

# 1. DERS

## ELEKTROMETAL KAPLAMA TEKNİĞİ

ELEKTROMETAL KAPLAMANIN TEMEL PRENSİPLERİ  
BÖLÜM 1



## Elektrometal Kaplama Tekniği Ders İçeriđi

1. Ders : Elektrometal kaplamanın temel prensipleri, Bölüm 1
2. Ders : Elektrometal kaplamanın temel prensipleri, Bölüm 2
3. Ders : Cilalama (Polisaj) ve Parlatma
4. Ders : Temizleme ve Paklama
5. Ders : Kaplama banyosu kontrol unsurları
6. Ders : Kaplama banyoları, Bölüm 1 (Cd, Cu, Cr)
7. Ders : Kaplama banyoları, Bölüm 2 (Au, In, Fe)
8. Ders : Kaplama banyoları, Bölüm 3 (Pt metalleri, Ni, Pb)
9. Ders : Kaplama banyoları, Bölüm 4 (Ag, Sn, Zn)
10. Ders : Alaşım kaplama banyoları, Bölüm 1 (Pirinç, Bronz, Altın)
11. Ders : Alaşım kaplama banyoları, Bölüm 2 (Pb-Sn, Ni-Sn, Ni-Zn)
12. Ders : Kimyasal son iřlemler (Kromatlama, Fosfatlama), Metal renklendirme, Laklama, Elektrikli boyama
13. Ders : Elektriksiz kaplama, Vakumlu ve Buharlı kaplama, Yalıtkan malzemeleri kaplama
14. Ders : Kaplanmış metallerin test edilmesi, özellikleri, kaplama işlemlerinde kalite kontrol
15. Ders : Anodik iřlemler : Elektrikli parlatma, Anodlama, Elektrokimyasal bileme, Machining, Korozyon
16. Ders : Özel kaplama teknikleri, Bölüm 1 : Aşındırma (tribo), Fırça kaplama, Köpük kaplama, Jel kaplama, Tabaka kaplama, Manyetik alanla kaplama, Bileşik kaplama, Kabuk kaplama, Mekanik (peen) kaplama, Susuz kaplama, Eriyik kaplama, Őekilli kaplama, Pals kaplama, Kaplamada radyasyon uygulamaları, Sprey kaplama
17. Ders : Özel kaplama teknikleri, Bölüm 2 : Zor metalleri kaplama,, Elektrikli Şekil verme
18. Ders : Özel kaplama teknikleri, Bölüm 3 : Baskı devre kaplama, Manyetik alaşım kaplama, Elektrik akımıyla kaplama
19. Ders : Mühendislik açısından metal kaplama
20. Ders : Ticari açıdan metal kaplama

## ELEKTROMETAL KAPLAMA TEKNİĞİ

### 1. DERS

### ELEKTROMETAL KAPLAMANIN TEMEL PRENSİPLERİ, BÖLÜM 1

#### İÇİNDEKİLER

Elektrometal Kaplama Tekniği II kitabı nasıl kullanılmalı	2
Elektrokaplama ve Enerji	2
Enerjinin nitelikleri	4
Enerji hakkında bazı sorular	8
Enerjinin kimyasal enerjiye dönüşümü	8
Elektrokaplamada elektrik enerjisi	9
Ölçü birimleri	10
Sıcaklık dönüşümü	12
Basitleştirilmiş sıcaklık dönüşümü	13
Konsantrasyon birimleri	13
Yuvarlama nasıl yapılmalı	14
Ölçü birimlerini uygun seçin	14
Elektrik miktarının tanımı	15
Basit elektrik bilgisi	19
Elektriksel iş ve enerji birimleri	21
Elektriksel dirençlerin seri bağlanması	23
Elektriksel dirençlerin paralel bağlanması	24
Elektromotor kuvvetlerinin seri bağlanması	25
Elektromotor kuvvetlerinin paralel bağlanması	25
Kaplama banyosu nedir?	27
Kaplama banyosunda ne olur?	29
Atom, iyon ve elektrik	29
Maddeyi birarada tutan güç	30
Kovalent bağ – Elektron paylaşılması	30
Polarizasyon Bağı (Zayıf Bağ – Kutupsal Bağ – Van der Waals Bağı)	31
Metalik bağ	32
İyonik bağ	34
Sülfürik asidin iyonlaşması	36
Elektrolitik iletkenlik	36
Problemlerin cevapları	39
Ders 1 Sınavı	40
Dipnotlar	41

## **ELEKTROMETAL KAPLAMA TEKNİĞİ KİTABI NASIL KULLANILMALI** <sup>1,2</sup>

Eğer yapmanız mümkün ise her gün kendi belirlediğiniz süre kadar kitaptaki konuları takip etmeniz önerilir. Rahat edebileceğiniz sessiz bir yere oturun, yanınızda gerekli gördüğünüzde not tutmak ve problem çözmek için kurşunkalem, kağıt ve bir hesap makinesi bulundurun. Eğer yapabiliyorsanız sorulan sorulara önce cevap verip, çözümünü daha sonra kontrol edin. Eğer takıldığınız soru olursa daha sonraya bırakın. Bir dahaki sefere daha kolay çözdüğünüzü göreceksiniz. Öğrenmenin esası anlamak, anlamamanın esası ise tekrar etmekten geçmektedir.

Bir deney anlatılırken nasıl yapıldığını iyice anlayana kadar okuyun, ardından (halihazırda kaplama sektöründe çalışmakta iseniz veya varsa laboratuvarınızda) tatbik edip not tutun. Deney yapmak zamana ve biraz paraya mal olsa da, sadece okuyarak öğrendiğinizden daha hızlı bir şekilde öğrenmenize yardımcı olur. Başarının anahtarı öğrenme ve uygulamanın birlikte yapılmasıdır.

### **ELEKTROKAPLAMA VE ENERJİ**

Elektrokaplamada elektriksel ve kimyasal ENERJİ ile ilgilenmeniz gerekecek.

#### **Basit deyimlerle ENERJİ; iş yapabilme gücüdür.**

Bazen İş' in uzaktan güç uygulamak olarak tanımlandığı durumlarda, uzaktan güç uygulayan şey olarak da tanımlanır.

ELEKTRİK iş yapabilir ve ELEKTRİK ENERJİSİ' nden sözedilir.

ISI iş yapabilir ve ISI ENERJİSİ' nden (TERMAL ENERJİ) sözedilir.

HAREKET EDEN MADDE iş yapabilir ve HAREKET ENERJİSİ' nden (KİNETİK ENERJİ) sözedilir.

KİMYASAL REAKSİYON iş yapabilir ve KİMYASAL ENERJİ' den sözedilir.

MIKNATIS iş yapabilir ve MANYETİK ENERJİ' den sözedilir.

SES DALGALARI iş yapabilir ve SES ENERJİSİ' nden sözedilir.

IŞIK DALGALARI iş yapabilir ve IŞIMA ENERJİSİ' nden sözedilir.

Yukarıda verilmiş olan enerji kaynakları listesi bütün enerji kaynaklarını içermemektedir. Çok fazla bilinmeyen, örneğin YÜZEY ENERJİSİ gibi çeşitleri de vardır. Bu enerji, maddenin yüzeyindeki atomların, içindekilerle aynı sayıda komşu atoma sahip olmamasından kaynaklanır. 4. ders olan temizleme ve paklama kısmında bu enerji çeşidini kullanarak elde edilecek büyük farkı göreceğiz. Yağlı bir yüzeyin üzerindeki su damlasına dikkat ettiyseniz, yuvarlağa yakın bir şekil alır. Belli miktardaki bir maddenin en küçük yüzey alanına sahip olduğu şekil **küredir**. Diğer taraftan tam olarak temiz bir levhaya damlayan bir damla, film halini alana kadar yayılır. Bir damlanın böyle değişik şekillerde davranmasının nedeni nedir? Bir diğer enerji çeşidi olan GERİLME ENERJİSİ, biçimi bozulan veya yer değiştiren atomların normal düzenlerinin dışına çıkmalarından kaynaklanır. Böyle bir enerjinin varlığını bilmek için gerekli olan tek şey gerilmiş sapandır.

Tüm bu enerji formları, kinetik enerji hariç, hepsi depolanabilir. Örneğin, bir sapan gerildiğinde daha sonra geri vermek üzere bir GERİLME ENERJİSİ depolar. Gerilmiş olan sapan serbest bırakıldığında ise bu depolanmış olduğu enerjiyle taşı fırlatır. Bir tepenin üzerinde durmakta olan kayada kendisinden aşağıda bulunan vadinin tabanına göre bir YERÇEKİMİ ENERJİSİ depolanmış haldedir. Bu kayanın düşmesine izin verildiğinde depolanmış olduğu enerjiyi aşağıya düşerken harcar.

### **DEPOLANAN BİR ENERJİ SERBEST BIRAKILDIĞINDA BİR İŞ YAPILABİLİR. BUNA POTANSİYEL ENERJİ DENİR.**

Yukarıda açıklandığı üzere iş yapabilmenin birkaç yolunu görmüş olduk.

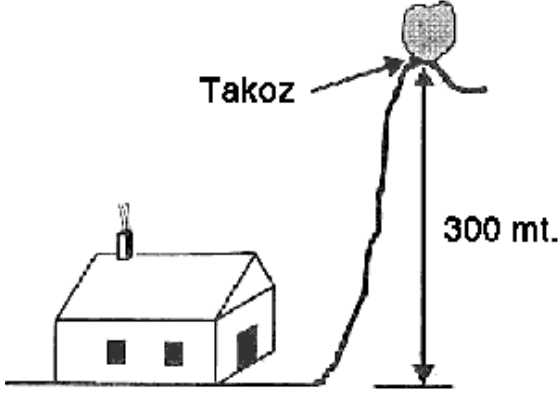
İş ölçüsü birimi kilogram-metre veya foot-pound'dur. Bu aynı zamanda temel enerji birimidir. Başka enerji birimleri de vardır.

1 kilogram-metre (kgm), 1 kilogramlık yükü 1 metre yükseğe çıkarmak için yapılması gereken **İŞ'** tir. Aynı şekilde 1 foot pound, 1 poundluk bir yükü 1 footluk bir yüksekliğe çıkarmak için gereken iş'tir. Hangi birimde ölçülmüş olursa olsun enerjinin bütün formlarından yükü kaldıracak bir kuvvet üretilebilir. Yukarıda daha önce adı geçen enerji çeşitlerini hatırlanıza getirin ve her biri için bunun nasıl yapılacağını düşünün. Örneğin ELEKTİK ENERJİSİ' ni ele alalım. Kolayca söylenebileceği üzere bir elektrik motoru ve makara düzeneği yardımıyla yükü kaldırmak mümkündür. ISI ENERJİSİ? Buhar motoru yük kaldırılmak amacıyla tasarlanmıştır, İngiliz kömür madenlerindeki suyun dışarı boşaltılması için icat edilmiştir. KİMYASAL ENERJİ? Kaslarımız kimyasal enerjiyi dönüştürerek ağırlık kaldırabilir. Kas organik moleküller içeren uzun polimer zincirlerinden oluşur. Bir önceki sayfayı çevirdiğinizde beyniniz kaslardaki vücut sıvılarında kimyasal bir değişiklik yaptırır. Bu değişiklikten dolayı kaslar gerilir ve sayfayı çevirirsiniz.

## ENERJİNİN NİTELİKLERİ

### 1. ENERJİ YOKTAN VAREDİLEMEZ VEYA YOKEDİLEMEZ

Biraz önce bahsedilen ve bir potansiyel enerji çeşidi olan, tepenin üzerindeki bir kayada depolanmış halde bulunan yerçekimi enerjisini düşünelim. Kayadaki potansiyel enerji iş yapmaya hazırdır. Eğer kayanın orada durmasını sağlayan önündeki engel kaldırılırsa, yere ulaşana kadar potansiyel enerjisini kinetik enerjiye (hareket enerjisi) dönüştürerek kaybeder ve sonunda durur. Bu durumda herhangi bir enerji yoktan varolmamış veya yokolmamıştır. Enerji kayanın yer değiştirmesi için harcanmıştır. Şayet aşağıda bir ev varsa ve kaya bu eve çarparsa hasar verir. Enerjinin kalan bölümünü harcamış olur.



Şekil 1. Potansiyel Enerji

Şimdi verilecek olan örnek atom bombasının (nükleer bomba) prensibini göstermektedir. Evrenin yaratılışından bu yana maddenin yapısında çok büyük miktarda potansiyel enerji mevcuttur (Einstein ENERJİNİN, MADDENİN BİR FORMU ve aynı şekilde MADDENİN de ENERJİNİN BİR FORMU olduğunu göstermiştir). Bir atom bombası patladığında çok büyük miktarda POTANSİYEL ENERJİ form değiştirerek NÜKLEER ENERJİ haline geçer. Hücre çekirdeğinde hareketlenme olur ve enerji KİNETİK ENERJİ (havada harekete geçen parçacıklar), ISI ENERJİSİ (şok dalgası), RADYAN ENERJİSİ (alev topu), SES ENERJİSİ (pencereleri kıran ses dalgası) ve KİMYASAL ENERJİ (Radyoaktif madde meydana gelmesi) şeklinde diğer enerji çeşitlerine dönüşür. Eğer bütün bu enerjilerin miktarı biraraya toplanabilse, maddenin en başta sahip olduğu enerji miktarına eşit olduğu görülecektir. Bu prensip **ENERJİNİN KORUNUMU KANUNU** olarak adlandırılır ve muhtemelen evrendeki en önemli bilimsel ilkedir.

