadığı görüldü. Elektrolitin miktarının ya da levhaların büyüklüğünün etkilediği bir şey yok mu? Var elbette. Bu büyüklükler pilin gücünü, dolayısıyla da enerji miktarını etkilemektedir. Örneğin, deneyimizde sekiz ve on ikinci adımlarda yapımına başladığımız pilleri ele alalım. Bu pillerden ilki bir alıcıyı 5 dakika çalıştırır ise ikincisi aynı alıcıyı daha uzun süre çalıştırabilir.

2.3.5.Fizyolojik (Bedensel) Etkisi

Elektrik akımının faydalı fizyolojik etkilerinden bazıları kalp pili, işitme cihazları ve birtakım bedensel ve psikolojik hastalıkların tedavisi şeklinde sıralanabilir.

Elektrik akımının fizyolojik bakımdan faydalarının yanında zararları da mevcuttur. En önemli sakıncası elektrik çarpması olarak bildiğimiz insan vücudu üzerindeki etkileridir. Elektrik çarpması maruz kalınan gerilimin, insan vücudunun direncine ya da akımın geçtiği yolun direncine bağlı olarak vücuttan geçirdiği akıma, geçen akımın süresine ve bulunulan ortama (ıslak, kuru, nemli, iletken, yalıtkan...) bağlı olarak tehlikeli sonuçlara yol açabilmektedir. Değişik değerdeki elektrik akımlarının insan vücudunu nasıl etkilediği aşağıda maddeler halinde sıralanmıştır.

- 1-8 mA: Bedende şok etkisi yapar. Hafif sarsıntı ve heyecanlanma şeklinde algılanır.
- 15-20 mA: Bedenden geçtiği bölgedeki kaslarda kasılma olur. Bu durumda el kasları istem dışı kasıldığından, tutulan iletkenin bırakılmaması söz konusu olabilir. Bu değerdeki akımın bedenden geçiş süresi uzarsa ölüm tehlikesi söz konusu olabilir.
- 50-100 mA: Bedende aşırı kasılmalar, solunum güçlüğüne, süre uzadığında ise ölüme neden olur.
- 100-500 mA: Geçiş süresine bağlı olmakla birlikte kesin ölüme neden olur.

Elektrik akımının öngörülemeyen zararlı etkilerine karşı alınacak önlemler

- Tesisat arızası giderirken şalter ve sigortaları kapatarak onarım bitene kadar kapalı kalacaklarından emin olmak. Gerekirse panonun başına bir nöbetçi bırakmak
- Tesisatlarda mutlaka faz koruma rölesi, faz sırası rölesi, kaçak akım rölesi ve sigorta kullanmak
- Nemli yerlerin tesisatlarında *nemli yer malzemeleri* kullanmak
- Sıcaklığın fazla olduğu yerlerde ya da yangın tehlikesinin olduğu yerlerde ısıya dayanıklı kablo ve ısıya dayanıklı elemanlar kullanmak
- Nemli yerlerde yalıtkan ayakkabı ve eldiven giymek
- Elektrikli cihaz onarımı yaparken cihazın fişini prizden çekip, yalıtkan eldiven ve yalıtkan ayakkabı giydikten sonra işe başlamak
- Elektrik işlerinde kullanılan pense, yankeski, kargaburun, tornavida, kontrol kalemi ve çeşitli ölçü aletleri gibi araç gereçlerin yalıtımlarının iyi olmasına dikkat etmek
- Kullanılan malzemelerin yalıtımlarının standartlara uygun olarak yapılmış olduklarına emin olmak

UYGULAMA FAALİYETİ

Elektrik akımının etkilerini inceleyiniz.

Bu faaliyet kapsamında aşağıda listelenen davranışlardan kazandığınız becerileri **Evet**, kazanamadığınız becerileri **Hayır** kutucuğuna (X) işareti koyarak kendinizi değerlendiriniz.

➤ Elektrik ısı ve ışık etkisiyle çalışan lamba devresi yapınız.	➤ Öğretmeninizin eşliğinde deney panolarından birindeki lamba devresini kullanabilirsiniz.
➤ Lamba çalıştırılmadan önce üzerindeki sıcaklığı gözlemleyiniz.	➤ Devreyi çalıştırmadan önce lambaya ve lambanın duyunu dokunarak soğuk olduklarını görünüz ➤ Dokunma esnasında lambanın metal kısımlarına elinizi dokundurmayınız.
➤ Lambayı çalıştırın ve beş dakika bekleyiniz.	➤ Anahtarı kapatarak devreyi çalıştırabilirsiniz.
➤ Etrafın aydınlandığını gözlemleyiniz.	➤ Etrafınıza baktığınızda aydınlığı görebilirsiniz.
➤ Lambanın ve lamba duyunun üzerlerindeki sıcaklık değişmesini hissediniz.	➤ Öncelikle anahtarı açarak devrenin çalışmasını durdurmalısınız. Lambaya elinizi yaklaştırarak ve duya hafifçe dokunarak sıcaklığı hissedebilirsiniz ➤ Lambaya dokunursanız yanabilirsiniz.
➤ Elektriğin ısı etkisinden yalıtkan maddelerin etkilendiğini görünüz.	➤ Hiç kullanılmamış plastik duy ile uzun süre kullanılmış plastik duy yan yana getirilmesi ile aralarındaki farkı gözlemleyebilirsiniz. ➤ Çok kullanılmış duyda sararma ve uç noktalarda erime olduğunu gözlemleyiniz.
➤ Bir manyetik alanın etkisindeki pusulanın nasıl saptığını gözlemleyiniz.	➤ Öğretmeninizden gözetiminde bir zil devresi kurunuz. ➤ Zilin muhafazasını çıkarınız. ➤ Devre açıkken, pusulayı aynı açıyla zilin elektromıknatısı etrafında gezdirerek pusulanın sapmadığını gözlemleyebilirsiniz. ➤ Bir arkadaşınız devrenin butonuna basarken (devre çalışırken) siz de pusulayı zil bobinine yaklaştırarak etrafında gezdiriniz. ➤ Pusulanın nasıl saptığını görmüş olmalısınız. ➤ Pusulanın normalde sapmasının nedeni dünyayı çevreleyen manyetik alandır.
➤ Manyetik alanın kuvvet (alan) çizgilerini gözlemleyiniz.	➤ Pusulanın zil bobini etrafında gezerken sapması, bobinin birim alana yaydığı manyetik alanın, dünyanın birim alana düşen manyetik alanından daha güçlü olmasıdır.
➤	➤ Bir elektromıknatıs, enerjili iken doğal mıknatıs gibi davrandığına göre, deney için bir doğal mıknatıs kullanabilirsiniz. ➤ Her biriniz farklı şekillerdeki mıknatıslar kullanmaya

	çalışarak farklı şekillerde çizgiler oluşturabilir, bunları arkadaşlarınızla paylaşabilirsiniz ➤ Mıknatısı bir kâğıdın üzerine koyup etrafına demir tozları dökülebilir, çizgilerin belirginliğini arttırmak için tozları mıknatısın etrafına yayabilirsiniz.
➤ Elektronik cihazların manyetik alandan nasıl etkilendiğini görünüz.	➤ Cep telefonunuzla televizyonun, bilgisayar ya da radyonun yanında arama yapmalısınız. ➤ Televizyonda ve radyo da hışırtı ve karıncalanma meydana geldiğini gözlemleyiniz ➤ Çok hassas elektronik elemanların (uçaklarda, otobüslerde) bozulmasına neden olan değişik uyarı tabelalarında gözlemleyebilirsiniz ➤ Uzun süre cep telefonunun kulakta tutulmasının, tıpkı mikro dalga fırının içerisine konulan yemeği pişirmesi gibi beyni pişirdiğini ve insan sağlığına zararlı etkisi olduğunu değişik yayınlardan gözlemleyebilirsiniz.
➤ Sulu çözelti bir pil yapmak için gerekli malzemeleri hazırlayınız.	➤ Pil düzeneği için iki elektrot, bir plastik kapta bir miktar su, bağlantı için krokodil kablolar ve bir anahtar temin etmekle işe başlayabilirsiniz. Çözelti için iki çorba kaşığı tuz ve ölçüm yapmak için bir voltmetre temin etmeyi de unutmamalısınız. ➤ Elektrot olarak bakır ve çinko kullanabilirsiniz.
➤ Suyu tuz karıştırmadan, düzeneği kurun ve elektrotların uçlarındaki gerilimi (emk) ölçün. Voltmetrenin sıfır değerini gösterdiğini gözlemleyiniz.	➤ Elektrotları birbirlerine değmeyecek şekilde suya daldırabilirsiniz. ➤ Voltmetrenin ölçme kademesini ayarlamayı bilmiyorsanız öğretmeninizden yardım alabilirsiniz. Voltmetrenin devreye paralel bağlandığını hatırlayın ➤ Krokodil kabloların birer uçlarını elektrotlara diğer uçlarını da voltmetrenin uçlarına bağlayarak voltmetrenin gösterdiği değeri okuyabilirsiniz.
➤ Suyu tuz ekleyerek düzeneği tekrar kurun ve voltmetrenin bir değer gösterdiğini gözlemleyiniz.	➤ Elektrotları sudan alarak iki çorba kaşığı tuzu suya ilave edip iyice eriyene kadar karıştırabilirsiniz. ➤ Elektrotları tekrar suya (çözeltiye) daldırıp bağlantıları yapabilir ve voltmetrenin bir değer gösterdiğini görebilirsiniz.

KONTROL LİSTESİ

Bu faaliyet kapsamında aşağıda listelenen davranışlardan kazandığınız beceriler için Evet, kazanamadığınız beceriler için Hayır kutucuğuna (X) işareti koyarak kendinizi değerlendiriniz.

DEĞERLENDİRME ÖLÇÜTLERİ	Evet	Hayır
Lamba devresini kurdunuz mu?		
Devreyi çalıştırmadan önce lamba ve donanımlarının sıcaklıklarını kontrol ettiniz mi?		
Devreyi çalıştırdıktan sonra etrafın aydınladığını gördünüz mü?		
Bir süre bekledikten sonra devreyi durdurup elemanların sıcaklığını kontrol ettiniz mi?		
Lambanın hem ışık hem de ısı yaydığını, devre elemanlarının ısındığını gözlemlediniz mi?		
Bir zil devresi kurdunuz mu?		
Devre açıkken pusulanın, zilin elektromıknatısından etkilenmediğini gözlemlediniz mi?		
Devre kapalıyken, pusulanın elektromıknatısın manyetik alanından etkilendiğini gözlemlediniz mi?		
Bir doğal mıknatıs buldunuz mu?		
Etrafına demir tozları serdiniz mi?		
Mıknatıs etrafındaki manyetik alanın kuvvet çizgileri ile şekillenen çizgileri gördünüz mü?		
Cep telefonu ile televizyonun yanında arama yaptınız mı?		
Telefonun yaydığı elektromanyetik dalgaların görüntü ve sesi bozduğunu gördünüz mü?		
İki metal çubuk bulunan kap içerisine saf su doldurunuz mu?		
Kapta sadece su varken elektrotların gerilimlerini ölçtünüz mü?		
Voltmetrenin sıfır değerini gösterdiğini gördünüz mü?		
Elektrotları sudan aldıktan sonra suya tuz ekleyip eriyene kadar karıştırdınız mı?		
Elektrotları çözeltiye yerleştirip bağlantıları yaptınız mı?		
Elektrotların uçlarındaki gerilimi ölçtünüz mü?		
Voltmetrenin bir değer gösterdiğini gördünüz mü?		

DEĞERLENDİRME

Değerlendirme sonunda “Hayır” şeklindeki cevaplarınızı bir daha gözden geçiriniz. Kendinizi yeterli görmüyorsanız öğrenme faaliyetini tekrar ediniz. Bütün cevaplarınızı “Evet” ise “Ölçme ve Değerlendirme”ye geçiniz.

ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

Aşağıdaki soruları dikkatlice okuyunuz ve doğru seçeneği işaretleyiniz.

1. Aşağıdakilerden hangisi akımın çeşitlerinden değildir?
A) Düzgün doğru akım
B) Değişken doğru akım
C) Alternatif akım
D) Karışık akım
2. Aşağıdaki makinelerden hangisi elektrik akımının ısı etkisi prensibi ile çalışmaz?
A) Fırın
B) Radyo
C) Elektrikli ocak
D) Ütü
3. Aşağıda, iletken atomlarının son yörüngelerindeki elektron sayıları ile iletkenlik kaliteleri arasında eşleştirmeler yapılmıştır.

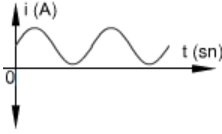
I	İletken	1 elektron
II	İyi iletken	2 elektron
III	Çok iyi iletken	3 elektron
		4 elektron

Yukarıdaki eşleştirmelerden hangisi yanlıştır?

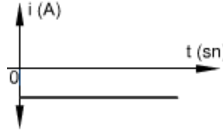
- A) I B) II C) III D) Hepsi
4. Aşağıdakilerden hangisi elektrik akımını iletmez?
A) Bakır tel
B) Alüminyum tel
C) Gümüş tel
D) Naylon tel
 5. Katılarda iletkenlik aşağıdaki parçacıkların hangisi ile gerçekleşir
A) Protonlar
B) Son yörünge elektronları
C) Herhangi bir yörüngedeki elektronlar
D) Nötronlar
 6. Bir elektroliz devresindeki elektrolitik sıvı içerisinde akım geçirilebilmesi için aşağıdakilerden hangisinin olması gerekir?
A) Kaynak
B) Elektrotlar
C) Elektrolit
D) Hepsi
 7. Aşağıdakilerden hangisi gaz dolu bir tüpün içerisinde elektrik akımının geçişini etkilemez?
A) Elektrik alanı
B) Tüpün bulunduğu ortam
C) Isı
D) Basınç
 8. Bir devreden 1 saniyede geçen yük miktarı 1 kulondur. Buna göre devreden geçen kim şiddeti aşağıdakilerden hangisidir?
A) 1 A
B) 2 A
C) 3 A
D) 4 A

9. Aşağıda akım çeşitlerine ilişkin eşleştirmeler verilmiştir.

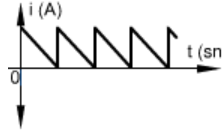
I : Alternatif akım



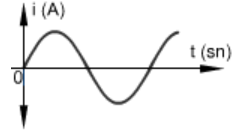
II: Düzgün doğru akım



III: Değişken doğru akım



IV: Alternatif akım



Yukarıdaki eşleştirmelerden hangisi yanlıştır?

A) I

B) II

C) III

D) IV

10. Elektrik akımı, aşağıdakilerden hangisinde ısı elde etmek için kullanılmaz?

A) Fırınlarda

B) Tost makinelerinde

C) Elektrik motorlarında

D) Ütülerde

11. Aşağıdaki aygıtlardan hangisi, elektrik akımının ışık etkisinden faydalanmak için tasarlanmamıştır?

A) Neon lamba

B) Floresan lamba

C) Elektrikli ısıtıcı

D) Akkor flemalı lamba

12. Aşağıdaki seçeneklerden hangisinde manyetik kuvvet çizgilerinin bir özelliği yanlış ifade edilmiştir.

A) Manyetik kuvvet çizgileri birbirlerini kesmezler.

B) Manyetik kuvvet çizgileri S kutbundan N kutbuna doğrudur.

C) Manyetik kuvvet çizgileri bütün maddelerden geçerler.

D) Manyetik kuvvet çizgileri çıktıkları ve girdikleri yüzeyler diktirler.

13. Aşağıdakilerden hangisi manyetik alanın zararlı etkilerinden biri değildir?

A) Yanlış ölçümlere sebep olması

B) Canlılarda halsizlik ve yorgunluğa sebep olması

C) Manyetik maddeleri kendine çekmesi

D) Elektronik cihazların çalışmasını olumsuz etkilemesi

14. Aşağıdaki cihazların hangisinde elektromıknatıs bulunmaz?

A) Motorlarda

B) Trafolarda

C) Rölelerde

D) Ütülerde

15. Aşağıdakilerden hangisi elektrolizin kullanım alanlarından biri değildir?

A) Metallerin saflaştırılmasında

B) Metallerin kaplanmasında

C) Metallerin sertleştirilmesinde

D) Metallerin bükülmesinde

16. Aşağıdaki ifadelerden hangisi pillerin çalışma prensibi bakımından yanlıştır?

A) Elektrot ya da elektrotların boyutları pilin gerilimini etkilemez.

B) Elektrolitin miktarı pilin gerilimini etkilemez.

C) Seçilen elektrolit ve elektrotların cinsi pilin gerilimini etkilemez.

D) Pilin gerilimi, pilin ömrünü etkilemez.

17. Aşağıdakilerden hangisi elektrik akımından korunma yollarından biri değildir?
- A) Nemli yerlerde de kuru yerlerde kullanılan tesisat malzemelerinden kullanmak
 - B) İletkenleri yalıtkan kılıflar içine almak
 - C) Gereksinimle enerji altında çalışmamak
 - D) Nemli yerlerde lastik eldiven ve çizme giymek

Aşağıdaki cümlelerin sonunda boş bırakılan parantezlere, cümlelerde verilen bilgiler doğru ise D, yanlış ise Y yazınız.

18. () Sıvılarda iyonların akım taşıyabilmeleri için ortamda bir kimyasal tepkimenin olması gerekir.
19. () Bir amper, birim zamanda geçen 1 kulonluk yük miktarıdır.
20. () 10 kA , $1 \cdot 10^7 \text{ mA}$ 'e eşittir.
21. () Isıtıcı yapımında öz direnci düşük iletkenler kullanılır.
22. () Jul Kanununa göre, bir iletken telden elde edilecek ısı miktarı, telden geçen akıma ve geçen akımın süresine bağlıdır.
23. () Manyetik alanlar, ses ve görüntünün iletiminde de kullanılır.
24. () Manyetik alanlar, görüntüleme teknolojilerinde kullanılmaz.
25. () Bir elektromıknatısın çekim gücü, bobinin sarım sayısı ve nüvesinin geçirgenlik kalitesine bağlıdır.
26. () Bir atom uyarılınca bir elektronu yörünge sıçraması yapar. Enerjisi azalan elektron eski yörüngesine dönerken foton salar.
27. () Elektromıknatıs, bobininden akım geçmezken de bir demir parçasını çekebilir.
28. () Televizyonun yanındayken cep telefonu çalınca görüntünün bozulmasının nedeni cep telefonundan yayılan elektromanyetik dalgalardır.
29. () Pillerin ömürleri (kullanım süreleri), pili oluşturan elektrolit ve elektrotun cinsine bağlı değildir.
30. () Bir pilde kullanılan elektrolit ve elektrotun cinsi pilin gerilimini ve ömrünü, bunların miktarı ya da büyüklükleri ise pilin sadece ömrünü belirler.
31. () İletkenlerin yalıtkanları, kısa devrelerde oluşacak sıcaklığa dayanacak kadar iyi yalıtkan olmalıdır.

Aşağıdaki cümlelerde boş bırakılan yerlere doğru sözcükleri yazınız.

32. Elektrik akımı katılarda elektronlar ve sıvılarda sayesinde gerçekleşir.
33. 250 mA A'dır.
34. Direnci 100 ohm olan ve şebekeden 1 A akım çeken bir ütü, 1 dakikada kalorilik ısı enerjisi üretir.
35. Bir alıcıdan 1 saniyede $624 \cdot 10^{10}$ elektron yükü geçmişse bu alıcıdan amperlik akım geçmiştir.
36. Mıknatısın manyetik alanından etkilenmeyen maddelere olmayan maddeler denir.
37. Şebeke akımının eğrisi eğri şeklindedir.
38. Faraday Kanunu'na göre bir elektroliz olayında açığa çıkan madde miktarı, elektrolit içerisinden geçen yük (akım) miktarı ile orantılıdır.