**DENEY 1 :** 15 cm uzunluğunda  $\Phi 12$  veya  $\Phi 14$  çapında yumuşak bakır veya demirden tel alıp iki ucundan tutarak ortasını bükün. Nasıl kolayca büküleceğini göreceksiniz. Şimdi tekrar düzeltin ve bu işlemi 4-5 kez tekrarlayın. Telin uçlarının daha sıcak olduğunu ve artık eskisi kadar kolay bükülmediğini göreceksiniz. Bu şekilde bükmeye devam edilirse birkaç deneme sonrasında kırılacaktır.

Bu küçük deney enerjinin korunumu kanununun basit bir şekilde gösterilmesini sağlar. Kolunuzdaki kimyasal enerji; teli bükerek kinetik enerjiye, telin iki ucunda hissedilen ısı enerjisine, metalde depolanan ve daha zor kıvrılmasına neden olan gerilme enerjisine dönüşür. Bilimsel deneyler enerjinin %88'inin teli ve havayı ısıtan ısı enerjisine, kalan %12'sinin telde depolanan gerilme enerjisine çevrildiğini göstermiştir.

### 2. ENERJİ DAİMA AZALMAK EĞİLİMİNDEDİR

Tepedeki kaya örneğini tersine düşünersek, eğer kayayı tepenin üstüne çıkarmak istersek dışarıdan enerji harcamak suretiyle bunu yapabiliriz. Bu durumda harcamış olduğumuz enerji kayada mevcut bulunan potansiyel enerjiye dönüşmüş olur. **DIŞARIDAN ENERJİ VERİLEREK HAREKET ETTİRİLMEYEN ASLA TEPENİN ÜSTÜNE ÇIKAMAZ.**

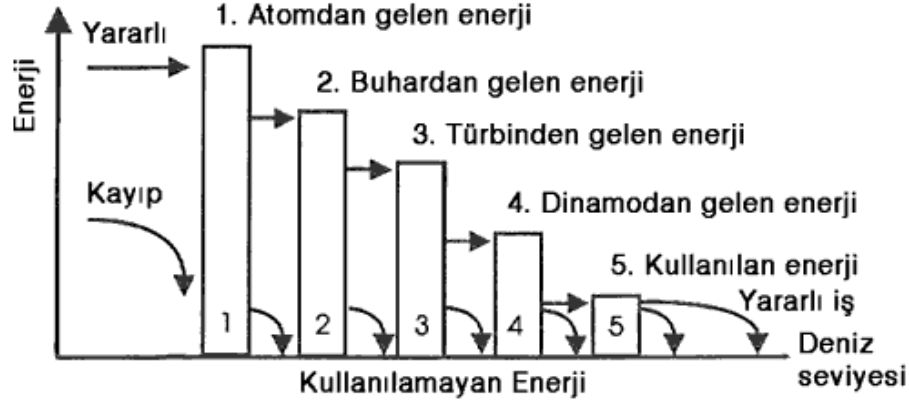
Bu kanun ısı enerjisiyle daha kolay açıklanabilir. Sıcak bir cisim kullanarak kendisinden daha sıcak bir cisim ısıtmak mümkün değildir. Isı transferi daima sıcak cisimden soğuk cisme doğru olur. İki cisimde aynı sıcaklığa ulaştığında (kayanın vadinin tabanına ulaştığı durumla özdeş) iki cisim arasındaki ısı alışverişi durur. Isı enerjisi hala mevcuttur fakat ikisi arasında sıcaklık farkı bulunmadığından ısı alışverişi olmaz. Eğer sıcak bir cisim daha soğuk bir cisimle ısıtmak isterseniz, ısı enerjisi akışını soğuk cisimden sıcak cisme doğru yapabilmek için dışarıdan örneğin ısı pompası gibi bir enerji kaynağı kullanmanız gerekir. Elektrikli buzdolabının yaptığı işlem budur. Buzdolabının içindeki sıcaklık ısı pompası yardımıyla kendisinden daha sıcak olan dışarıdaki havaya atılır. ELEKTRİK, cisimlerin doğal davranışlarını değiştirmek için gerekli olan enerjiyi sağlar ve ısı akışının ters yönde (soğuktan sığa) yapılmasını sağlayan ısı pompasını (kompresörü, vb.) çalıştırır. Aynı şekilde taşı tepenin üstüne çıkarmak için de örneğin eşek ve palanga gibi dış enerji kaynakları kullanmanız gerekir. Dışarıdan enerji vermeden bunu yapamazsınız.

Bu durumda kullanılmış olan enerjinin bir bölümü kullanılamaz hale gelir. Bu yüzden atom bombasının patladığı saniyede çok büyük miktarda enerji kendi formundan başka forma dönüşür ve artık başka bir amaç için kullanılamaz hale gelmiş olur. Bombadan yayılan bu enerjiden o anda elde edilen yıkma gücünden başka bir fayda sağlanamaz.

Peki ya elektrik enerjisi elde etmek için kullanılan atom enerjisi nasıldır? Burada da aynı evrensel kanunlar geçerlidir. Atom reaktörünün içindeki su ısıtıldığında ısının tümü suya geçmiş olmaz. Bir kısmı binayı ısıtarak atmosfere salınır ve asla tekrar kullanılamaz. Kaynayan su buharı ile türbinler döndürülür fakat bu esnada da enerjinin tümü kinetik enerjiye dönüşmez. Birazı türbinlerin palalarını ve türbinin bulunduğu binayı ısıtır, birazı da soğutma suyuna geçer. Türbine iletilen KİNETİK ENERJİ türbin dinamolarında tümüyle ELEKTRİK ENERJİSİ'ne çevrilemez. Enerjinin birazı türbin yatağındaki sürtünmeden dolayı, birazı da ELEKTRİK

ENERJİSİ' ne dönüştürme esnasında da kabloların dirençten dolayı ısınması gibi nedenlerle kaybedilir. En sonunda kullanıcının elde ettiği elektrik enerjisi, atom çekirdeğinin parçalanmasıyla açığa çıkan enerjinin yaklaşık %20' si kadardır.

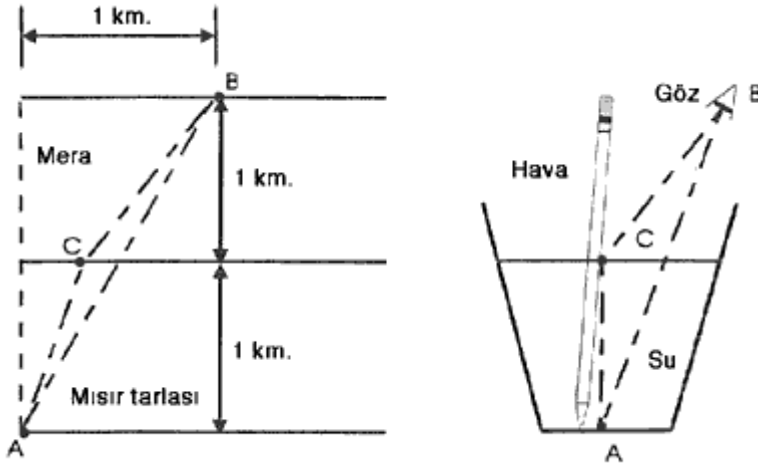
Şekil2' deki blok diyagramında görebileceğiniz üzere, atomdan elde ettiğimiz enerjinin sürekli olarak daha az kısmı yararlanılabilir olarak diğer enerji çeşitlerine dönüştürülebilmekte, fakat en sonunda ekonomik kullanıma hazır hale gelmektedir.



Şekil 2. Enerji nehri denize doğru akar

### 3. ENERJİ DAİMA EN KOLAY (VEYA EN HIZLI) YOLU TERCİH EDER

Doğal bir kuvvet bir işi en kolay yolu izleyerek yani, en az direnç gösteren veya en kısa süren yoldan yapar. Bu doğa kuvvetleri için olduğu kadar insanlar için de geçerli bir kanun ise de, insanlar en kolay yolu izleyerek nadiren başarılı olmalarına karşın doğa asla yanılmaz. Buna basit bir örnek verelim. Şekil 3' te gösterilen mısır tarlasının köşesindeki A noktasında durmakta olduğumuzu ve hemen bitişikteki meranın B noktasına gitmek istediğimizi farzedelim. Mısır tarlasında 2 km/saat, merada ise 4 km/saat hızla yürüyebiliyoruz. A noktasından B noktasına en kısa sürede ulaşmak için hangi yolu izlemeliyiz. Sorunun çözümü A' dan düz bir hat üzerinde B' ye bir yol izlemek değildir. Sonsuz sayıda sadece birinin en kısa yol olabileceği kolayca anlaşılabilir. Bu soruyu ancak biraz vaktimizi ayırıp matematiksel yoldan hesaplayarak çözebiliriz. İzleyen deneyde doğanın benzer bir işi nasıl yaptığını görelim:



Şekil 3. Doğa daima kolay yolu tercih eder.

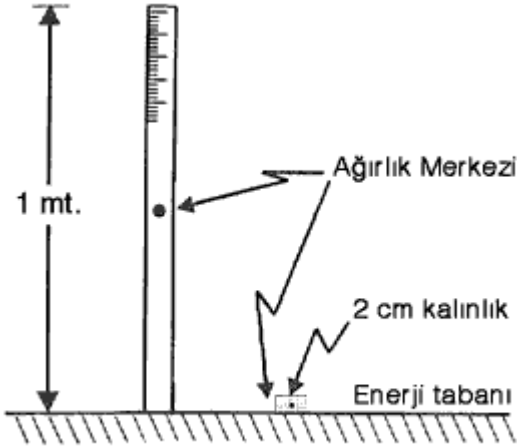
**DENEY 2 :** Düz camdan bir su bardağını 2/3' üne kadar su ile doldurun ve içine bir kurşunkalem koyun. Bardağın tepesinden küçük bir açıdan kaleme bakın. Kalemin suyun içinde kalan kısmının kırılmış gibi görüldüğünü gözlemleyin.

Kalemin suyun içinde kalan kısmının kırılmış gibi görülmesinin sebebi (izleyeceğimiz yolun şekli), suyun (mısır tarlası) havaya göre (mera) daha yoğun olması dolayısıyla içinden geçen ışık ışınlarına daha fazla direnç göstermesi, bu yüzden de ışığın su içindeki hızının havadaki hızına göre daha yavaş olmasıdır. Işık ışınları sudan havaya geçerken kırılır ve gözümüze mümkün olan en kısa sürede ulaşır. Tarla sorusunda ise, uzun hesaplardan sonra izlememiz gereken ACB yolunun sol köşeden 0,299 km. uzaktaki C noktasından geçtiğini buluruz. Fakat ışık ışınları gideceği yere en kısa sürede ulaşacağı yolu anında izler. Bu çok önemli bir enerji kanunudur. **Bütün enerji çeşitleri, iş yaparken en az direnç gösteren veya en kısa süren yolu seçer.**

### 4. DOĞA MADDELERİ DAİMA EN DÜŞÜK "SERBEST" VEYA "MEVCUT" ENERJİLİ HALE GÖRE DÜZENLER

Bu aslında ikinci kanunun biraz değişmiş şeklidir. Fakat çok önemlidir ve dikkate almaya değer. Daha basit bir şekilde ifade etmek gerekirse; DOĞA MADDELERİ DÜZENLERKEN VE BİRLEŞTİRİRKEN DAİMA EN KARARLI DURUMA ULAŞMAYA ÇALIŞIR.

Belirli bir durumdaki en kararlı düzenleme MEVCUT OLAN veya SERBEST HALDEKİ ENERJİNİN en düşük olduğu durumdur. Bir örnekle daha iyi açıklayalım:



Şekil 4. Doğa en kararlı durumu tercih eder

Eni 2 cm, boyu 2 cm, uzunluğu 1 metre olan bir tahta düşünelim. Eğer uçları düz ise biraz dikkatli yerleştirerek Şekil 4' teki gibi dik durmasını sağlayabiliriz. Tahtanın ağırlığını 1 kg. olarak farzedelim (hesap kolaylığı için). Ağırlık merkezi yerden ½ metre yukarıda, tahtanın tam ortasıdır. Bu koşullarda dik olarak duran tahtanın **sahip olduğu enerji** veya **serbest enerji**  $1 \text{ kg} \times 0,5 \text{ metre} = 0,5$  kilogram metre (kgm) dir. Yani dengesi bozulup yere düşerken  $0,5 \text{ kgm}^2$  lik iş yapacaktır.

Diğer taraftan eğer tahta yerde uzunlamasına duruyor ise, şimdi ağırlık merkezi yerden 1 cm. yukarıdadır ve sahip olduğu enerji de  $1 \text{ kg} \times 0,01 \text{ metre} = 0,01 \text{ kgm}^2$  dir. Tahta yere göre bu durumdan daha az enerjili bir duruma geçemez. En düşük serbest enerji kanununa göre, muhtemelen biz tahtayı bu az enerjili olduğu halinde iken bulacağız. Tahta dik olarak tutulduğu konumda, uygun durumda yerleştirilirse ve dış etkilerden korunursa, yıllarca kalabilir. Fakat bu gibi durumlar doğada DAHA AZ KARARLI DURUM olarak adlandırılır.