DEĞERLENDİRME

Cevaplarınızı cevap anahtarıyla karşılaştırınız. Yanlış cevap verdiğiniz ya da cevap verirken tereddüt ettiğiniz sorularla ilgili konuları faaliyete geri dönerek tekrarlayınız. Cevaplarınızın tümü doğru ise bir sonraki öğrenme faaliyetine geçiniz.

ÖĞRENME FAALİYETİ-3

AMAÇ

Elektrik akımının tanımını yapabileceksiniz ve çeşitlerini öğreneceksiniz. Elektrik akımının maddelerin yapısına bağlı olarak nasıl geçtiğini öğreneceksiniz. Elektrik akımının etkilerini öğrenecek ve bazılarını uygulayacaksınız.

ARAŞTIRMA

Aşağıda sıralanan etkinlerden nasıl yapacağınızı bilemedikleriniz olduğunda arkadaşlarınız, büyükleriniz ya da öğretmenlerinizden yardım isteyebilirsiniz.

- Elektrik akımı hakkında bilgi toplayınız ve elektrik gerilimi ile ilişkisini açıklamaya çalışınız.
- Elektrik akımının çeşitleri hakkında bilgi toplayınız.
- Elektrik akımı birimine kimin isminin verildiğini araştırınız.
- Elektriğin etkilerini sınıflandırmaya çalışınız. (Örneğin, elektrik enerjisi lambalarda ışıığa dönüştüğünden bu etkisine ışık etkisi diyebilirsiniz.) Yaptığınız sınıflandırmayı arkadaşlarınızınki ile karşılaştırınız.
- Eninizin elektrik tesisatında kullanılan kablo kesitlerinin nasıl belirlendiğini araştırınız.
- Bir elektrik motorunun nasıl çalıştığını, ne için ve nerelerde kullanıldığını araştırınız.
- Elektrolizin ne olduğunu ve hangi amaçlarla kullanıldığını ilişkin bilgi toplayarak arkadaşlarınızla paylaşınız.
- Piller hakkında bilgi toplayınız ve yapılarına göre pilleri karşılaştırınız.
- Elektrik akımının zararlı etkilerini öğrenerek bu etkilere karşı alınacak önlemleri araştırınız.

3.AKIM YOĞUNLUĞU

Akımı suya benzetirsek, iletken telleri de su borularına benzetebiliriz. Bir su borusunun yapıldığı maddeye göre taşıyabileceği bir su miktarı vardır. Örneğin kalın bir metal borunun taşıdığı suyu ince bir metal boru taşıyamayıp patlayabilir. İşte iletkenlerin de yapıldıkları maddeye ve kesitlerine göre taşıyabilecekleri azami akım değerleri söz konusudur.

3.1.Tanımı ve Birimi

Akım yoğunluğu, bir iletkenin 1 mm² lik kesitinden geçen akım miktarına denir.

Bir iletkenin kesiti, iletkenin yarıçapının karesi ve pi sayısının çarpımıyla bulunur ve

$$S = \pi.r^2 \text{ şeklinde ifade edilir (Şekil 71).}$$

Akım yoğunluğundan, bir iletkenin taşıyabileceği azami akımı bulmada faydalanılır.

Akım yoğunluğu $J = \frac{I}{S}$ eşitliği ile bulunur.

Eşitlikteki sembollerin anlam ve birimleri ise aşağıdaki gibidir.

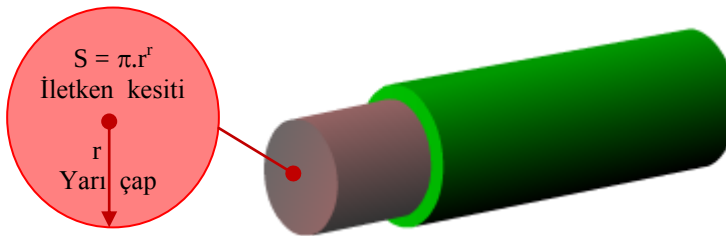
J : Akım yoğunluğu (A/mm²)

I : İletkenden geçen akım (A)

S : İletkenin kesiti (mm²)

Örnek: Kesiti 1.5 mm² olan bir iletkenden 6 A geçiyorsa bu iletkenin akım yoğunluğu nedir?

Cevap: $J = I / S = 6 / 1.5 = 4 \text{ A / mm}^2$



Şekil 71: İletken kesiti

3.2.Kesit ve Akım Yoğunluğuna Göre İletkenden Geçen Akım Miktarının Hesaplanması

Hesaplamaya geçmeden önce bir iletkenin kesitinden ne kastedildiğini bilmek faydalı olabilir.

Bir iletkenin kesiti, o iletkenin 90 derecelik bir açı ile kesildiğinde kesilen yüzeyinin alanına denir (Şekil 71).

Örnek: Akım yoğunluğu 6.75 A/mm^2 olan 4 mm^2 kesitindeki bir iletkenin taşıyabileceği akım miktarını bulunuz.

Cevap: $J = I / S$ eşitliğinden

$I = J \cdot S$ eşitliği elde edilir.

$I = 6.75 \cdot 4 = 27 \text{ A}$ bulunur.

Akım yoğunluğunun iletken kesiti hesaplamasında kullanıldığını biliyoruz. Bir iletkenin kesitini belirlerken birçok durumda sadece akım yoğunluğunu bilmek yeterli olmaz. Örneğin iletken direnci sıcaklıkla artmaktadır ve kesit hesabında bunun da dikkate alınması gerekmektedir.

Anma kesiti mm ²	1. Grup A	2. Grup A	3. Grup A	Açıklamalar
0,75		3	6	1. Grup Boru içinde çekilmiş bir ya da birden fazla tek damarlı iletkenler
1	2	6	0	
1,5	6	0	5	
2,5	1	7	4	
4	7	6	5	
6	5	7	7	2. Grup Termoplastik kılıflı iletkenler, borulu iletkenler, kurun kılıflı iletkenler, plastik yalıtkanlı yassı iletkenler, hareket ettirilebilen iletkenler gibi çok damarlı iletkenler
10	8	5	8	
16	5	7	04	
25	8	15	37	
35	10	43	68	

50	40	78	10	
70	75	20	60	
95	10	65	10	
120	50	10	65	3. Grup Havada açık olarak iletkenler arasında en az iletken dış çapı kadar açıklık bulunacak biçimde çekilmiş bir damarlı iletkenler ile bağlama tesisleri ve dağıtım tablolarında kullanılan bir damarlı iletkenler
150		55	15	
185		05	75	
240		80	60	
300		55	45	
400			70	
500			80	

Tablo 8: Yalıtılmış bakır iletkenlerin 25 °C ye kadar olan ortam sıcaklıklarında sürekli olarak taşıyabilecekleri yük akımları

Bir iletkenin kesitinde dikkate alınacak etkenler, Elektrik İç Tesisleri yönetmeliğinde belirtilmiştir. Kullanılacak iletkenlerin kesitleri, bu yönetmelikteki bazı tablolardan alınan değerlere göre yapılmaktadır.

Bu değerler, iletkenin cinsi, kullanılacağı fiziksel ortam, yalıtkanın cinsi, ortam sıcaklığı, çalışma akımı vb. gibi farklı etkenlere göre belirlenmiştir.

Tablo 8’de 25 °C ye kadar ortam sıcaklığında kullanılacak yalıtılmış iletkenlerin (bakır) kesitlerine göre taşıyabilecekleri azami akım değerleri görülmektedir.

Tablo 9’da ise alıcı güçlerine göre kullanılması gereken iletken kesitleri görülmektedir.

Tesisattaki güç (Watt)	Akım (amper)	Kablo kesiti (mm2)
0 -2200	10	1,5
2200 -3520	16	2,5
3520 -4400	20	4
4400 -7040	32	6

Tablo 9: Evimizdeki elektrikli cihazlar için kullanılacak iletken kesiti

Örnek: Bir duvarın içinde plastik boru içerisindeki bir iletkenin taşıyabileceği azami akım miktarı 16 A'dır. Bu iletkenin kesiti kaç mm^2 olmalıdır?

Cevap: Tablo 8'e göre, kablomuz boru içinde çekildiği için 1. gruba girmektedir. Tablonun 2. sütunundan 16 değeri bulunur ve aynı satırda, 1. sütundaki değer okunur. Kullanılan kablonun kesiti 1.5 mm^2 olmalıdır.

Örnek: Evinizdeki 3000 W'lık bir ısıtıcı için kullanılan telin kesiti en az kaç mm^2 olmalıdır.

Cevap: Tablo 9' a bakılarak güç değerinin 1. sütunda, hangi satırdaki değerlerin arasında olduğu tespit edilir. Buna göre 1. sütun ve 2. satır tespit edilerek 3.sütundan aynı satırdaki değer okunur. Isıtıcı için kullanılacak en ince telin kesiti 2.5 mm^2 dir.

UYGULAMA FAALİYETİ

Bir devrenin akımını ölçümünü yapınız.

➤ Akım ölçmek için 100 W'lık bir lamba devresi kurunuz.	➤ Öğretmeninizin eşliğinde deney panolarından birindeki lamba devresini kullanabilirsiniz. ➤ Ampermetrenin devreye seri bağlandığını hatırlayın ➤ Ampermetreniz kademeli ise ve hangi kademeyi seçeceğinizi bilmiyorsanız, 1 A'den büyük olmak kaydıyla 1 A'e en yakın kademeye alabilirsiniz ➤ Ampermetrenin bir ucunu anahtarın çıkışına diğer ucunu da lambanın girişine bağlayabilirsiniz.
➤ Devre açıkken ampermetrenin sıfır değerini gösterdiğini gözlemleyiniz.	➤ Devreyi çalıştırmadan ampermetrenin ölçtüğü değeri görebilirsiniz. ➤ Devre açıkken devreden akım geçmediği için ampermetrenin sıfır değerini gösterdiğini gözlemleyebilirsiniz.
➤ Devreyi çalıştırın ve devrenin akımını ölçün. Ampermetrenin yaklaşık 0.45 A'i gösterdiğini gözlemleyiniz.	➤ Anahtarı kapatarak devreyi çalıştırabilirsiniz. ➤ Ampermetrenin gösterdiği değeri okuyabilirsiniz. ➤ Ampermetrenin yaklaşık 0.45 A'i gösterdiğini gözlemleyebilirsiniz.

KONTROL LİSTESİ

Bu faaliyet kapsamında aşağıda listelenen davranışlardan kazandığınız beceriler için Evet, kazanamadığınız beceriler için Hayır kutucuğuna (X) işareti koyarak kendinizi değerlendiriniz.

DEĞERLENDİRME ÖLÇÜTLERİ	Evet	Hayır
100 W lık bir lamba devresini kurdunuz mu?		
Ampermetreyi devreye seri bağladınız mı?		
Ampermetrenin ölçme kademesini doğru seçtiniz mi?		
Devre açıkken ampermetrenin 0 A'i gösterdiğini gördünüz mü?		
Anahtarı kapatarak devreyi çalıştırdınız mı?		
Ampermetre'nin yaklaşık 0.45 A'i gösterdiğini gördünüz mü?		
Ampermetrenin gösterdiği akım değerine göre kullanacağımız iletkenin kesitini hesapladınız mı?		

DEĞERLENDİRME

Değerlendirme sonunda “Hayır” şeklindeki cevaplarınızı bir daha gözden geçiriniz. Kendinizi yeterli görmüyorsanız öğrenme faaliyetini tekrar ediniz. Bütün cevaplarınız “Evet” ise “Ölçme ve Değerlendirme”ye geçiniz.

ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

Aşağıdaki soruları dikkatlice okuyunuz ve doğru seçeneği işaretleyiniz.

1. Aşağıdaki iletken özelliklerinden hangisi bir iletkenin kesiti belirlenirken dikkate alınmaz?
A) İletkenden geçecek azami akım değeri B) Kullanılacağı ortamın sıcaklığı
C) İletkenin yalıtkan maddesinin cinsi D) İletkenin yalıtkan maddesinin rengi
2. Aşağıda kesitleri verilen iletkenlerden en çok akımı hangisi geçirir?
A) 6 mm² B) 4 mm² C) 2,5 mm² D) 1,5 mm²
3. Akım yoğunluğu 10 A/mm² olan bir iletkenin kesiti 2,5 mm²dir. İletkenin geçirebileceği azami akım miktarı aşağıdakilerden hangisidir?
A) 12.5 A B) 7.5 A C) 25 A D) 4 A
4. 1,5 mm² kesitindeki bir iletken 15 A geçmektedir. İletkenin akım yoğunluğu aşağıdakilerden hangisidir?
A) 22.5 A/mm² B) 10 A/mm² C) 16.5 A/mm² D) 13.5 A/mm²

DEĞERLENDİRME

Cevaplarınızı cevap anahtarıyla karşılaştırınız. Yanlış cevap verdiğiniz ya da cevap verirken tereddüt ettiğiniz sorularla ilgili konuları faaliyete geri dönerek tekrarlayınız. Cevaplarınızın tümü doğru ise bir sonraki öğrenme faaliyetine geçiniz.

ÖĞRENME FAALİYETİ-4

AMAÇ

Elektrik geriliminin ne olduğunu ve nasıl elde edildiğini öğreneceksiniz. Gerilim elde etme yöntemlerinin avantaj ve dezavantajlarını kavrayacaksınız.

ARAŞTIRMA

Aşağıda sıralanan etkinliklerden nasıl yapacağınızı bilemedikleriniz olduğunda arkadaşlarınız, büyükleriniz ya da öğretmenlerinizden yardım talep edebilirsiniz.

- Elektrik geriliminin tanımını arkadaşlarınızla paylaşınız.
- Elektrik gerilimi elde etme yöntemleri hakkında bilgi toplayınız.
- Evimizde kullandığımız elektrik enerjisinin hangi yolla üretildiğini araştırınız.
- Gerilimin birimi olan “volt”un kimin anısına verildiğini araştırınız.

4.ELEKTROMOTOR KUVVET (EMK) VE GERİLİM

4.1.Gerilim Üretme Yöntemleri

Gerilim üretme yöntemlerine *elektrik enerjisi üretiminde kullanılan kaynaklar* konusunda kısmen değinmiştik. Orada, şebeke enerjisinin elde edilmesinde farklı enerji kaynaklarından nasıl faydalandığı gördük.

Şimdi, en bilindik yollarla elektrik enerjisinin nasıl elde edildiğine odaklanacağız. Biliyorsunuz, elektrik enerjisi denince akla elektrik akımı gelmekte. Elektrik akımı ise elektrik geriliminden kaynaklanmaktadır. Öyleyse biz herhangi bir yolla elektrik gerilimi elde ettiğimizde bunun anlamı aslında elektrik enerjisi ürettiğimizdir.

Şimdi elektrik gerilimini elde etme yöntemlerine bakalım.

4.1.1.İndüksiyon (manyetik alan) Yoluyla

Lenz Kanunu’na göre bir iletken, manyetik bir alan içerisinde hareket ettirilirse bu iletkenin iki ucu arasında potansiyel bir fark oluşur. Aynı şekilde bir manyetik alan bir iletkeni kesecek (görece) şekilde hareket ettirilirse bu iletkende yine bir elektrik gerilimi oluşur.

Resim 26’da mıknatıs hareket ettirildiğinde manyetik alanın etkisi ile bobin atomları uyarılır. Bir elektrik alanındaki gibi manyetik alanda da serbest elektronlar bir yönde harekete geçerler. Böylece bobinin bir ucunda negatif, diğer ucunda ise pozitif yüklü atomlar yoğunlukta olur. İletken uçlarındaki bu yük farkına elektrik gerilimi denir ve bu olaya da indüklenme denir. Bobin uçları bir alıcı üzerinden birleştiğinde bobinde indüklenen (oluşan) bu gerilim, devreden akım dolaştırır.

Bu şekilde indüklenen gerilimin değeri iletkenin uzunluğuna, manyetik alanın yoğunluğuna (şiddetine) ve manyetik alanın ya da iletkenin hareket hızına bağlıdır.

Alan sabitken iletken hareket ettirildiğinde ise iletkenin gerilimini, iletkenin hareket hızı belirler.

Bir iletkende indüklenen gerilimin değeri (MKS birim sisteminde)

$e = B \cdot L \cdot V$ formülü ile bulunur.

Formüldeki değişkenlerin anlam ve birimleri aşağıdaki gibidir.

e: İletkende indüklenen emk (V)

B: Manyetik akı yoğunluğu (weber/m²)

L: İletkenin boyu (m)

V: İletkenin hızı (m/sn)

Şayet iletkenin hareketi açısal bir karakter taşıyorsa o zaman eşitlik,

$e = B \cdot L \cdot V \cdot \sin \alpha$ şeklini alır. Örneğin alternatörlerde gerilimin indüklendiği rotor üzerindeki iletkenler dairesel bir dönüş yaparlar. Dolayısıyla da stator sargılarını 0-360 derecelerde kestiklerinden elde edilen gerilimin formu sinüzoidal dir(Öğrenme Faaliyeti 2 - Şekil 62).

Sinüzoidal gerilim elde etmenin diğer bir yolu da sabit kutupların etkisindeki bir iletkeni ya da iletken sarımlarını döndürmektir (Şekil 3).

Normalde alternatörler çok kuvvetli elektromıknatıslara, çok sarımlı ve kalın tellere sahiptirler. Bu şekilde yüksek miktarlarda enerji üretebilmektedirler. Alternatörler gibi elektrik enerjisi üreten diğer elektrik makineleri de dinamolardır. Dinamolar doğru akım üreten makinelerdir.



Resim 26: Bir bobinde oluşan gerilim (emk)

4.1.2.Kimyasal Etki Yoluyla

Elektrik enerjisinin, birtakım elektroliz düzenekleri ile (kimyasal tepkimeler sonucu) elde edildiğini biliyoruz.

Klasik pillerin yanında aküler ve yakıt pilleri ile de kimyasal etki yoluyla elektrik enerjisi elde edilmektedir.

Pillerin Yapısı ve çalışmasına **2.3.4.2.Piller** konusunda değinmiştik. Şimdi de yakıt pilleri ve akülere bir göz atalım.

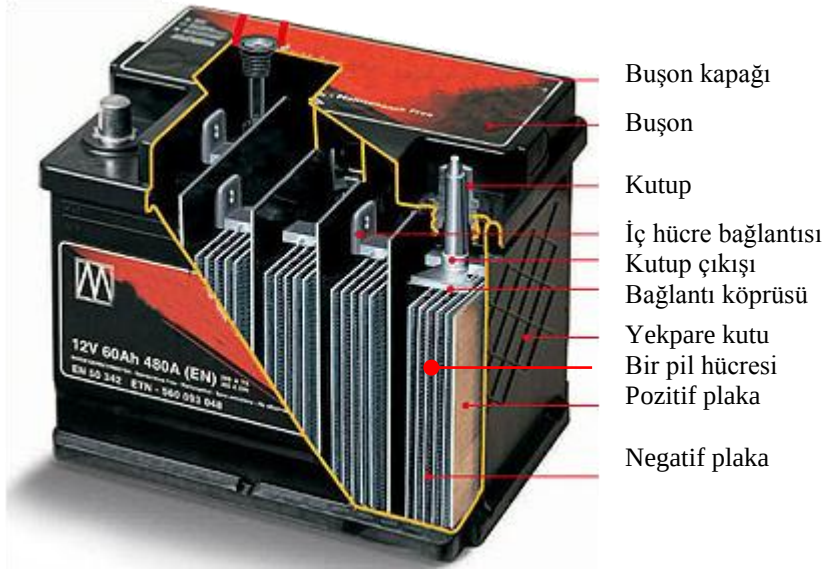
➤ YAKIT PİLLERİ

Yakıt pillerinde elektroliz düzeneğine uygun bir yakıtın dahil edilmesi söz konusudur. Yakıt pilleri temiz ve verimli bir enerji kaynağıdır. Yakıt olarak hidrojen bakımından zengin olan maddeler kullanılır. Örneğin doğal gaz, petrol türevleri, sıvı propan ve gazlaştırılmış kömür gibi fosil kökenli yakıtlar veya etanol, metanol ya da hidrojen gibi yakıtlar bu pillerde kullanılabilir.