Bu gerçeği daha iyi düşünebilmek için bir örnek daha verelim: Karbon atomları çok yüksek basınçlarda ve çok yüksek sıcaklıklarda, elmas oluşturacak şekilde en az enerjili halde, elmasa sertliğini ve mükemmel görünümünü veren bir dizilişle sıralanırlar. Normal sıcaklık ve basınç altında oluşmuş en düşük enerjili karbon formu grafit olarak bilinir (siyah ve kaygan bir maddedir). Peki elmas neden mevcuttur? Cevabı, çok yüksek sıcaklıkta oluşmuş elmasın birdenbire soğuması nedeniyle atomlarının dizilişinin olduğu gibi kalması, soğurken şekil değiştirmemesi, yani bir bakıma **donmasıdır**. Oda sıcaklığındaki elmasın atomları, grafitin atom diziliş şeklini almaya çalışmasına rağmen atomlar yer değiştiremediklerinden durumlarını muhafaza ederler.<sup>3</sup>

Hasılı, DOĞA MADDELERİ DAİMA (GEÇERLİ TÜM FORMLARIN İÇİNDE) EN DÜŞÜK SERBEST ENERJİLİ DURUMDA DÜZENLER.

##### 5. BİR ENERJİ ÇEŞİDİ BAŞKA BİR ENERJİ ÇEŞİDİNE DÖNÜŞTÜRÜLEBİLİR<sup>4</sup>

Bu kanun aslında ilk kanunun biraz değişmiş şeklidir. Fakat kaplamacılar için çok önemli olduğundan ayrı bir başlık altında inceledik.

Bir ocakta kömür yaktığınız zaman kimyasal enerjiyi ısı enerjisine çeviriyorsunuzdur. Eğer ısıyı bir türbini çevirecek olan buhar enerjisini üretmek için kullanıyorsanız ısı enerjisini kinetik enerjiye çeviriyorsunuzdur. Eğer türbin bir elektrik jeneratörünü besliyorsa kinetik enerjiyi elektrik enerjisine dönüştürüyorsunuzdur.

İngiliz bilimadamı James P. Joule enerji çeşitleri arasında belirli bir ilişki olduğunu ve enerjinin bir başka enerji şekline dönüşebildiğini kanıtlamıştır. Bu yüzden enerjiyi uluslararası bir para birimi gibi (örneğin dolar) diğer enerji çeşitlerini de diğer ülkelerin para birimleri gibi düşünebiliriz. 5 frank bir dolar eder. 1 pound 1,5 dolardır. Joule yaptığı deneyde 1 BTU (British Thermal Unit) ısı enerjisininin 778 foot pound işe denk olduğunu bulmuştur. 1 BTU 65 °F sıcaklığındaki 1 pound ağırlığındaki suyun ısısını 1 °F artırmak için gerekli olan ısı miktarıdır.

TÜM ENERJİ BİÇİMLERİ STANDART DÖNÜŞÜM FORMULLERİ KULLANILARAK FOOT POUND CİNSİNDEN İFADE EDİLEBİLİR.

Diğer enerji çeşitlerine göre Elektrik enerjisi iletken kablolar kullanılarak daha uzak yerlere daha ekonomik ve daha kolay bir şekilde taşınabilir. Elektrik şirketleri tarafından üretilen bu enerji iş yapmak için, diğer enerji çeşitlerine çevrilerek de kullanılabilir.

Bir yerde elektrikli süpürge fişe takıp çalıştırıldığında elektrik enerjisini halıları temizlemek için gerekli olan kinetik enerjiye çevirmektedir.

Bir başka yerde fişe takılan tost makinası tost ekmeğini kızartırken elektrik enerjisini ısı enerjisine çevirmektedir.

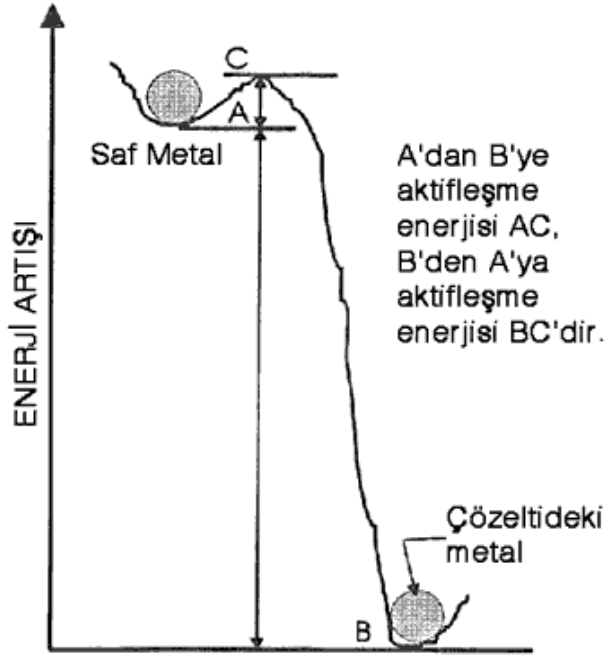
Odaya girip elektrik düğmesine bastığınızda elektrik enerjisi ampulde ısı enerjisine dönüşür. Bu ısı enerjisi de ışıma enerjisine dönüşerek ışık ışınlarını gözünüze gönderir ve ışık gözde kimyasal enerjiye dönüştürülerek görmenizi sağlar.

Başka bir yerdeki elektrometal kaplama ustası çay kaşığına gümüşle kaplamak için banyoya koyduğunda elektrik enerjisi kimyasal enerjiye dönüştürülerek kullanılır.

ELEKTROMETAL KAPLAMADA ELEKTRİK ENERJİSİ KİMYASAL ENERJİYE ÇEVİRİLEREK KULLANILIR.

ELEKTROMETAL KAPLAMA İŞLEMİ KAPLAMA ÇÖZELTİSİNDE ÇÖZÜNMÜŞ OLARAK BULUNAN METAL İYONLARINI ELEKTRİK ENERJİSİ KULLANILARAK KAPLANACAK MALZEMENİN YÜZEYİNE KAPLAMAKTIR. Bu tanımı unutmayın.





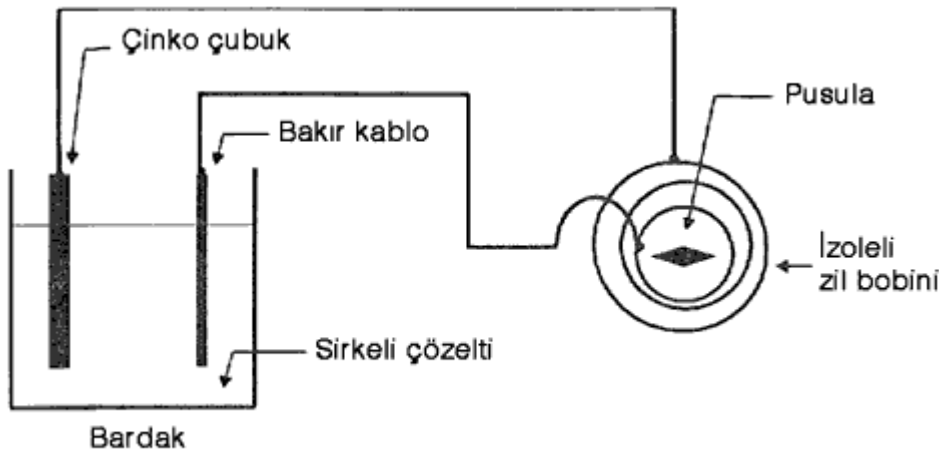
Şekil 5. Enerji Tepesi

Şekil 5' teki enerji eğrisine bir bakalım. Alt kısımda görülen, çözeltide bulunan metal belirli bir kimyasal enerjiye sahiptir. Üstteki oyuğun içinde bulunan saf metal ise daha çok kimyasal enerjiye sahiptir. Eğer çözeltideki metali enerji eğrisinin üstündeki saf metal formuna çevirmek istersek dışarıdan uyguladığımız enerji (elektrik enerjisi) bir iş yapmış olur. KAPLAMACILIKTA YAPILAN İŞLEM BUDUR. Çözünmüş olarak bulunan metal ile saf haldeki metal arasında AB kadar enerji farkı vardır. Çözeltiye direnç ve diğer enerji kayıplarını düşünerek BC' den biraz daha fazla olacak şekilde enerji verirse çözeltideki metal iyonları aktifleşme enerjisine ulaşarak saf metal haline geçer.

Diğer taraftan eğer metali herhangi bir yolla çözersek, metal saf halden çözünmüş hale geçerken enerji açığa çıkar (daha düşük enerjili hale geçer) <sup>2</sup>. kimyasal enerjideki bu fark, metalin hangi yöntemle çözüldüğüne bağlı olarak ısı ve/veya elektrik enerjisine çevrilir. Altın gibi bazı pasif metaller için (saf metal olarak da adlandırılır) bu durumun tam tersinedir. Saf metal daha az serbest enerjiye sahiptir, bu yüzden çözünmüş halde bulunurken (en düşük enerjili haldeyken) eğrinin üst kısmında bulunan çukurdaki enerji seviyesindedir. Altın kaplamak için dışarıdan enerji vermeye gerek yokmuş gibi görünebilir. Fakat yine de AC aktifleşme eşiğini aşması için dışarıdan enerji verilmesi gereklidir.

### DENEY 3 :

1. Bir su bardağını yarısına kadar sirke ile doldurun.
2. 2 yemek kaşığı tuz katıp karıştırarak çözün.
3.  $\Phi 18$  izoleli bakır telden sarılmış küçük bir zil bobini alın ve her iki ucundan 10 ar cm. soyun.
4. Alüminyum şeridin bir ucuna çinko veya magnezyum çubuk bağlayın. (Tutmak için küçük bir demir çivi kullanın.)
5. Bobinin diğer ucuna bir pusula iğnesi bağlayın (Şekil 6).
6. Alüminyum şeridin ucundaki çinko çubuğu bardağa daldırın.
7. Pusula iğnesini gözlemleyerek kablonun diğer çıplak ucunu da bardağa sokun. Pusulanın iğnesinde ne gözlemlediniz? Alüminyum veya çinko levhaya ne oldu?



Şekil 6. Kimyasal enerjinin elektrik enerjisine çevrilmesi

Bakır kablonun çıplak ucu bardağa daldırıldığında pusulanın iğnesi aniden oynar. Çünkü bardağın içindeki çözeltinin kimyasal enerjisi bobinde elektrik enerjisine çevrilir ve pusula da elektrik enerjisinden kaynaklanan elektromanyetik enerji yüzünden oynar. Burada elektrik enerjisi alüminyum veya çinkonun çözünmesiyle açığa çıkan kimyasal enerjiden elde edilmektedir (enerji

eğrisindeki düşüş).

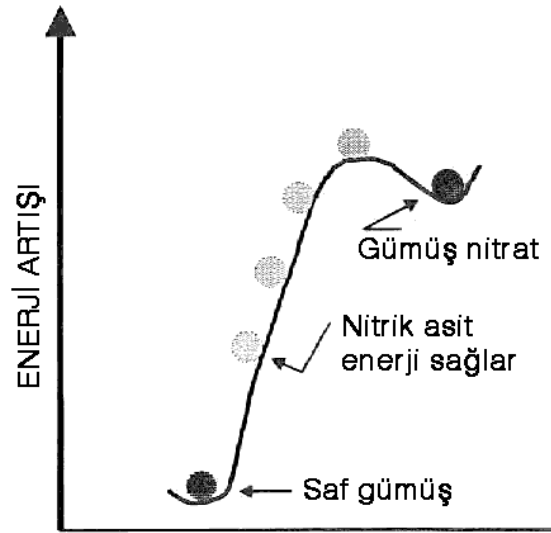
Kablo sargıları ve pusula iğnesi kullanmak elektrik enerjisinin gerilim büyüklüğünü gösteren VOLTMETRE' nin ve akım büyüklüğünü gösteren AMPERMETRE' nin temel prensibidir. Elektrometal kaplamada sık sık kullanılmakta olan bu iki ölçü aleti ilerleyen bölümlerde anlatılacaktır.

## ENERJİ HAKKINDA BAZI SORULAR

1. Uçurumun kenarındaki kaya aşağıya yuvarlandığında ve sahip olduğu enerji ısı enerjisi olarak harcadığında, başlangıçta sahip olduğu POTANSİYEL ENERJİSİNİ tekrar kazanması için ne yapılmalıdır?  
**Cevap** : Kaya tekrar uçurumun kenarındaki eski konumuna çıkarılmalıdır. Teorik olarak kayayı vinç ile yerine geri koyarken, kayanın düşerken kaybettiği ISI ve GERİLME enerjisini kullanarak vincin motoru hareket ettirilebilir. Fakat gerçekte bu yapılamaz, çünkü kaya düşerken ortaya çıkan enerjinin çoğu tekrar kullanılamaz hale gelir. Bu yüzden vincin motoru dışarıdan bir enerji kaynağıyla beslenmelidir.
2. "Su daima kendi seviyesini bulur" deyiimi enerjinin hangi niteliğini anlatır?  
**Cevap** : 2 numaralı niteliğini anlatır. Enerji daima azalma eğilimindedir. Sıcaklık örneğinde bahsedildiği gibi, yükselti farkından kaynaklanan suyun akma eğilimi aynen sıcaklıklar arasındaki fark gibidir. Bu akma eğilimi arada bir seviye farkı kalmayana kadar devam eder. Suyu tekrar eski seviyesine çıkarmak için, aynen buzdolabı örneğinde daha soğuk olandan daha sıcak olana doğru ısı transferini sağlamak için ısı pompası kullandığımız gibi bir su pompası kullanmamız gerekir.
3. Yıldırım neden düştüğü yerdeki en yüksek cisime doğru yönelir?  
**Cevap** : Enerjinin 3 numaralı niteliği nedeniyle. Hava kötü bir iletkenidir. Yıldırım havada ne kadar az mesafe katederse o kadar az dirençle karşılaşır. En yüksekteki cisimle bulut arası daha yakın olduğu için yıldırım dünyaya ulaşabileceği en yakın noktaya, dolayısıyla en yüksekteki cisme düşer.
4. İzcilerin yöntemiyle iki kuru dal parçasını sürterek ateş yakmak enerjinin hangi niteliğinden kaynaklanır?  
**Cevap** : KİNETİK ENERJİ (sürtünme) ISI ENERJİSİNE çevrilir. Sürtünmenin mekanik etkisiyle dalın tutuşmasına yetecek kadar ısı üretildiğinde ateş yanar. Ateş yandığında ağacın sahip olduğu KİMYASAL ENERJİ ISI ENERJİSİ' ne dönüşerek ateşin devametmesini sağlar. bu kimyasal reaksiyona OKSİDASYON denir. Yanma esnasında ısı enerjisinin bir kısmı IŞIMA ENERJİSİ' ne dönüşerek görünür ışık şeklini alır.