Yakıt pilleri, temiz enerji üretimi ve yüksek verimleri ile enerji tasarrufu sağlayan bir güç kaynağı olarak kullanımları gittikçe yaygınlaşmaktadır.

➤ AKÜLER

Aküler, çalışma prensibi olarak neredeyse bir pilden farksızdır. Akü çeşitleri ve gerilimleri yapı ve kullanım amaçlarına göre farklılık göstermektedir. Ancak genellikle sulu 12 V'luk aküler kullanıldığı için biz de bu aküler üzerinde duracağız.



Resim 27: Akünün yapısı

Akülerde elektrolit olarak kurşun sülfat ($PbSO_4$) kullanılmaktadır. Aküler pillerden farklı olarak bünyelerinde altı adet pil (hücre) bulundurlar. İçeride seri bağlanan her bir hücrenin potansiyel farkı 2 volt olmak üzere, toplamda (dışarıya çıkarılan kutuplarda) 12 V'luk bir potansiyel fark sağlamaktadırlar.

Elektrotlar, aralarında delikli ayırıcılar bulunan ve iç içe geçmiş çok sayıda kurşun (Pb) ve kurşun dioksit (PbO_2) plakadan oluşmuştur (Resim 27) .

Çok sayıda plaka kullanılmasının nedeni hem birden fazla pil elde etmek hem de elektrolit ile temas yüzeyini artırarak daha fazla enerji elde edebilmektir. Ayrıca 2'şer

voltluk altı ayrı pil düzeneği birbirlerine seri bağlanarak akü uçlarından 12 V elde edilmektedir.

Akünün altı hücreden oluştuğunu söylemiştik Şimdi akü boşalırken ve dolarken, sadece bir hücrede gerçekleşen kimyasal reaksiyonlara bakalım (Bütün hücrelerde aynı olay gerçekleşmektedir.).

➤ **AKÜNÜN DEŞARJI:**

Akü uçları bir alıcı üzerinden birleştirildiğinde kurşun ve kurşun dioksit plakaları arasındaki potansiyel fark nedeniyle kurşun plakanın atomlarından elektron koparılacak (atom başına iki elektron) elektronlar kurşun dioksit plakasına çekilir. Bu anda kurşun atomları Pb^{+2} şeklinde iyon durumuna geçerek -2 değerlikli sülfat iyonları (SO_4^{-2}) ile birleşerek kurşun sülfat ($PbSO_4$) oluştururlar.

Kurşun dioksit (PbO_2) plakasına gelen elektronlardan her biri, bir oksijen atomuna geçer. Her bir oksijen atomu kurşun atomlarından birer elektron alarak -2 değerlikli iyon durumuna geçerler. -2 değerlikli oksijen iyonları elektrolitteki +2 değerlikli hidrojen iyonları ile su (H_2O) oluştururlar. Aynı zamanda oksijen atomlarının ayrışmasıyla +2 değerlik kazanan kurşun atomları da elektrottan koparak elektrolit içerisindeki -2 değerlikli sülfat iyonları (SO_4^{-2}) ile birleşerek kurşun sülfat ($PbSO_4$) oluştururlar.

Bu şekilde devrede kurşun elektrottan kurşun dioksit elektroda doğru bir elektron akışı gerçekleşir.

➤ **AKÜNÜN ŞARJI:**

Boşalmış olan batarya bir doğru akım kaynağına bağlanıp deşarj akımına ters yönde bir şarj akımı geçirilirse pozitif ve negatif plakalardaki kurşun sülfat ayrışır. Akünün deşarjında gerçekleşen tepkimeler tersine işlemeye başlar.

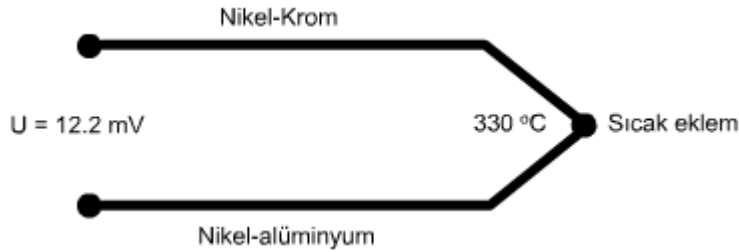
Aküye bağlanan güç kaynağının eksi ucu kurşun elektroda elektron yolladıkça elektrolitteki kurşun sülfat, kurşun (Pb^{+2}) ve sülfat (SO_4^{-2}) şeklinde parçalanır ve kurşun iyonları elektron kaybeden elektrotla birleşerek nötr hale gelirler. Kaynağın artı ucu kurşun dioksitten elektron çektiğinde su da iki hidrojen (H^+) ve bir oksijen (O^{-2}) şeklinde iyonlarına ayrılır. Aynı zamanda $PbSO_4$, Pb^{+2} ve SO_4^{-2} şeklinde iyonlarına ayrılır. Bunun nedeni kurşun dioksit plakanın pozitif yüklenmesidir. Sudan parçalanmış her iki oksijen iyonu ve kurşun sülfattan parçalanmış bir kurşun iyonu birleşirler kurşun dioksit (PbO_2) iyonunu oluştururlar. Bu iyonlar pozitif yüklü plaka ile birleşerek nötr hale gelirler.

Bu tepkimeler olmaya devam ettikçe kurşun plakada kurşun ve kurşundioksit plakada ise kurşundioksit depolanacak ve akü şarj olacak yani dolacaktır.

4.1.3. Isı Yoluyla

İletkenler ısıtıldıklarında, iletken madde atomlarının elektronlarında bir hareketlenme meydana gelir. İletken maddesinin sıcaklık katsayısına göre bu hareketin miktarı az ya da çok olabilir.

İki farklı metalin (iletkenin) birer uçları birleştirilip birleşim noktası ısıtıldığında sıcaklık miktarına bağlı olarak iletkenlerin boşta uçlarından mili voltlar seviyesinde bir gerilim elde edilir (Şekil 72). Bu gerilimin değeri kullanılan iletkenlerin cinsine ve birleşim yüzeyinin ısınma miktarına bağlıdır. Farklı iki metal ya da metal alaşımlarından oluşan bu elemana termokupl ya da ısı çifti denmektedir.



Şekil 72: Termokuplun yapısı

Termokupl'un yapımında genellikle bakır, demir, konstantan, platin, mangan, nikel gibi metaller ve bunların alaşımları kullanılır.



Resim 28: Basit bir termokupl uygulaması

Termokupllar genellikle ısı kontrol devrelerinde ve sıcaklık ölçümünde kullanılırlar. Resim 28'de basit bir termokupl uygulaması ve Resim 29'da ise çeşitli termokupllar görülmektedir.

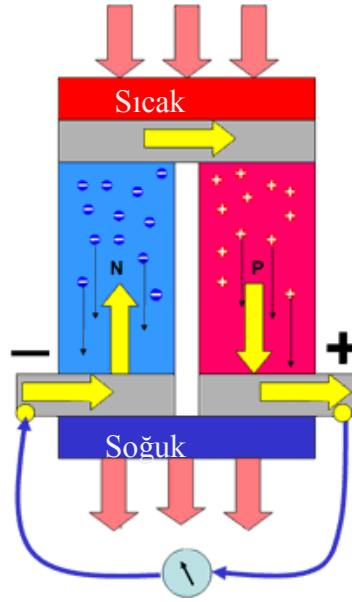


Resim 29: Çeşitli termokupllar

Metallerin birleşim yerlerinin ısıtılması ile elektrik gerilimi elde edildiği gibi yarı iletkenlerin ısıtılması ile de gerilim elde edilebilmektedir.

Bir yarıiletken termik üreteç, aslında bir sonraki konuda ele alacağımız bir fotopil'in uyarlanmış halidir. Bu elemanların fotopiller den farkı, ısı toplayan bir katman sayesinde daha verimli olmalarıdır. Kısaca bir termik üreteç, bir fotopil den daha fazla enerji üretir.

Bir N (Negatif) ve bir P (Pozitif) olmak üzere iki yarı iletkenin birleşim yüzeyleri ısıtıldığında yarı iletkenin uçlarında bir gerilim oluşur (Şekil 73). Bu gerilimin değeri çok küçüktür ve yarıiletken elemanlar seri bağlanarak gerilim değeri artırılır. Seri bağlı blokların paralel bağlanması ile de akım kapasitesi artırılır.



Şekil 73: Termik pil hücresi

Yarıiletken termik gerilim üreteçlerine termo fotovoltajik pil denir. Kısaca termo fotopil ya da termo pil de diyebiliriz. Bir termopil, Şekil 73'te görüldüğü gibi P ve N tipi yarıiletkenlerin birleştirilmesi ile elde edilmekte ve ısıya dayanıklı bir ısıtma levhası ve bir de soğuma levhası ihtiva etmektedirler. Bir termopilin ısıtma yüzeyi ısıtıldığında pil uçlarında bir gerilim artışı olur.



Resim 30: Bir termopil uygulaması

Termo piller sıcaklık ölçümünde kullanıldığı gibi ısı kontrol devrelerinde ve küçük güçlü devrelerin beslenmesinde de kullanılabilir. Esas kullanım amacı ise yarıiletken hücrelerin seri ve paralel bağlanarak yüksek miktarlarda enerji elde etmektir.