## ENERJİNİN KİMYASAL ENERJİYE DÖNÜŞÜMÜ

Bir parça gümüş metalini nitrik asit gibi bir asitte erittirirken meydana gelen KİMYASAL REAKSIYONda, gümüş nitrik asidin sahip olduğu enerjinin bir kısmını alır. Bir kısım enerji de ISI olarak ortaya çıkar. Sonuçta bir gümüş bileşiği olan GÜMÜŞ NİTRAT oluşur. Bu bileşikteki gümüşün enerjisi daha fazladır. Buradaki durum yuvarlanan taşın eski yerine konulması örneğindeki duruma benzer (Şekil 7). Bu örnekte enerjinin 1, 2 ve 4 numaralı niteliklerini bir arada görürüz.



Şekil 7. Gümüşün gümüş nitrata çevrilmesi

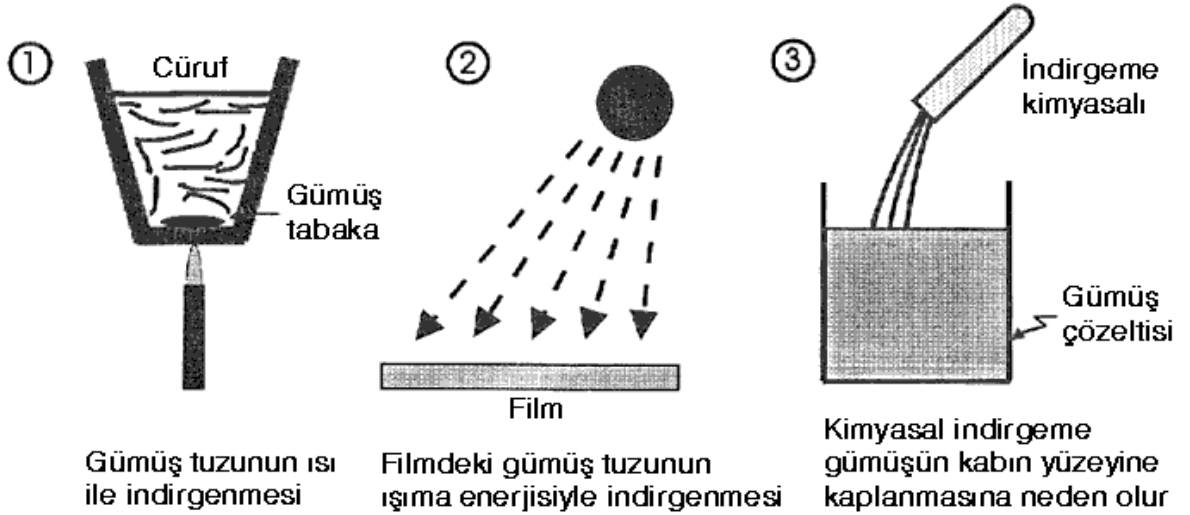
## SORU : Enerjinin bu niteliklerinden nerelerde faydalanabiliriz?

Şekilden görülebileceği gibi metal formundaki gümüş daha az serbest enerjiye sahiptir. Bu yüzden gümüş nitrata aktifleşme eşiğini aşması için gerekli enerji sağlandığında, çözeltideki gümüş tekrar metal formuna geri dönecektir. Bu işlem birkaç değişik yolla yapılabilir.

**1. Yöntem** : Gümüşü tekrar metal formuna döndürmek için ISI enerjisi kullanabilirsiniz. Gümüş çözeltisini Şekil 8' de gösterildiği gibi bir kroze de ısıtırsanız, sıvı ısınıp buharlaşacak ve daha yoğun olan katı gümüş tuzu geride kalacaktır. ISI ENERJİSİ kullanarak metali aktifleşme enerjisi eşiğininin üstüne çıkarmak suretiyle elde etmek RAFİNASYON yöntemlerinden birisidir.

**2. Yöntem** : Gümüşü tekrar elde etmek için IŞIMA enerjisi de kullanabilirsiniz. Gümüş nitrat çözeltisini bir süre güneş ışığına maruz bıraktığınızda gümüş nitrat çökeldikçe, çözeltinin de gittikçe karardığını görürsünüz. En sonunda katı

halde gümüş nitrat elde edilir. Bu işlem FOTOGRAFÇILIĞIN temel ilkesidir.



Şekil 8. Gümüşün Isı, Işık ve Kimyasal enerjiyle indirgenmesi

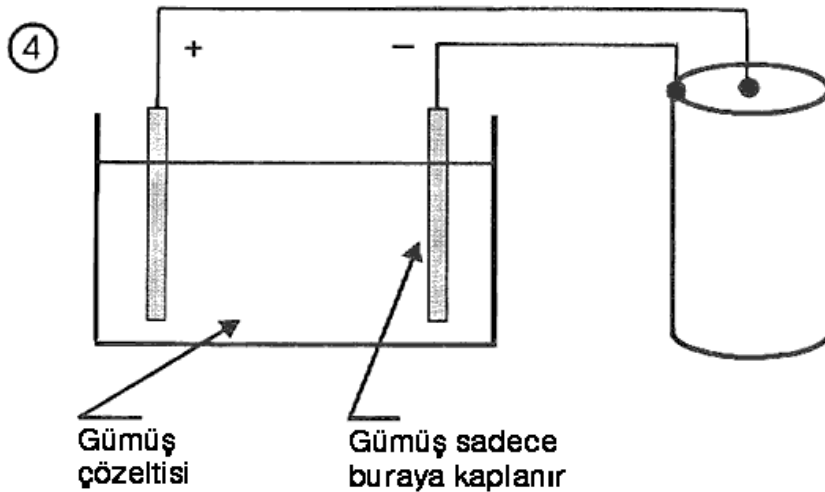
**3. Yöntem :** Gümüşü indirgemek için KİMYASAL enerjiyi de kullanabilirsiniz. Eğer ayna imalatçısı iseniz İNDİRGE ME ÇÖZELTİSİ denen kimyasalları (örneğin formaldehit) gümüş çözeltisine katarsınız. İNDİRGE ME ÇÖZELTİSİ' nin sahip olduğu KİMYASAL ENERJİ, çözeltinin içinde bulunduğu kabın tabanına ve yan yüzeylerinde GÜMÜŞ SIR oluşmasını sağlar. AYNA YAPIMININ temel ilkesi budur. ELEKTROLİZLE KAPLAMA yapma yöntemi de bu işleme çok benzer.

**4. Yöntem :** Gümüşü indirgemek için ELEKTRİK ENERJİSİ de kullanabilirsiniz (Şekil 9). Buradaki dikkat çeken husus, bu işlemde gümüş 3. yöntemdeki gibi içinde bulunduğu kabın yüzeyine kaplanmaz. Sadece kaplanmak istenen malzemenin yüzeyine kaplanır ve ELEKTROKAPLAMA' nın temeli de budur.

Ayrıca bu işlemde uygulanan elektrik enerjisinin miktarını değiştirmek suretiyle, kaplanan gümüş miktarını da ayarlamak mümkündür. Bu şekildeki kaplama işlemi önemli kılan özellik şudur :

ELEKTROKAPLAMA, ELEKTRİK ENERJİSİ ARACILIĞIYLA METALLERİ KONTROLLÜ BİR ŞEKİLDE SADECE KAPLANMAK İSTENEN YÜZEYE KAPLAMAMIZA İMKAN VERİR.

#### ELEKTROKAPLAMA İŞLEMİNE ELEKTRİK ENERJİSİ YÖN VERİR.



Şekil 9. Gümüşün elektrik enerjisiyle indirgenmesi

Normal ve sabit koşullarda belirli bir miktar kömür yakılınca (KİMYASAL ENERJİ), belirli miktarda ISI ENERJİSİ elde edilir (1 ve 4 no.lu nitelikler). Aynı şekilde, normal ve sabit koşullarda belirli miktardaki buhar (ISI ENERJİSİ) türbine uygulandığında belirli miktarda KİNETİK ENERJİ elde edilir. Belirli büyüklükteki KİNETİK ENERJİ kullanarak bir dinamo döndürüldüğünde belirli büyüklükte bir ELEKTRİK ENERJİSİ elde edilir. Aynı şekilde, sabit koşullarda belirli büyüklükteki bu ELEKTRİK ENERJİSİ kullanılarak belirli miktarda KİMYASAL ENERJİ elde edilir.

Son cümlelerin elektrokaplama ile ilgilendiren yönü : SABİT KOŞULLARDA, BELİRLİ MİKTARDA

ELEKTRİK ENERJİSİ KULLANILARAK BELİRLİ MİKTARDA (VEYA AĞIRLIKTA) METAL ELDE ETMEK VEYA KAPLAMAK MÜMKÜNDÜR.

Bu kimya kanunu ilk defa 1828 yılında İngiliz bilimadamı MİCHAEL FARADAY tarafından keşfedilmiştir. Elektrometal kaplamanın temel kuralı olup iyi öğrenilmesi gerekmektedir.

İlerleyen bölümlerde kullanacağımız ENERJİ ÇEVİRİM BİRİMLERİ ile ilgili bazı uyarılar yapmamızda fayda var : Enerji birimlerini birbirine çevirmek için kullanılan çevirme oranlarını birebir uyguladığımızda, teoride elde etmemiz gereken enerji miktarını pratikte tam olarak elde edemeyiz. Örneğin, 778 foot pound 1 BTU' ya eşittir. Fakat, 1 BTU' luk enerjiyi foot pound' a dönüştürdüğümüzde 778 foot pound değil, daha azını elde ederiz. Bu yüzden değişimin çeşidine göre, bir miktar daha fazla enerji kullanmamız gerekir.

ENERJİ BİR FORMDAN BAŞKA BİR FORMA DÖNÜŞÜRKEN, TEORİDE ELDE EDİLMESİ GEREKEN MİKTARDAN BİRAZ DAHA AZI ELDE EDİLİR, ÇÜNKÜ BİR MİKTARI DİRENÇ, SÜRTÜNME GİBİ KAYIPLARA GİDER.

FARADAY KANUNLARI' na dönersek,  
FARADAY' IN İLK KANUNU' NA GÖRE : **METAL İÇEREN BİR ÇÖZELTİDEN BELİRLİ MİKTARDA ELEKTRİK ENERJİSİ GEÇİRİLDİĞİNDE, BELİRLİ MİKTARDA METAL KAPLANACAK VEYA ÇÖKELECEKTİR.**

### **TABLO 1. BASİTLEŞTİRİLMİŞ FARADAY TABLOSU**

**100 BİRİM ELEKTRİK ENERJİSİ İLE (AMPER-SAAT) <sup>5</sup> KAPLANABİLECEK METAL MİKTARI**  
(Ağırlıklar ingiliz-amerikan ölçü birimine göre dir.)

7,40 ons KADMİYUM
1,10 ons KROM
8,40 ons BAKIR (Siyanürlü)
4,20 ons BAKIR (Asitli)
26,00 ons ALTIN (Siyanürlü)
8,66 ons ALTIN (Asitli)
3,70 ons DEMİR
13,60 ons KURŞUN
3,90 ons NİKEL
14,20 ons GÜMÜŞ
3,90 ons KALAY
4,30 ons KALAY

Yukarıda verilmiş olan tablo adı geçen metallerin kaplanması hakkında size genel bir fikir verir. Kolayca anlaşılabilen üzere, kaplanan metal miktarı, metalin kimyasal yapısına ve çözünmüş haldeki yapısına etki eden, kaplama işlemi esnasında kullanılan elektrik enerjisinin büyüklüğüne bağlıdır. Bazı metaller, farklı kimyasal enerjilere sahip olan birkaç değişik formda bulunabilirler. Öyleyse, çözünmüş metalin miktarına bağlı olarak, aynı miktardaki elektrik enerjisi kullanarak kaplanacak metal miktarı farklılık gösterecektir. Tablodan görülebileceği gibi bakır ve altın bu tür metallerdendir. Bu özel durum daha sonra işlenecek olan "**Metallerin Kimyasal Özellikleri**" bölümünde detaylı şekilde açıklanacaktır.

**ÖRNEK** : 50 amper-saatlik elektrik enerjisi ile asitli çözeltide ne kadar bakır kaplanır?

CEVAP : Tablo 1' e göre asitli bakır banyosunda 100 amper-saatlik enerji kullanarak 4,2 ons bakır kaplanabilir. Öyle ise  $(50/100) \times (4,2 \text{ ons}) = 2,10 \text{ ons}$  bakır kaplanır.

**PROBLEM 1** : 40 amper-saat elektrik enerjisi kullanarak ne kadar nikel kaplanabilir?

Bu noktada bir kaplamacı olarak ölçü birimlerini nasıl kullanmanız gerektiği konusuna girmek istiyorum. Ölçü birimlerinin bilinmesi ve çalışma yaparken kullanılabilmesi önemlidir.

### **ÖLÇÜ BİRİMLERİ**

Pratikte elektrokaplama kullanılan iki ölçme sistemi vardır : İngiliz (Amerikan) sistemi ve Metrik (Fransız) sistemi. Her ikisi de gerekli görüldüğü yerde kullanılabilir. Aşağıdaki tabloda çeşitli ölçü birimleri verilmiş, iki sistemin birbirlerine çevrimi gösterilmemiştir.

**TABLO 2. ÇOK KULLANILAN BAZI AMERİKAN (U.S.) VE METRİK ÖLÇÜ BİRİMLERİ**

	<b>Uzunluk</b>	<b>Alan</b>	<b>Sıvı Hacmi</b>	<b>Ağırlık</b>
<b>AMERİKAN</b>	Yarda	Yarda-kare	Galon	Ton
	Feet	Feet-kare	Kuart	Pound
	İnç	İnç-kare	Pint	Ons
<b>METRİK</b>	Santimetre	Santimetrekare	Mililitre	Gram
	Metre	Metrekare	Litre	Kilogram

**Ondalık** sisteme bağlı olan **Metrik** sistemde birimler 10' un katları şeklinde sıralanırlar. Bütün birimler **metre**' den türetilmiştir.

1.000.000 mikrometre = 1000 milimetre = 100 santimetre = 10 desimetre = 1 **metre**' dir.

Amerikan (İngiliz) sisteminde ise birimler için mil, yarda, fit, inç gibi değişik isimler kullanılır.

**SORU** : Bir kilogram kaç gramdır? Cevap : 1000 gr. Bir metre kaç santimetrekaredir? Cevap : 10.000 cm<sup>2</sup>

Metrik sistemde birimlerin birbirine çevrilmesi çok kolaydır. Amerikan (İngiliz) sisteminde ise bu çevrim karmaşıktır. Tablo 3' te iki ölçü sisteminin birbirine çevrimi gösterilmiştir. Parantez içlerinde birimlerin kısaltması yazılmıştır.

**TABLO 3. BAZI AMERİKAN (U.S.) VE METRİK ÖLÇÜ BİRİMLERİNİN BİRBİRİNE ÇEVİRİMİ**

<b>METRİK</b>	<b>AMERİKAN</b>
<b>UZUNLUK</b>	
1,00 metre (m)	= 39,97 inç (in)
2,54 santimetre (cm)	= 1,00 inç
1,00 santimetre	= 0,394 inç
1,00 mikron ( $\mu$ ) = 0,0001 cm	= 0,0000394" veya $3,94 \times 10^{-5}$ inç
1,00 Angstrom (A)	= $3,94 \times 10^{-9}$ inç
<b>ALAN</b>	
1 metrekare (m <sup>2</sup> )	= 1550 inçkare (in <sup>2</sup> veya sq in)
1 desimetrekare (dm <sup>2</sup> )	= 15,5 inçkare
6,45 santimetrekare (cm <sup>2</sup> )	= 1,0 inçkare
9,29 desimetrekare (dm <sup>2</sup> )	= 1,0 footkare (ft <sup>2</sup> veya sq ft)
<b>HACİM</b>	
1,00 metreküp (m <sup>3</sup> )	= 35,31 feetküp (ft <sup>3</sup> veya cu ft)
1,00 santimetreküp (cm <sup>3</sup> veya cc)	= 0,061 inçküp (in <sup>3</sup> veya cu in)
16,39 santimetreküp	= 1,00 inçküp
<b>SIVI HACMİ</b>	
1,00 litre (lt)	= 1,06 kuart (qt)
1,00 mililitre (ml)	= 0,034 sıvı ons (fl oz)
29,4 mililitre	= 1,00 fl oz
3,785 litre	= 1,00 galon
<b>AĞIRLIK</b> (avoirdupois : ingiliz-amerikan ölçü sistemine göre)	
1,00 kilogram (kg)	= 2,2 pound (libre, lb)
1,00 gram (gr)	= 0,035 ons (oz)
28,35 gram	= 1,00 ons
31,1 gram	= 1,00 troy ons
453,6 gram	= 1,00 pound

**NOT :** Metrik sistemde sıvı ölçüsü birimi olan 1 ml 1 santimetrekübe eşittir. 1 mililitre hacmindeki suyun ağırlığı da 1 gramdır.

**PROBLEM 2 :**

- a. 2 feet kaç santimetredir? Cevap : 60,96  
 b. Bir desimetre kaç inçtir? Cevap : 3,94  
 c. Bir metrekare kaç feetküp eder? Cevap : 10,76

1 metrekare 1550 inçkareye eşittir. 144 inçkare de 1 footkareye eşit olduğundan c şıkkındaki sorunun çözümü 1550' yi 144' e bölerek bulunur.

**PROBLEM 3 :** 1.80 metre boyundaki bir adamın boyunu feet ve inç cinsinden hesaplayın.

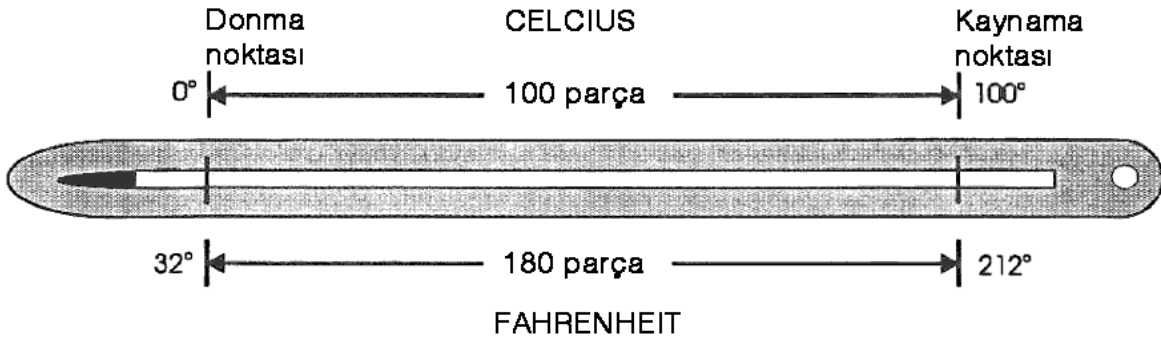
**PROBLEM 4 :** \* Bir kimyasal satıcısının kataloğunda X kimyasalının kilogram fiyatı 1 USD olarak verilmiştir. Bu kimyasaldan 200 pound almak isteyen yabancı bir kaplama tesisinin kaç dolar ödemesi gereklidir?

**PROBLEM 5 :** \* Işığın boşluktaki hızı saniyede 30.000.000.000 cm.dir ( $3 \times 10^{10}$  cm, bu şekilde gösterilim daha sonra açıklanacaktır). Saatteki hızını mil cinsinden hesaplayınız. (1 mil = 5280 feet)

Yukarıdaki soruları çözdükten sonra kendiniz de benzer birkaç problem çözün. Ezberlemeye çalışmayın.

**SICAKLIK BİRİMLERİNİN DÖNÜŞÜMÜ**

Elektrokaplamada sıcaklık da önemli bir değişkendir. Bu yüzden sıcaklık birimlerinin de Metrik (Celcius) ve amerikan – ingiliz (Fahrenheit) ölçü sistemleri arasındaki çevrim kuralları bilinmelidir. Şekil 10' da görüldüğü gibi metrik sistemde termometrede 1 atmosfer basınç altında kaynama noktası 100, donma noktası 0 derece olarak alınıp ikisi arası 100 eşit parçaya ayrılır. Derecenin kısa gösterilimi de sıcaklığı gösteren sayının sağ üstüne ° işareti konularak yapılır. Yani 10°C Celcius cinsinden 10 derece sıcaklığı, 15°F da Fahrenheit cinsinden 15 derece sıcaklığı gösterir.



Şekil 10. Sıcaklık ölçüleri

Amerikan ölçü sisteminde ise donma noktası 32° ve kaynama noktası 212° olarak işaretlenip arası 180 eşit parçaya ayrılır.

Metrik sistemde bir derece, CELCIUS cinsinden sıcaklık derecesini, İngiliz sisteminde ise FAHRENHEIT cinsinden sıcaklık derecesini gösterir.

Celcius cinsinden sıcaklığı Fahrenheit' a çevirirken aşağıdaki formül kullanılır.

$$F^{\circ} = (9/5) \times C^{\circ} + 32$$

Fahrenheit cinsinden sıcaklığı Celcius' a çevirirken aşağıdaki formül kullanılır.

$$C^{\circ} = (5/9) \times (F^{\circ} - 32)$$

**ÖRNEKLER :** a) 180 F° kaç C° eder? **Çözüm :**  $C^{\circ} = (5/9) \times (180 - 32) = 82,2 C^{\circ}$

b) 60 C° kaç F° eder? **Çözüm :**  $F^{\circ} = (9/5) \times 60 + 32 = 140 F^{\circ}$

### BASİTLEŞTİRİLMİŞ SICAKLIK DÖNÜŞÜMÜ

C° cinsinden sıcaklığı F° cinsinden yazmak için : C°'yi 2 ile çarp, onda birini çıkart, 32 ekle.

**ÖRNEK** : 60°C'yi F° cinsinden yazınız. **Çözüm** :  $60 \times 2 = 120$   $120 - 12 = 118$   $118 + 32 = 140^\circ\text{F}$

F° cinsinden sıcaklığı C° cinsinden yazmak için : F°'den 32 çıkart ve 2'ye böl. Onda birini ekle. Bulunan sonucun %1 hata payı vardır. Daha doğru sonuç elde etmek için 1/100 ve 1/1000 daha ilave edin.

**ÖRNEK** : 180°F kaç C° eder? **Çözüm** :  $(180 - 32) / 2 = 74$   $74 + 7,4 = 81,4$  (%1 hata payı ile)  
Daha doğru sonuç için :  $74 + 7,4 + 0,74 + 0,074 = 82,21^\circ\text{C}$  (1/10.000 hata payı ile)

**PROBLEM 6** : \* Normal vücut sıcaklığı 98,6°F' tir. Celcius cinsinden kaç derecedir?

**PROBLEM 7** : \* -5°C Fahrenheit cinsinden kaç derecedir?

### KONSANTRASYON BİRİMLERİ

Kaplamacılıkta çok değişik ÇÖZELTİLER kullanılır. Kaplama çözeltileri bir veya birkaç kimyasalın suda çözülmesiyle elde edilirler. Bu yüzden belirli miktardaki suyun içinde hangi kimyasaldan ne kadar bulunduğunun bilinmesi önemlidir. Genellikle bir litre suda bulunan kimyasal gram mertebesinde ifade edilir. İngiliz – Amerikan ölçü sisteminde ise galon suda bulunan ons veya pound kimyasaldan sözedilir. Bu konsantrasyon birimleri arasındaki ilişki :

0,134 [ons/galon] = 1,00 [gram/litre]  
1,00 [ons/galon] = 7,50 [gram/litre]

Bu iki çevrim faktörü çok kullanışlıdır ve öğrenmenizde fayda vardır.

**ÖRNEK** : 12 [ons/galon] kaç [gram/litre] eder?

**Çözüm** : 1 [ons/galon] 7,50 [gram/litre] ise,  $12 \times 7,50$  [gram/litre] = 90 [gram/litre] dir.

**ÖRNEK** : 200 [gram/litre] çözelti kaç [ons/galon] dur?

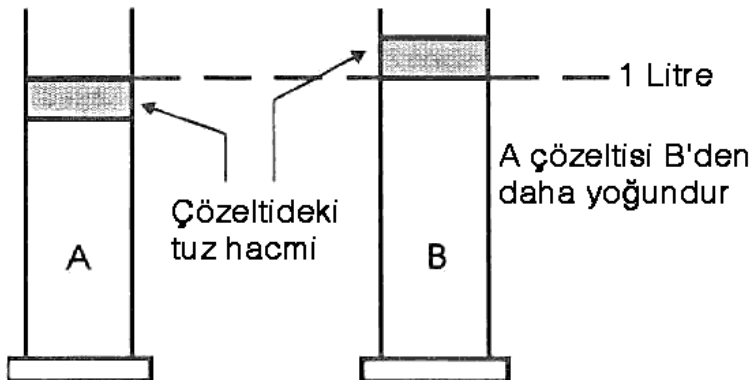
**Çözüm** : 1 [gram/litre] 0,134 [ons/galon] ise,  $200 \times 0,134$  [ons/galon] = 26,8 [ons/galon] dur.

Burada dikkat etmeniz gereken nokta şudur : Çözeltinin bir litresinde 10 gram veya bir galonunda 10 ons kimyasal bulunması ile bir litre suda 10 gram veya bir galon suda 10 ons kimyasal bulunması farklı şeylerdir. Şöyle ki; çözeltinin bir litresindeki kimyasaldan bahsederken çözülmüş haldeki kimyasalın hacmi de bir litreye dahildir. Bu fark Şekil 11' de açık şekilde görülmektedir. A kabındaki çözeltinin konsantrasyonu B kabındakinden daha fazladır. Çünkü A kabındaki çözeltide, çözülmüş olan kimyasalın ve suyun hacmi birlikte 1 litre etmekte iken, B kabında ise 1 litre suyun üzerine kimyasal ilave edilmiştir. Genellikle bu fark elektrokaplama işinde ihmal edilebilecek kadar küçüktür. Gene de bu farkın bilinmesi gereklidir. Ayrıca İngiliz – Amerikan sisteminde arı metallerin miktarı da [troy ons / galon] olarak verilir. (1 troy ons = 1,17 ons) Bu yüzden İngiliz – Amerikan ölçü sistemi metrik sisteme göre çok kullanışsızdır.