4.1.4. Işık yoluyla

Daha önce foto pillerden bahsetmiştik. Foto pillere ışık pili ya da güneş pili de denmektedir.

Fotopiller ışık enerjisini elektrik enerjisine dönüştüren yarı iletkenlerdir.

Yarıiletken maddeler, atomlarının son yörüngesinde dört elektron bulunduran maddelerdir.

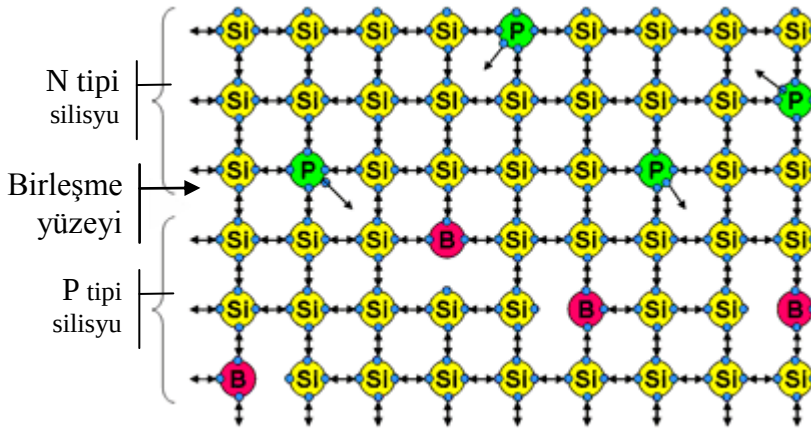
Yarıiletkenlerin temel malzemesi P (pozitif) ve N (negatif) yapıdaki maddelerdir.

P ya da N tipi maddeleri, silisyum (S) ve germanyum (Ge) gibi kristal yapıdaki yarı iletkenlere katkı maddeleri eklenerek elde edilirler.

Elde edilen maddenin P ya da N tipi olması katkı maddesine bağlıdır.

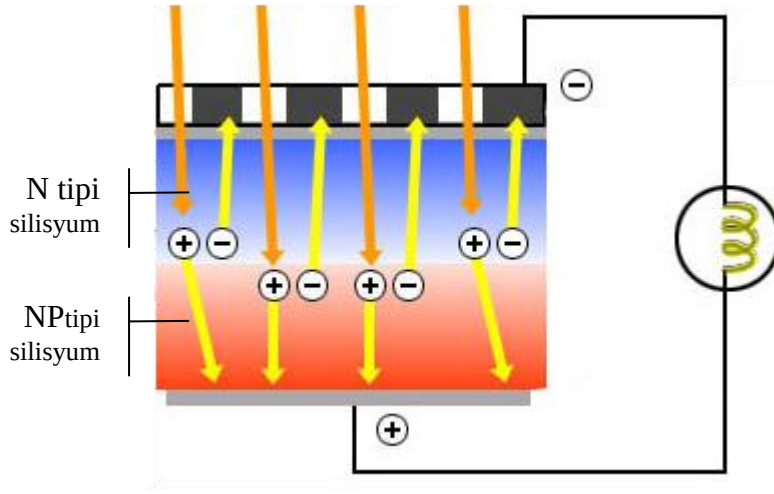
Örneğin silisyum maddeye bir miktar fosfor (P) karıştırılmışsa, atomlarının son yörüngesinde beş elektronu bulunan fosforun bir elektronu açıkta kalacaktır. Açıkta kalan bu elektron serbest haldedir. Elde edilen bu maddeye negatif madde ya da N tipi madde denmektedir.

Şayet silisyuma bir miktar Bor (B) karıştırılırsa elde edilen madde pozitif madde ya da P tipi madde olacaktır. Bor, silisyumla kristal bir yapı ile birleşince bir elektron eksikliği ortaya çıkmaktadır. Çünkü bor atomlarının son yörüngelerinde üç elektron vardır.



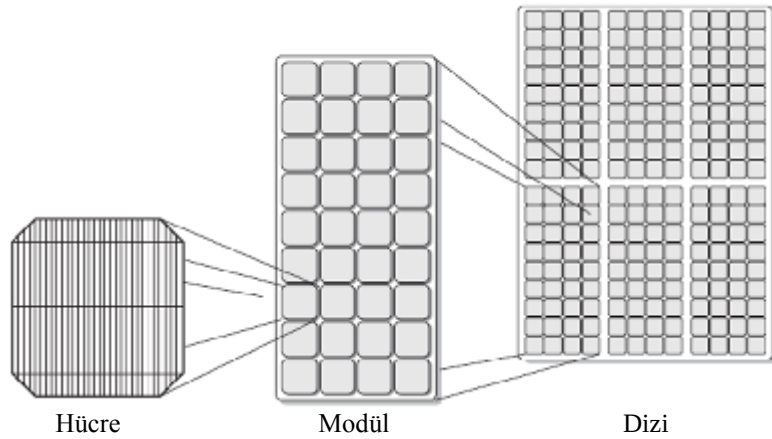
Şekil 74: Silisyum yarıiletkenin atom dizilişi

Bir yarıiletken eleman, P ve N olmak üzere en az iki plakadan oluşur. Şekil 74'te silisyumdan yapılmış bir yarıiletken elemanın kristal yapısı görülmektedir.



Şekil 75: Fotopilin yapısı ve çalışması

Fotopiller de bir N ve bir P tipi maddeden oluşan yarıiletkenlerdir. Şekil 75'te görüldüğü gibi ışık fotopilin birleşim yüzeyine düşürüldüğünde, P ve N tipi plakalar arasında bir elektrik alanı oluşur. Fotopilin uçları bir alıcı üzerinden birleştirildiğinde ise N tipi plakadan P tipi plakaya doğru bir elektron akışı olur ve alıcı çalışır.



Şekil 76: Fotopil

Bir fotopil hücresinden elde edilen gerilim çok düşüktür. Bu nedenle fotopiller seri bağlanarak istenilen gerilim elde edilebilir. Elde edilen fotopil enerjisi ile yüksek güçlü bir alıcı çalıştırılacağı zaman, çok sayıda seri bağlı fotopil blokları paralel bağlanarak sistemin akım kapasitesi artırılır. (Şekil 76)

Fotopiller temiz enerji kaynaklarıdır. Buna karşın verimleri % 10 - % 20 civarındadır ve ekonomik olarak çok cazip değildirler.

4.1.5.Sürtünme Yoluyla

İki cisim birbirlerine sürtüldüğünde, cisimlerin atomlarının kinetik enerjileri artar. Böylece pozitif yükler bir cisimde, negatif yükler ise diğer cisimde birikerek aralarında bir gerilim oluşur.



Resim 31: Van de Graaf Jeneratörü

Statik elektrik gerilim elde etmenin en bilinen örneği, Van de Graaf jeneratörleridir (Resim 31).

Bu jeneratörler, yalıtkan bir madde ile iletken bir maddenin sürtünmesi ile oluşan zıt yüklerin iki farklı iletkende toplanması esasına göre çalışırlar.

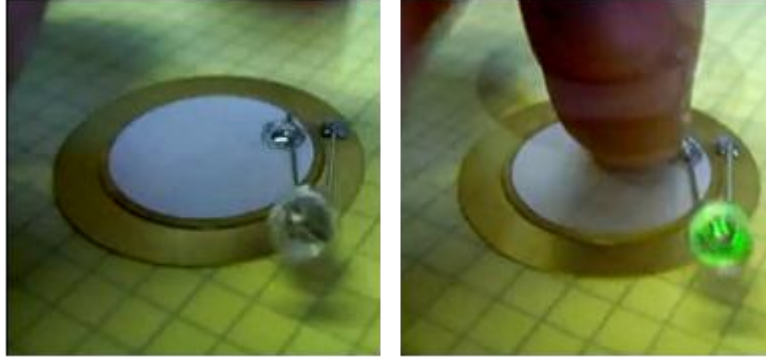
Sürtünme yoluyla elde edilen gerilimin büyüklüğü, sürtünen maddelerin cinsi, sürtünme yüzeylerinin büyüklüğü ve sürtünme hızına (şiddetine) bağlıdır.

4.1.6.Kristal Deformasyon Yoluyla

Kristal yapılı quartz, turmalin gibi maddelere basınç uygulanınca basıncın uygulandığı yüzeylerden elektrik gerilimi elde edilir.

Bir kristal maddeye basınç uygulanınca, kristal kafesi esner ve kristal yapıdaki zıt iyon yükleri basınç yüzeylerine toplanır. Basınç ortadan kalktıktan bir süre sonra kristal kafes eski şeklini alır ve yük dağılımı normale döner. Yani yüzeyler arasındaki potansiyel farkı sıfır olur.

Bu nedenle kristal yalnızca deformasyona uğradığı zamanlarda yani basıncın etkisindeyken gerilim üretir.



Resim 32: Piezo elektrik ile bir ledin çalışması

Kristal deformasyon ile elde edilen elektrik enerjisine piezo elektrik de denmektedir. Resim 32’de bir piezo elektrik devresi görülmektedir. Resimdeki kristal, parmakla basınç uygulanınca bir ledi çalıştırabilecek kadar elektrik enerjisi üretebilmektedir.

Kristaller çakmaklarda gerilim kaynağı olarak kullanılırken, elektronik devrelerde osilatör olarak kullanılmaktadır. Mesafe ölçümleri, akustik testler, basınç ölçümü ve kontrolü gibi işlerde de kullanılmaktadırlar. Ayrıca ses devrelerinde mikrofon olarak da kullanılmaktadırlar.

Kristallerden elektrik akımı geçirilince, akımın formuna bağlı olarak kristallerde titreşimler gerçekleşir. Bu özelliğinden faydalanılarak küçük boyutlu hoparlörler yapılmaktadır. Bu hoparlörleri hem güçleri, hem de kendileri küçük olduğu için küçük güçlü cihazlarda (örneğin cep telefonları) kullanılmaktadır.