Bazen konsantrasyon yüzde olarak verilir. Örneğin, X kimyasalının %10' luk çözeltisi denildiğinde şu anlaşılmalıdır : X kimyasalı kullanılarak hazırlanmış (hazırlanacak) olan çözeltide kullanılan (kullanılacak) X miktarı, çözeltinin hazırlandıktan sonra ulaşacağı toplam ağırlığının %10' udur. Sıvı kimyasallarla örneğin asitlerle çalışılırken ise genellikle ağırlıkça yüzde kullanılmasına rağmen sık sık hacimce yüzde de kullanılmaktadır. Bu nedenle, hacimce %10 luk demek, bir hacim kimyasalın 9 hacim su ile karıştırıldığını ifade eder.

Yüzde cinsinden ifadeleri kullanırken, oda sıcaklığında 1 litre suyun ağırlığının 1000 gram ve 1 galon suyun 133,4 ons (veya 8,34 pound) olduğunu bilmek işimize yarayacaktır.

NORMALİTE ve MOLARİTE gibi konsantrasyon ölçme metodları da vardır fakat pratik elektrokaplama kullanılmazlar. Bununla birlikte, kimya işletmelerinde kullanım açısından çok elverişlidir ve kaplama işlemlerinde kullanımları da gittikçe yaygınlaşmaktadır. NORMALİTE ve MOLARİTE kaplama banyolarının analizi ve



Şekil 11. Konsantrasyon farkı

kimyasal kontrolünün anlatıldığı 5. Ders' te daha detaylı açıklanacaktır.

Ölçü birimlerinden bahsettiğimiz sürece bu şekilde devam etmemiz ve elektrokaplama matematiğini açıklamamız kaplama tekniğinin öğrenilmesi açısından çok faydalıdır.

Bu kursta sizden tüm istenen basit oransal matematiksel ifadeleri (toplama, çıkarma, çarpma, bölme) kullanarak kullanarak elektrokaplama bize gerekli hesaplamaları yapabilmemizdir. Eğer matematiksel bilginiz iyi seviyede ise bu küçük bölümü atlayıp diğerinden devam edebilirsiniz. Yine de eğitilmiş mühendislerin bile bu basit görünen hesaplamaları yaparken zaman zaman hata yaptıklarını unutmayın!

### SAYILARI YUVARLAMA İŞLEMİNİ NASIL YAPMALISINIZ?

İlk olarak KAPLAMA İŞİ YAPILIRKEN SAYILAR NASIL YUVARLANIR sorusuna cevap arayalım. 3 haneye yuvarlamak çoğu durumda fazla hassas gelmekte, 2 hane yeterli olmaktadır.

Bunun ne demek olduğunu bir örnekle anlatalım. Sayfa 9 Tablo 1' de 100 amper-saat elektrik enerjisi ile kaplanabilecek gümüş miktarı yaklaşık olarak 14,2 ons olarak gösterilmiştir. Çok hassas ölçüm aletleri kullanılarak 100 amper-saat elektrik enerjisiyle 14,196144 ons gümüş kaplandığı ölçülmüştür. Bu ölçüm 8 hane yaklaşıklıkla sonucu gösterir. Bu ölçüm gelişmiş araştırma işleri gibi hassasiyet gerektiren işler için gereklidir. Sıradan elektrokaplama işinde ise bu kadar hassas ölçüm yapmaya gerek olmadığı gibi hesaplamaları boş yere daha karmaşık hale getirir. Gümüş kapladığımızı ve kaplanan gümüş miktarını amper-saat metre kullanarak ayarladığımızı düşünelim. Ölçü aletinde 200 amper-saat okuduğumuzda kaplamayı durdurursak ne kadar gümüş kaplamış oluruz? Eğer okunan değer hatasız olsa ve tam bir ölçüm yapılabilsen,

$(200 \text{ amper-saat}) / (100 \text{ amper-saat}) \times (14,196144 \text{ ons}) = 28,392288 \text{ ons}$  gümüş kaplamış oluruz. Fakat ölçü aleti 200 birimde 10 birim bir hata payı hassasiyetindedir. Bu da 200 amper-saat ölçmüş isek gerçek değer 190 ile 210 amper-saat arasında bir değer olabileceği anlamına gelir. Pratikte 2 ondalık haneye kadar hassasiyet yeterli gelmektedir ve  $14,20 \text{ ons} \times 2 = 28,40 \text{ ons}$  gümüş kaplandığı sonucuna varmak bize yeterlidir.

Diğer bir değişle, ELDE ETTİĞİNİZ SONUCUN HATA PAYI SONUCA ULAŞMAK İÇİN KULLANDIĞINIZ YÖNTEMİN HATA PAYI' na bağlı olarak değişir.

Herhangi bir kaplama probleminin çözümünde bu tip durumlarla sık sık karşılaşılır. Aşağıdaki bölme işlemini ele alırsak,

$$2,7 / 13,1 = 0,2061068702!!!$$

Virgülden sonra ne kadar çok hane alınırsa bulunan sonuç mükemmel o kadar yakın olacaktır fakat gereksizdir. (Zincirdeki gibi, sonuç en zayıf halkaya bağlıdır.) Bunu yanında konuya bir de pratik açıdan bakalım. Kaplanan metal miktarını 10 haneye kadar bildiğimizi varsayalım. Yuvarlama işlemini hangi haneye kadar yapmak uygundur? Bir kaplama işlemi için 3 haneye kadar yuvarlama yapmak en iyisidir. Böylece işlem yapılacak zamandan kazanılmış olur. 2 haneye kadar yuvarlama yapmak da çok yanlış sonuç vermez. Öyleyse yukarıdaki bölme işleminin pratik sonucunu 0,21 olarak kabul edebiliriz.

Eğer hangi haneye kadar yuvarlama yapılması gerektiğini bilmiyorsanız bir örnekle anlatalım. 6,5365 sayısını elde ettiğimizi düşünelim. 3 haneye kadar yuvarlayalım.

1. ÜÇÜNCÜ HANEDEN SONRAKİ TÜM HANELERİ YOK SAYIN. (Eğer 4. hanedeki rakam 4 veya daha küçük ise yuvarlama işlemi bitmiştir.)

2. EĞER 4. HANEDEKİ RAKAM 6 VEYA DAHA BÜYÜK İSE, HEMEN SOLUNDAKİ (3. HANEDEKİ) RAKAMIN DEĞERİNİ 1 ARTIRIN. (Verilen örnekteki sonuç 6,54)

### ÖRNEKLER :

- a) 856,72 yi 3 haneye yuvarlayın. Cevap : 857  
 b) 8,045 i 3 haneye yuvarlayın. Cevap : 8,05  
 c) 8,175 i 3 haneye yuvarlayın. Cevap : 8,18

### ÖLÇÜ BİRİMLERİNİ BİRBİRİNE UYGUN SEÇİN!

Bir hesaplama yapılırken DOĞRU SONUÇ ELDE ETMEK İÇİN BİRİMLERİN TUTARLI SEÇİLMESİ GEREKTİĞİ bazen gözden kaçırılmaktadır. Bir örnekle açıklayalım :

Kaplama kalınlığı hesaplanırken kullanılan metodlardan bazıları 14. Ders' te işlenirken görüleceği üzere, hesaplamada kaplanan maddenin YOĞUNLUĞU kullanılır. YOĞUNLUK, KÜTLE' nin (maddenin dünyadaki AĞIRLIĞI) HACİM' e oranıdır. Yani,

YOĞUNLUK EŞİTTİR KÜTLE BÖLÜ HACİM  
 Formülle gösterirsek,

$$(1) \quad D = m / V$$

Belli bir madde için bu oran SABİTTİR, DEĞİŞMEZ.

Metrik ölçü sistemde yoğunluk gram/cm<sup>3</sup> olarak verilir.



Amerikan ölçü sisteminde yoğunluk genellikle pound/foot<sup>3</sup> veya ons/inç<sup>3</sup> olarak ifade edilir. Örneğin, suyun yoğunluğu 62,4 pound/foot<sup>3</sup> tür.

Bakırın yoğunluğu metrik sistemde 8,93 gram/cm<sup>3</sup>, amerikan sisteminde 5,15 ons/inç<sup>3</sup> tür.

Bir kablunun üzerine kaplanan bakırdan bahsederken 2,57 ons kaplanmış deriz. Peki kaplamanın hacmi nedir? Yoğunluğun tanımından,  $D = m / V$  ise  $V = m / D$  dir yani, HACİM EŞİTTİR KÜTLE (AĞIRLIK) BÖLÜ YOĞUNLUK. Buradan  $V = (2,57 \text{ ons}) / ?$ . Buradaki soru kullandığımız yoğunluk biriminin ne olduğudur. Amerikan sistemiyle işlem yaptığımız göre ? yerine bakırın amerikan sistemindeki yoğunluk değeri olan 5,15 ons/inç<sup>3</sup> ü kullanacağız. Bu durumda  $V = (2,57 \text{ ons}) / (5,15 \text{ ons/inç}^3) = 0,50 \text{ inç}^3$  buluruz. Eğer bakırın metrik ölçü sisteminde verilmiş olan yoğunluğunu kullansa idik (8,93 gram/cm<sup>3</sup>) hata yapmış olurduk. Peki hangi birimi kullanacağımızı nereden bileceğiz?

VERİLEN FORMÜLDE SAYISAL DEĞERLER YERİNE BİRİMLERİ YAZIN. EĞER DOĞRU BİRİMLERİ KULLANMIŞ İSENİZ, SADELEŞTİRMELERDEN SONRA FORMÜLÜN SOL VE SAĞ TARAFLARINDAKİ BİRİMLER BİRBİRİNE EŞİT ÇIKACAKTIR. AKSİ HALDE YANLIŞ BİRİM KULLANILMIŞ DEMEKTİR.

Örneğimize dönersek, formülümüz  $V = m/D$  idi.

$\text{inç}^3 = \text{ons}/(\text{gram}/\text{cm}^3)$  Metrik sistemdeki yoğunluk değeri alınırsa, sadeleşme olmuyor, birimler uyumlu değil, demek ki yoğunluk gram/cm<sup>3</sup> olarak alınmamalı. Yanlış!

$\text{inç}^3 = \text{ons}/(\text{ons}/\text{inç}^3)$  ons'lar sadeleşir ve  $\text{inç}^3 = \text{inç}^3$  kalır. Demek ki doğru!

Verilen formül ne kadar karmaşık olursa olsun bu yöntemle doğru birimi kullanıp kullanmadığımızı anlarız.

**ÖRNEK :** Kaplanan nikelin ağırlığı (m), kaplama kalınlığı (T) çarpı alan (A) çarpı yoğunluk (D) formülüyle hesaplanır.  $m = T \times A \times D$  veya  $M = TAD$ . (Soru: T x A neye eşittir?) Ağırlığı ons olarak ölçmek istersek ve hem metrik hem de ingiliz (amerikan) birimlerindeki yoğunluğu biliyorsak hangisini kullanacağız?

**ÇÖZÜM :**

Metrik :  $\text{ons} = (\text{cm})(\text{cm}^2)(\text{gram}/\text{cm}^3)$  ve buradan sadeleşmeler sonucunda  $\text{ons} = \text{gram}$  bulunur, yani eşitlik sağlanamaz, demek ki kullanılan birimler yanlış! Şimdi ingiliz birimleriyle çalışalım, fakat hangisiyle?

U.S. : Eğer yoğunluk birimi olarak pound/ft<sup>3</sup> kullanırsak,  $\text{ons} = (\text{inç})(\text{inç}^2)(\text{pound}/\text{ft}^3)$  den sadeleştirmeye çalışalım,  $\text{ons} = \text{inç}^3 \times \text{pound} / \text{ft}^3$  gibi saçma bir sonuç elde ederiz. Diğer U.S. birimini kullanırsak  $\text{ons} = (\text{inç})(\text{inç}^2)(\text{ons}/\text{inç}^3)$  ve buradan da sadeleştirirsek  $\text{ons} = \text{ons}$  sonucunu elde ederiz. Demek ki kullanılan bu birim doğrudur.

Bu kısmı iyice anladıktan sonra aşağıdaki problemi çözmeye çalışın.

**PROBLEM 8 :** Çelik bir diskin bir yüzü düzgün olarak bakır kaplanmış. Eğer kaplanmış olan yüzeyin alanı 10 inç<sup>2</sup> ve kaplanan metalin ağırlığı 0,2 ons ise kaplama kalınlığı kaç inçtir?

### ELEKTRİK MİKTARININ TANIMI

Faraday Kanunu ortaya şu soruyu çıkarır : ELEKTRİK MİKTARININ TANIMI NEDİR?

Elektrik miktarının birimi COULOMB' tur. Bu birim ismini elektrik üzerine yaptığı çalışmalardan dolayı Fransız fizikçi C.A. COULOMB' tan almıştır.

Su için kullanılan akış birimleri LİTRE, DM<sup>3</sup>, GALON, FOOT<sup>3</sup> gibi COULOMB da elektrik için akış birimidir. Elektrik miktarının temel birimidir. Aynen herhangi bir tankı dolduran suyun miktarından litre olarak bahsettiğimiz gibi, örneğin 1 gram gümüşü kaplayan elektrik miktarından da COULOMB cinsinden bahsederiz. COULOMB küçük bir birim olduğu için elektrik miktarı bazen FARADAY ile belirtilir. 1 Faraday 96.500 Coulomb' a eşittir.

Faraday Kanunu' nun değişmezliğinden ve doğruluğundan dolayı, COULOMB' u değişmez ve normal şartlar altında nitrik asitle hazırlanmış gümüş çözeltisi ile 0,001118 gram gümüşü kaplayan elektrik miktarı olarak tanımlayabiliriz.

**NOT :** Bir diğer tanım ise, 1 Faraday (96.500 Coulomb) 1 ekvivalent ağırlıkta gümüş (107,88 gram) kaplayan elektriğin miktarıdır. Bir metalin ekvivalent ağırlığı, atomik ağırlığını valans sayısına (değerliğine) bölerek bulunur. Gümüş için bu  $107,88 / 1$  dir.

Fakat bizim kaplamacılıkta kullandığımız elektrik hareket eden, dinamik bir büyüklüktür. Hareket eden büyüklüklerle iş yaparken ORANından, yani NE KADAR ve HANGİ SÜREDE olduğundan bahsederiz. Bu yüzden suyun akışını desimetreküp/saniye, mililitre/saniye veya galon/saniye gibi ifade ederiz. Elektrikte ise COULOMB / SANİYE olarak ifade edilir.

Bir saniye süreyle bir coulomb elektrik aktığında, bu elektrik akış oranını gösterir. Elektrik akışının standart birimi olarak bunu kullanırsak, buna basit bir isim vererek işlemleri basitleştirebiliriz.

**BİR COULOMB BİR SANİYE BOYUNCA AKTIĞINDA BUNA BİR AMPER DENİR.**

Bu birim ismini Fransız bilimadamı A.M. Ampere' den almıştır. AMPER, elektrik akış oranı birimidir. Dakikada akan su miktarına (dm<sup>3</sup>/dak veya galon/dak) benzer.

Coulomb ve amper arasındaki ilişki şu şekilde ifade edilir.

(2) **1 AMPER = 1 COULOMB / 1 SANİYE**

veya SANİYEDE 1 COULOMB. Benzer şekilde 1 COULOMB EŞİTTİR 1 AMPER ÇARPI 1 SANİYE de denebilir.

Aynı şeyleri ifade etmek için semboller de kullanabiliriz. Coulomb' u Q ile, Amper'i I ile ve zamanı (saniye cinsinden olmalı) t ile gösterirsek,

$$(3) \quad I = Q/t$$

$$(4) \quad Q = I.t$$

$$(5) \quad t = Q/I$$

Q = 8 coulomb, I = 4 amper, t = 2 saniye ise

$$4 = 8/2 \text{ veya } 4 \times 2 = 8 \text{ veya } 2 = 8/4$$

**ÖRNEK** : Bir ons gümüşü kaplamak için 27.700 coulombluk elektrik akımı 2 saat süreyle uygulanmaktadır. Elektrik akımı kaç amperdir?

**ÇÖZÜM** : Gümüşün kaplanması için geçen süreyi saniyeye çevirelim : 2 (saat) x 60 (dakika) x 60 (saniye) = 7200 saniyedir. (3) no.lu eşitlikten  $I = Q/t = 27.700 \text{ coulomb} / 7.200 \text{ saniye}$  ise  $I = 3,85 \text{ amper}$  buluruz.

**ÖRNEK** : 20 amperlik sabit elektrik akımıyla 1 ons bakır kaplamak için 85.600 coulomb elektrik kullanılıyor. Geçen süreyi hesaplayın.

**ÇÖZÜM** : 4 no.lu eşitlikten zamanı hesaplayabiliriz.

$$t = Q/I = 85.600 \text{ coulomb} / 20 \text{ amper} = 4280 \text{ saniye.}$$

Saat olarak geçen süreyi belirlemek istersek, (bir saat 3600 saniyedir),  $4280 \text{ saniye} / 3600 \text{ saniye} = 1,19 \text{ saat} = 1 \text{ saat } 11 \text{ dakikadır.}$

**PROBLEM 9** : \* Bir kaplama işleminde 3,5 saat boyunca 125 amper elektrik uygulanıyor. Kaç coulomb elektrik kullanılmıştır? Bu elektrik kaç faraday'a tekabül eder?

**PROBLEM 10** : \* 1 Faraday (96.500 coulomb) ile 29,36 gram nikel kaplanır. Elimizde nikel kaplanacak 2000 parça anahtarlık var ve her biri 0,05 gram nikle kaplanmalı. Eğer tüm anahtarlıkları aynı anda ve 100 amper akım ile kaplarsak, işin bitmesi için ne kadar süre geçer?

Yukarıdaki örneklerden coulomb' un elektrik miktarı birimi olarak biraz küçük kaldığını, faraday' ın biraz büyük geldiğini görebiliriz. Bu nedenle pratikte kaplamacılık işinde bir başka birim kullanılır : AMPER-SAAT. (1 saat boyunca bir amper akımın akmasını ifade eder.) Daha önce gördüğümüz gibi 1 coulomb 1 saniyede akan 1 amperlik akımı ifade eder. Yani 1 amper-saat coulomb' tan 3.600 kez daha büyüktür.

$$1 \text{ amper-saat} = 3.600 \text{ coulomb}$$

$$1 \text{ faraday} = 26,81 \text{ amper-saat}$$

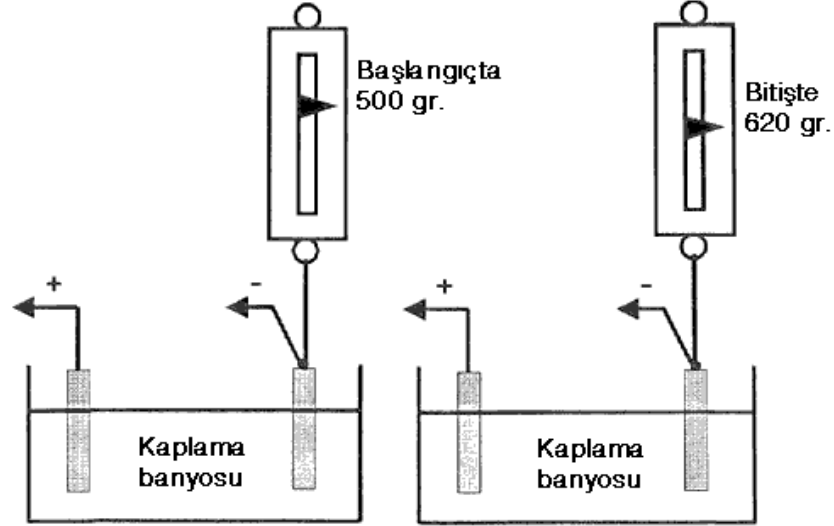
Amper-saat, amperin aktığı zaman ile (saat olarak) çarpılmasıyla elde edilir.

$$(6) \quad \text{amper-saat} = (I) (T) \quad \color{red}{\uparrow}$$

Tablo 1' de gösterildiği gibi, 4,2 ons bakır kaplamak için 100 amper-saat harcadığını söylemek, 1 amper akımla 100 saat boyunca kaplama yapılması gerektiği anlamına gelmez. 100 amper akımla 1 saat boyunca, 50 amper akımla 2 saat boyunca veya 200 amper akımla 1/2 saat boyunca kaplama yapıldığı anlamlarına da gelebilir. Amper-saat elektrik MİKTARINI ifade eder ve kaç amperde ve kaç saatte elde edileceğinin değil, elde edilen toplam büyüklüğün tanımıdır. Kabaca ifade etmek gerekirse, yeni bir otomobil satın almak için 10.000 USD gerekli ise, bu miktardan daha azına sahip olsak bile 10.000 USD' ı tamamlamadıkça yeni otomobil alamayız.

**FARADAY KANUNU' NA GÖRE : KAPLANACAK METALİ İÇEREN BİR ÇÖZELTİDEN BELİRLİ MİKTARDA (COULOMB) ELEKTRİK GEÇİRİLDİĞİNDE BELİRLİ AĞIRLIKTA METAL KAPLANACAKTIR.**

Bu bir doğanın bir kanunudur. Bunu bir formül şeklinde ifade edebiliriz. **m**, kaplanan metalin toplam ağırlığını, **Q** elektrik miktarını, **K** da 1 coulomb elektrik ile kaplanabilecek metal miktarını belirtiyor ise (K değeri sadece metalin cinsine bağlı olarak değişir),



Şekil 12. Ağırlık Kulometresi

$$(7) \quad m = (K) \times (Q) \quad (\text{Faraday Kanunu})$$

Eşitlik (4) ten  $Q = I \times t$  ise

$$(8) \quad m = K \times I \times t \quad (\text{Faraday Kanunu})$$

Kaplanan metalin toplam ağırlığı, bir coulomb elektrik enerjisiyle kaplanabilecek metal miktarının (sabit sayı), uygulanan amperin ortalama değerinin ve (saniye olarak) kaplama işlemi için geçen sürenin çarpımı ile bulunur.

Uygulamada, daha önce belirttiğimiz gibi coulomb veya faraday yerine amper-saat ile çalışılır. K değerinin birimi kullandığımız diğer birimlerle uyumlu olmalıdır. K<sup>8</sup> değerleri sayfa 9' daki Faraday Tablosu' nda (Tablo 1) amper-saat olarak verilmiştir. Gümüş için,

$$K = (14,2 \text{ ons}) / (100 \text{ amper-saat}) = 0,142 \text{ ons/amper-saat}$$

veya coulomb kullanırsak (amper-saniye)

$$K = (14,2 \text{ ons}) / [(100 \text{ amper-saat})(3600 \text{ saniye/saat})] = 0,0000394 \text{ ons/amper-saniye}$$

**ÖRNEK** : Asitli bir çözeltide 100 amper kullanarak 1 pound bakır kaplamak ne kadar sürer?

**ÇÖZÜM** : Tablo 1' e göre 1 saat boyunca 100 amper akım uygulanırsa 4,2 ons bakır kaplanır. Bu nedenle bir pound kaplama yapmak için (1 pound = 16 ons ise)  $t = (16 \text{ ons}) / (4,2 \text{ ons/saat}) = 3,8 \text{ saat}$  (100 amperde)

**PROBLEM 11** : \* Siyanürlü altın banyosundan 7 saat boyunca 500 amperlik akım geçiriyoruz. Bu süre boyunca kaplanacak altın miktarı nedir?

Faraday Kanunu' nu ampere göre (akım şiddeti) ifade ederken şu durum gözden kaçırılmamalıdır. Kaplanan metalin ağırlığı akımın ortalama değerinin büyüklüğü ile kaplama için geçen sürenin (saniye olarak) çarpımına eşittir. Burada ORTALAMA deyimini kullanmamızın nedeni, kaplama esnasında zaman zaman akımın değişmesi yüzündendir.

Örneğin, bir çelik parça üzerine bakır kapladığınızı ve akımı da 20 ampere ayarladığınızı düşünün. 2 saat boyunca banyonun başından ayrıldınız fakat esnada elektrik şebekesinde meydana gelen bir hata nedeniyle akım bir saat boyunca 10 ampere düştü. Banyonun başına tekrar geldiğinizde ampermetre gene 20 amper gösteriyor. Kaplama işleminin başında ve sonunda ampermetrede okuduğunuz değere göre asitli bakır banyosunda kaplanması gereken bakır miktarı

$$m = K \times I \times t$$

$$m = [(4,2 \text{ ons}) / (100 \text{ amper-saat})] \times (20 \text{ amper}) \times (2 \text{ saat}) = 1,68 \text{ ons' tur.}$$

Tabii ki yaptığımız bu hesaplama yanlıştır. Çünkü bir saat boyunca akım 10 ampere düşmüş idi. Kaplanan bakırın gerçek ağırlığı

$$[(4,2 \text{ ons}) / (100 \text{ amper-saat})] \times (20 \text{ amper}) \times (1 \text{ saat}) = 0,84 \text{ ons}$$

$$[(4,2 \text{ ons}) / (100 \text{ amper-saat})] \times (10 \text{ amper}) \times (1 \text{ saat}) = 0,42 \text{ ons}$$

$$\text{Toplam } 0,84 + 0,42 = 1,26 \text{ ons' tur.}$$

Kaplama esnasındaki ortalama akım değeri  $(20 + 10) / 2 = 15$  amper' dir. Eğer ortalama akım değeri doğru tanımlanmışsa kaplanan bakır miktarı şu şekilde de hesaplanabilir :

$$[(4,2 \text{ ons}) / (100 \text{ amper-saat})] \times (15 \text{ amper}) \times (2 \text{ saat}) = 1,26 \text{ ons}$$

Çoğu kaplama işleminde bu gibi büyük amper dalgalanmaları meydana gelmez. Meydana geldiğinde de genelde en fazla %10 gibi bir fark olur. Ayrıca uygulamadaki çoğu kaplama işleminde kaplanan metalin ağırlığı değil kaplamanın iyi olup olmadığı önemlidir. Bununla birlikte, içinde bulunduğumuz uzay çağında ÖZEL KAPLAMA TEKNİKLERİ gitgide gelişmektedir. Bu kaplama işinde müşterinin istediği kalınlıkta veya ağırlıkta metalin kaplanması gerekmektedir. Bu işlem esnasında akımın amper değerinin tam doğrulukla bilinmesi ve böylelikle kaplanacak metalin kalınlığı veya ağırlığının kontrol edilebilmesi gereklidir.

AMPERMETRE elektriğin akışını ölçen bir elektriksel ölçü aletidir. Ampermetre 20 amper okuduğunda bu bize her saniye geçen elektrik büyüklüğünün 20 coulomb olduğunu gösterir. Her saniyede devreden geçen coulomb'u ölçen ve toplamını alan elektriksel ölçü aletine ise COULOMETRE adı verilir.