4.2.Elektromotor Kuvvet (Emk)

Elektromotor kuvveti, bir devreden yük akışını sağlayan bir kaynağın uçları arasındaki potansiyel farktır.

Elektromotor kuvvet, kısaca **emk** şeklinde ifade edilir ve **E** ile gösterilir.

4.2.1.Emk’in Elde Edilmesi

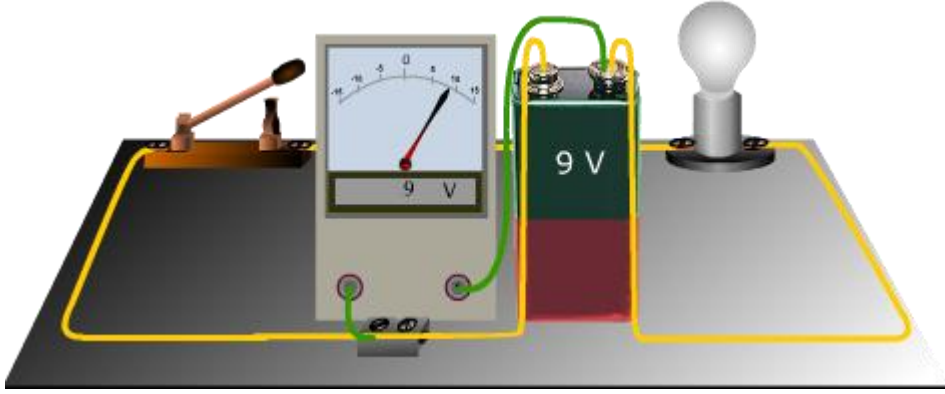
Emk, pil, akü, dinamo, alternatör vb. elektrik enerjisi kaynakları ile elde edilir. Daha geniş bilgi için **4.1.Gerilim Üretme Yöntemleri** konusuna bakabilirsiniz.

4.2.2.Emk ve Gerilim Tanımı ve Arasındaki Fark

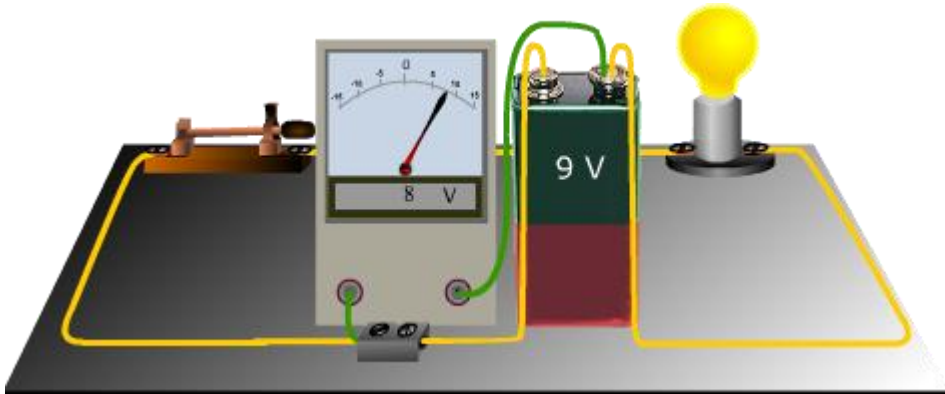
Emk kısaca, devre açıkken kaynağın uçları arasındaki potansiyel farka denir. Gerilim ise her hangi iki noktanın potansiyelleri arasındaki farka denir.

Örneğin, bir devrede bir alıcının uçları arasındaki potansiyel farka emk denmez, çünkü emk kaynak uçları arasındaki potansiyel farktır. Bir alıcının uçları arasındaki potansiyel farka gerilim denir. Çalışan bir devrede kaynağın uçlarına bağladığımız bir voltmetre, kaynağın emk'sini değil, kaynağın gerilimini ölçebilir.

Bir kaynağın boşta ve yüklüken gerilimleri farklıdır. Bunun nedeni, kaynak devreye akım verirken enerjinin bir kısmının kaynakta harcanmasıdır.



Şekil 77: Devrenin emk'si



Şekil 78: Devrenin gerilimi

Şekil 77'de devre açık olduğu için kaynağın (pilin) emk'si ölçülebilir. Şekil 78'de ise kaynağın emk'si ölçülemez çünkü emk'nin bir kısmı pilin içindeki kimyasal tepkimeler için harcanmaktadır. Bu durumda voltmetre kaynağın gerilimini göstermektedir.

Buna göre çalışan bir devrede, emk ile gerilim için aşağıdaki eşitlik yazılabilir.

$$\text{Emk} = \text{kaynakta düşen gerilim} + \text{kaynak uçlarındaki gerilim}$$

4.2.3.Emk ve Gerilimin Birimi

Hatırlayacak olursak, emk E ile ve gerilim de U ile gösterilmekteydi. Emk'nin ve gerilimin birimi volt'tur. Volt, V harfi ile gösterilir.

Emk ya da gerilim voltmetre ile ölçülür. Şekil 77'de görüldüğü gibi voltmetre devreye paralel bağlanır.

4.2.4.Ast, Üst Katları ve Çevrimleri

Gerilimin ast ve üst katları da akım da olduğu gibi biner biner büyür ve biner biner küçülür.

$1/(1000.1000) = 0.000001 = \text{MV}$	Sayı iki kere bine bölünüyor.
$1/1000 = 0.001 = 1.10^{-3} \text{ kV}$	Sayı bir kere bine bölünüyor.
1 Volt	
$1000 = 1.10^3 \text{ mA}$	Sayı bir kere binle çarpılıyor.
$1000.1000 = 1000000 = 1.10^6 \mu\text{V}$	Sayı iki kere binle çarpılıyor.

Tablo 10: Gerilimin ast ve üst katları

Örnekler:

$$500 \mu\text{V} = 500 / 1000 = 0.5 \text{ mV}$$

$$500 \mu\text{V} = (500 / 1000) / 1000 = 0.0005 \text{ mV} = 5^{-4} \text{ V}$$

$$250 \text{ kV} = 250 / 1000 = 0.25 \text{ MV}$$

$$250 \text{ kV} = 250 . (1000 . 1000) = 250000000 = 25.10^{+7} \text{ mV}$$

UYGULAMA FAALİYETİ

Farklı şekillerde gerilim elde etmeyi inceleyiniz.

➤ Manyetik alan ile gerilim elde etmek için bir devre kurunuz.	➤ Manyetik alan ile gerilim elde etmek için deney setinizdeki alternatörü kullanabilirsiniz.
➤ Alternatörün uçlarına voltmetreyi bağlayınız ve voltmetreden 0 V değerini okuyunuz.	➤ Voltmetreyi alternatör uçlarına paralel bağlayabilir, voltmetrenin 0 V'u gösterdiğini gözlemleyebilirsiniz.
➤ Kolu farklı hızlarda çevirerek voltmetrenin gösterdiği değerleri gözlemleyiniz.	➤ Bir iletkende indüklenen gerilimin alanın gücüne ve iletkenin boyuna bağlı olduğu gibi iletkenin hareket hızına da bağlı olduğunu hatırlayınız. ➤ Alternatörün kolunu farklı hızlarda çevirebilir, her defasında farklı değerleri gösterdiğini görebilirsiniz.
➤ Kolu çevirmeyi bırakın ve voltmetrenin 0 V'u gösterdiğini gözlemleyiniz.	➤ Kolu çevirme işlemini sonlandırabilir ve alternatör dönmüyorken, uçlarında gerilim indüklenmediğini voltmetrenin gösterdiği sıfır değerinden anlayabilirsiniz.
➤ Bir pil düzeneği kurunuz ve uçlarındaki gerilimi ölçünüz.	➤ Bunun için üçüncü uygulama faaliyetinden yararlanabilirsiniz.
➤ Isı yoluyla gerilim elde etmek için bir termokupl hazırlayınız.	➤ Termokupl temini konusunda öğretmeninizden yardım alabilirsiniz.
➤ Termokuplun uçlarına voltmetre bağlayarak 0 V değerini okuyunuz.	➤ Ölçme alanı küçük olan bir voltmetre kullanırsanız, gerilimdeki değişimi daha iyi görebilirsiniz. ➤ Bu konuda öğretmeninizden yardım alabilirsiniz ➤ Voltmetreyi termokupl uçlarına paralel bağladığınızda voltmetreden 0 V değerini okursunuz. Bunun nedeni termokupl'un henüz soğuk olmasıdır.
➤ Termokupl'un bileşim yüzeyini ısıtarak gösterdiği değeri okuyunuz.	➤ Termokupl yüzeyini bir çakmakla ya da bir havya ile ısıtabilirsiniz. ➤ Termokupl ısındıkça uçlarındaki gerilimin arttığını voltmetreden takip edebilirsiniz.
➤ Işık yoluyla gerilim elde ediniz.	➤ Bu faaliyet için bir önceki faaliyetteki (ısı yoluyla gerilim elde etme) aşamaları takip edebilirsiniz ➤ Yalnızca termokupl yerine bir fotopil ve ısı kaynağı yerine bir ışık kullanarak fotopilin uçlarındaki gerilimi, voltmetreden görebilirsiniz.
➤ Sürtünme yoluyla gerilim elde ediniz.	➤ Bu faaliyet için ebonit bir çubuk veya tarak ile yün kumaş temin edebilirsiniz.
➤ Kristal deformasyon yoluyla gerilim elde etmek	➤ Kristali bir elektronikçiden temin edebilirsiniz.

için bir devre hazırlayınız.	
➤ Kristalin uçlarına bir voltmetre baēlayınız.	➤ Kristalin uçlarına ölçme alanı dar olan bir voltmetre baēlayarak gerilim deēiřimlerini daha iyi gözlemleyebilirsiniz.
➤ Voltmetrenin 0 V'ı gösterdiğini gözlemleyiniz.	➤ Kristale basınç uygulamazken uçlarındaki gerilimin 0 V olduğunu voltmetrenin gösterdiğı deēerden anlayabilirsiniz.
➤ Kristale parmaēınızla farklı şiddetlerde basınç uygulayarak uçlarındaki gerilim deēiřimlerini gözlemleyiniz.	➤ Kristale parmaēınızla dokunarak voltmetrenin gösterdiğı deēerdeki deēiřimi gözlemleyebilirsiniz ➤ Kristale parmaēınızla daha çok basınç uyguladıēınızda voltmetrenin bir önceki denemenizden daha fazla deēer gösterdiğini gözleyebilirsiniz. ➤ Bir kristalin geriliminin, uygulanan basınç ile doēru orantılı olduğunu hatırlayınız.

KONTROL LİSTESİ

Bu faaliyet kapsamında aşağıda listelenen davranışlardan kazandığınız beceriler için Evet, kazanamadığınız beceriler için Hayır kutucuğuna (X) işareti koyarak kendinizi değerlendiriniz.

Değerlendirme Ölçütleri	Evet	Hayır
Manyetik alan ile gerilim elde etmek için doğru akım motoru kullanarak bir devre kurdunuz mu?		
Doğru akım motoru dönmüyorken uçlarındaki gerilimin 0 V olduğunu gördünüz mü?		
Doğru akım motoru uçlarındaki gerilimin, doğru akım motoru yavaş döndürürken daha az, daha hızlı döndürürken daha çok olduğunu gördünüz mü?		
Doğru akım motorunun dönmesi durduğunda uçlarındaki gerilimin 0 V olduğunu gördünüz mü?		
Bir termokupl devresi kurdunuz mu?		
Termokupl soğukken uçlarındaki gerilimin 0 V olduğunu gördünüz mü?		
Termokupl ısındıkça uçlarındaki gerilimin arttığını gördünüz mü?		
Çeşitli ebatlarda ve gerilim değerlerinde piler buldunuz mu?		
Bu pillerin uçlarındaki gerilim değerlerini ölçü aleti ile ölçtünüz mü?		
Bir fotopil devresi kurdunuz mu?		
Fotopilin uçlarına uyguladığınız ışık miktarını artırdıkça uçlarındaki gerilimin arttığını gördünüz mü?		
Yün kumaş ile ebonit (plastik) bir çubuk edindiniz mi?		
Yün kumaş ile ebonit (plastik) çubuğu birbirine sürttünüz mü?		
Ebonit çubuğun parçalanmış kâğıt parçacıklarını kendisine çektiğini gördünüz mü?		
Bir kristal devresi kurdunuz mu?		
Kristale basınç uygulanmazken uçlarındaki gerilimin 0 V olduğunu gördünüz mü?		
Kristale uyguladığınız basınç arttıkça uçlarındaki gerilimin de arttığını gördünüz mü?		

DEĞERLENDİRME

Değerlendirme sonunda “Hayır” şeklindeki cevaplarınızı bir daha gözden geçiriniz. Kendinizi yeterli görmüyorsanız öğrenme faaliyetini tekrar ediniz. Bütün cevaplarınız “Evet” ise “Ölçme ve Değerlendirme”ye geçiniz.

ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

Aşağıdaki soruları dikkatlice okuyunuz ve doğru seçeneği işaretleyiniz.

1. Bir iletkende indüklenen gerilimin değeri aşağıdakilerden hangisine bağlı değildir?
A) İletkenin boyuna
B) İletkenin hareket hızına
C) İletkeni etkileyen alanın şiddetine
D) İletkenin kesitine
2. Aküler neden çok hücreli yapırlar?
A) Gerilimi artırmak için
B) Enerji miktarını artırmak için
C) Akımı artırmak için
D) Hiçbiri
3. Akülerde bir hücrede çok sayıda elektrot kullanılmasının sebebi aşağıdakilerden hangisidir?
A) Gerilimi artırmak için
B) Enerji miktarını artırmak için
C) Akımı düşürmek için
D) Hiçbiri
4. Bir pilin gerilimi aşağıdakilerden hangisine bağlı değildir?
A) Elektrolitin cinsine
B) Elektrotun cinsine
C) Elektrotların büyüklüğüne
D) Ortamın erime ve osmotik basıncına
5. Bir termokupulun boştaki uçlarından elde edilen gerilimin miktarı aşağıdakilerden hangisine bağlı değildir?
A) İletkenlerin cinsine
B) Birleşim yüzeyinin büyüklüğüne
C) Birleşim yüzeyine uygulanan ısıya
D) İletkenlerin rengine
6. Aşağıdaki yarıiletken madde birleşimlerinden hangisi ile bir termopil elde edilebilir?
A) P-P birleşimi
B) P-N birleşimi
C) N-N birleşimi
D) Hiçbiri
7. I. Sıcaklık ölçümü
II. Isı kontrolü
III. Büyük güçlü alıcıların beslenmesi
Yukarıdakilerden hangisi termokupulların kullanım alanlarından değildir?
A) I
B) II
C) III
D) Hepsi
8. Bir fotopil yapımı için kullanılacak maddelerin son yörünge elektron sayıları aşağıdakilerden hangisi olamaz?
A) 6
B) 5
C) 4
D) 3
9. Aşağıdakilerden hangisi piezo elektriğin kullanım amaçlarından biri değildir?
A) Mesafe ölçümü
B) Basınç ölçümü
C) Osilatör devreleri
D) Doğrultma devreleri

Aşağıdaki cümlelerin sonunda boş bırakılan parantezlere, cümlelerde verilen bilgiler doğru ise D, yanlış ise Y yazınız.

10. () Bir iletken, bir manyetik alanla aynı yönde ve aynı hızla hareket ettirilirse iletken uçlarında gerilim oluşur.
11. () Akülerde bir elektrotun tek bir metal yerine birbirine bağlanmış çok sayıda metalden yapılmasının nedeni, akülerden uzun süre elektrik enerjisi alabilmektir.
12. () Aynı malzemelerden yapılmış iki pilden, büyük hacimli olan ile küçük hacimli olan arasında, aynı güçteki alıcıları besleme süreleri bakımından bir fark yoktur.
13. () Emk ve gerilimin birimi A'dır.
14. () Bir devrede kaynağın uçlarına bağlı bir voltmetre, devre açıkken kaynağın emk'sini gösterir. Devre kapalıyken de kaynağın gerilimini gösterir.

Aşağıdaki cümlelerde boş bırakılan yerlere doğru sözcükleri yazınız.

15. 12 V'luk aküler, 6 hücreden oluşuyorsa her bir hücrenin gerilimi V'tur.
16. Termokupllar, ısı kontrol devrelerinde ölçümünde kullanılırlar.
17. Pozitif yarıiletken bir madde elde edebilmek için son yörünge elektron sayıları dört olan maddelere, son yörünge elektron sayıları olan maddeler eklemek gerekir.
18. Bir piezo elektrik kristali, ses dalgalarının enerjisini elektrik enerjisine dönüştürebileceği için bir ses devresinde olarak kullanılabilir.
19. Bir alıcının uçlarına bağlı bir voltmetre alıcı uçlarındaki gösterir.

CEVAP ANAHTARLARI

ÖĞRENME FAALİYETİ 1'İN CEVAP ANAHTARI

1	C
2	C
3	B
4	B
5	A
6	B
7	C
8	A
9	C
10	D
11	D
12	D
13	Y
14	Y
15	D
16	D
17	Y
18	Y
19	Y
20	D
21	NÜKLEER
22	GELGİT
23	İLETKEN
24	8
25	POTANSİYEL
26	ŞİMŞEK
27	VOLTMETRE
28	KAPANIR-AÇILIR
29	İYONİZE
30	TOPRAK

ÖĞRENME FAALİYETİ 2'NİN CEVAP ANAHTARI

1	D
2	B
3	C
4	D
5	B
6	D
7	B
8	A
9	A
10	C
11	C
12	B
13	C
14	D
15	D
16	C
17	A
18	D
19	D
20	D
21	Y
22	D
23	D
24	Y
25	D
26	D
27	Y
28	D
29	Y
30	D
31	D
32	SEBEST-İYONLAR
33	0.25
34	144
35	MİKRO
36	MANYETİK
37	SİNÜSİDAL
38	DOĞRU

ÖĞRENME FAALİYETİ 3'ÜN CEVAP ANAHTARI

1	D
2	A
3	C
4	B

ÖĞRENME FAALİYETİ 4'ÜN CEVAP ANAHTARI

1	D
2	A
3	B
4	C
5	D
6	B
7	C
8	A
9	D
10	Y
11	D
12	Y
13	Y
14	D
15	2
16	ISI (SICAKLIK)
17	3
18	MİKROFON
19	GERİLİMİ

KAYNAKÇA

- KARA Sadık, **Elektrik Elektronik Rehberi**, Ufuk Kitap, Kırtasiye, Yayıncılık, Kayseri, 2004
- BAYRAK Mehmet, **Temel Elektrik ve Mağnetizma**, Atlas Yayın Dağıtım, İstanbul, 2002
- GÜVEN M. Emin, İ. Baha MARTI, İsmail COŞKUN, **Elektroteknik Cilt-1**, MEB, İstanbul, 1997
- PEŞİNT, M. Adnan, **Senkron Makinalar**, Yüksek Teknik Öğretmen Matbaası, Ankara, 1975
- BADUR Özdemir, **Elektrik Kumanda Devreleri**, Milli Eğitim Gençlik ve Spor Bakanlığı Yayınları, Ankara, 1978
- RICHARDS, SEARS, WEHR, ZEMANSKY, Tercüme: MAHSUNOĞLU R. A. YALÇINER, **Modern Üniversite Fiziği**, Çağlayan Basımevi, İstanbul, 1982
- OĞUZ Necati, Muhittin GOKKAYA, **Elektrik Makineleri I**, Milli Eğitim Basımevi, İstanbul, 1991