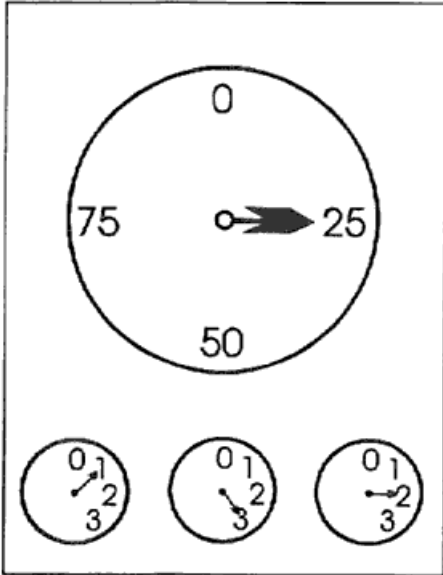
Coulometrenin yapısı basit şekilde, Şekil 12'de görülebileceği gibi, bir tartıya bağlanmak suretiyle kaplanan malzemenin ağırlığındaki değişiklik her an ölçülebilmekte olan asitli bakır kaplama banyosuna gibi düşünülebilir. Kaplamaya başlama-dan önce banyoya koyduğumuz kaplanacak parçanın 500 gram ağırlığında olduğunu düşünelim. Akımı açtıktan sonra belli bir süre sonra tartıda 620 gram okuduğumuz anda, o ana kadar devreden 100 amper-saat veya 360.000 coulomb geçirdiğimizi anlarız.

Kaplamacılığın ilk zamanlarında gümüş kaplamacıları buna benzer bir ölçme yöntemi kullanmışlar, kapladıkları kaşıkların veya diğer parçaların doğru ağırlığa ulaşip ulaşmadığını kontrol etmek için ağırlıklarını tartmışlardır. Bununla birlikte çoğu kaplama işleminde kaplanması gereken metalin ağırlığı oldukça küçüktür ve tartının hassasiyeti bunu doğru ölçmeye yeterli gelmez. Bu nedenle ne kadar metal kapladığını bilmek ve kontrol etmek isteyen çoğu kaplamacı AMPER-SAAT METRE adı verilen bir elektriksel ölçü aleti kullanırlar. Amper-saat metre bir devreden belli bir sürede geçen toplam COULOMB' u sayar ve kaplama banyosunda kaplanan metalin istenen ağırlığa ulaşip ulaşmadığını ve kaplamanın ne zaman sona erdirileceğini belirlememize yardımcı olur. Tipik bir amper-saat metre Şekil 13' te gösterilmiştir.

Aslında bu ölçü aleti belli bir süre içinde kullanılan suyun miktarını metreküp olarak ölçen bir su sayacına benzetilebilir. Bir farkla ki bu alet belli bir sürede kullanılan elektrik birimini gösterir.

Su sayacı akan su miktarını metreküp olarak toplamını gösterir. Amper-saat metre ise akan elektrik akımının coulomb olarak toplamını gösterir.

Büyük kadranda, yapılan kalibrasyona göre AMPER-SAAT, AMPER-DAKİKA veya AMPER-SANİYE okunur. Küçük kadrarlarda ise genellikle o zamana kadar akıtılmış olan toplam amper-saat okunabilir.



Şekil 13. Amper-saat metre

Özel bir amaca yönelik kaplama yapıyorsanız ya da altın, gümüş gibi değerli metallerle kaplama yapıyorsanız kaplama kalınlığı ve kaplanan metalin ağırlığı önemlidir. Diğer alışılmış kaplama işlerinde bu ölçü aletini kullanmanız gerekmeyebilir fakat yine de bilinmesinde fayda vardır.

**ÖRNEK :** Şekil 13' teki ölçü aleti amper-saat' e göre kalibre edilmiş ve küçük göstergeler ise sırasıyla 100, 1.000 ve 10.000 amperi gösteriyorsa amper-saat metre nasıl okunur?

**ÇÖZÜM :** Büyük gösterge 25, 100' lük gösterge 2, 1.000' lik gösterge 3 ve 10.000' lik gösterge 1 gösteriyor ise, okunan değer 13.225 amper-saat' tir.

**PROBLEM 12 :** Bu amper-saat metre bir gümüş kaplama banyosu için kullanılıyor ise, bu banyoda şimdiye kadar kaplanmış olan gümüş miktarını ons olarak bulunuz.

Eğer özel tür bir kaplama yapıyorsak ve amper-saat metremiz yok ise şu şekilde hesaplayabiliriz :

Kullanılabilir akım miktarını biliyorsak ( $\pm$  %5 hata payı dahilinde) kaplamaya başladığımız saati not ederiz. Akıttığımız akımı temel alarak kaplamayı ne zaman bitireceğimizi hesaplarız

ve zamanı gelince de bitiririz. Bu nedenle, 4 amper kullanarak 1 ons gümüş kaplamamız gerekiyorsa akımı bu değerde sabit tutarak kaplama yaparız. Bunu Faraday Kanunu' ndan çözebiliriz.

$$(9) \quad T = m / (K \times I)$$

$$\text{Zaman (saat)} = [(1 \text{ oz}) / (0,142 \text{ oz/A.saat} \times 4 \text{ A})] = 1,76 \text{ saat}$$

**KULLANILAN BİRİMLERE DİKKAT EDİN! SAAT DIŞINDAKİ BİRİMLER BİRBİRİYLE SADELEŞİR.**

(0,142 oz/A.saate değeri Tablo 1' den alınmış olup 1 amper-saat elektrik ile kaplanan gümüş miktarıdır.)

Bu yöntem pratikte sıklıkla kullanılır. Yöntemin doğruluğundan emin olmak için bir test levhası kullanmak ve test levhasının kaplanması için geçen zaman baz alınarak Tablo 1' de verilmiş olan değerin altında veya üstünde bir kaplama sonucu elde edilip edilmediğine emin olmak iyi olur.

Faraday Kanunu' na göre, kaplanan metal miktarı, belli bir SÜREde akan elektrik AKIMINA göre değişen banyodan geçen elektrik değerine (COULOMB) bağlıdır. Bu nedenle, AMPERAJI YÜKSELTEREK veya ALÇALTARAK ya da akımın aktığı SÜRE' yi UZATIP veya KISALTARAK kaplanacak metal miktarını, ağırlığını kontrol edebilirsiniz. Bu da bizim tarifimizin ilk kısmını oluşturmaktadır : Bir metalin seçilen bir yüzeye KONTROL EDİLEBİLİR, YÖNETİLEBİLİR şekilde kaplanabilmesi elektrik enerjisi sayesinde mümkündür.

Bu noktada biraz basit elektrik bilgisi vermemiz ileride işleyeceğimiz konuda işimize yarayacaktır. Temel elektrik bilgisine sahip iseniz bu bölümü atlayabilirsiniz.

### BASİT ELEKTRİK BİLGİSİ

AMPER, daha önce de tanımını verdiğimiz üzere ELEKTRİK AKIMININ ORANIDIR. SANİYEDE 1 COULOMB akan elektriğe denk gelir.

Deneylerle doğruluğu ispatlanmış ve test edilmiş iki kural vardır :

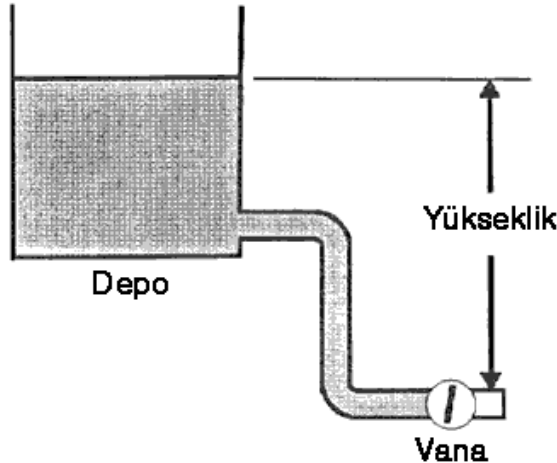
1. Akım miktarı akışa neden olan kuvvetle veya basınçla *doğru orantılı* olarak değişir.
2. Akım miktarı akışa neden olan kuvvete veya basınca gösterilen dirençle *ters orantılı* olarak değişir.

Bu iki kuralı birkaç basit örnekle açıklayalım :

Diyelim ki düz beton bir yaya kaldırımında saatte 6 km. yol alacak şekilde yürüyorsunuz. Aniden kaldırım bitiyor ve engebeli bir yola giriyorsunuz. Eğer önceki yürüme şeklinizi devam ettirirseniz, artık vücut kaslarınız daha fazla güç sarfedecektir, bir süre sonra kalbiniz daha hızlı çarpmaya başlar ve yorulduğunuzu hissedersiniz. Öte yandan eğer beton yolda yürürken sarfettiğiniz eforu sarfedecek şekilde yürürseniz, yolun engebeseine bağlı olarak muhtemelen hızınızı 3 km.ye kadar düşüreceksiniz. Bu durumda şunu söyleyebiliriz :

**VÜCUT HAREKETİNİZ VÜCUDUN HAREKET ETMEK İÇİN KULLANDIĞI KUVVETİN BÜYÜKLÜĞÜNE / YOLUN ENGEBESİNE (DİRENCİNE) BAĞLIDIR.**

Eğer yolun engebeliğini beton yola oranla tanımlayabilseydik, hızımızın yarıya düşmesine neden olacak kadar engebeli olan yolun, diğerinden iki kat daha engebeli olduğunu ve bu nedenle iki kat fazla kuvvet harcadığımız sonucunu ( $\text{İş} = \text{Kuvvet} \times \text{Uzaklık}$  olduğundan, aynı zamanda da iki kat fazla enerji harcadığımız sonucunu) elde ederdik.



**Şekil 14. Suyun akışı**

Şekil 14' ü gözönüne alarak suyun boruda akışını düşünelim. Su musluk ile depo arasındaki yükseklik farkından kaynaklanan basınç (akma kuvveti) nedeniyle akar. Fakat musluğa doğru hareket eden su belli bir direnç gösteren borunun içinde hareket etmektedir. Test edip ölçmek suretiyle (litre/saniye, metreküp/dakika veya galon/dakika cinsinden), yükseklikle doğru orantılı, borunun direnci ile ters orantılı olarak değişen suyun birim zamandaki akış hızı bulunabilir.

Eğer depo iki kat daha yüksekte olsa ve borunun gösterdiği toplam direnç de aynı kalsa idi birim zamanda musluktan akan suyun miktarı (suyun akış hızı) iki katına çıkar idi. Diğer yandan borunun çapı gösterdiği direnç yarıya düşecek kadar büyütülse ve depo aynı yerde sabit kalsa idi suyun akış hızı yine iki katına çıkacaktı.

**ELEKTRİK AKIMI DA AYNI BU ŞEKİLDE BİR DAVRANIŞ GÖSTERİR.**

**ELEKTRİĞİN AKIŞ BÜYÜKLÜĞÜ ELEKTRİKSEL KUVVET İLE DOĞRU ORANTILI, ELEKTRİKSEL DİRENÇ İLE TERS ORANTILI OLARAK DEĞİŞİR.**

Elektrik akımının değeri AMPER ile gösterilir. Peki elektriksel kuvveti ne ile gösteririz?

Elektriksel sürme kuvveti, Şekil 14' teki su sistemindeki "basınç kaynağı" veya "yerçekimi"ne denk gelen bir batarya veya jeneratör tarafından üretilir ve ELEKTROMOTOR KUVVETİ ya da ELEKTROMOTOR POTANSİYELİ olarak adlandırılır.

Sayfa 3' te verilmiş olan kaya örneğini hatırlarsak neden ELEKTROMOTOR POTANSİYELİ olarak adlandırıldığını daha iyi anlarız. Bir elektrik devresini kapattığımızda (akım devresini tamamlayacak hale getirdiğimizde) yerin kayaya uyguladığı yerçekimi kuvveti gibi burada da elektriğin akmasına ve dolayısıyla iş yapmasına neden olan bir KUVVET uygulanır.

ELEKTROMOTOR KUVVETİNİN (veya POTANSİYELİNİN) BİRİMİ İtalyan fizikçi A. Volta' ya atfen VOLT OLARAK ADLANDIRILIR.

ELEKTRİKSEL DİRENÇ ise OHM adını Alman fizikçiden almıştır.

**AMPER, ELEKTROMOTOR KUVVETİYLE DOĞRU ORANTILI, ELEKTRİKSEL DİRENÇLE TERS ORANTILIDIR.**

Birimler doğru seçilirse,

**AMPER = ELEKTROMOTOR KUVVETİ / ELEKTRİKSEL DİRENÇ**

Aradaki bu ilişki doğru olacak büyüklükte seçilecek birimler VOLT ve OHM' dur. Öyleyse,

**AMPER = VOLT / OHM**

Bu ilişki ilk kez Ohm tarafından dile getirildiği için OHM KANUNU adıyla anılır ve elektriğin temel eşitliklerinden birisidir.

Bu eşitliğin aynen bu şekilde geçerli olması için OHM, 0°C sıcaklıktaki 106,3 cm uzunluğunda ve bir milimetrekare kesitindeki cıva sütununun elektriksel direnci olarak tanımlanmıştır. Elektriksel direnç sıcaklıkla değiştiği için belirtilmiştir. Elektriksel direncin bu tanımından yola çıkarak, Ohm Kanunu' ndan Volt' un tanımını yapabiliriz.

BİR VOLT BİR OHM DİRENCE SAHİP DEVREDEN BİR AMPER (SANİYEDE BİR COULOMB) AKIM AKMASINI SAĞLAYAN ELEKTROMOTOR KUVVETİ MİKTARIDIR.

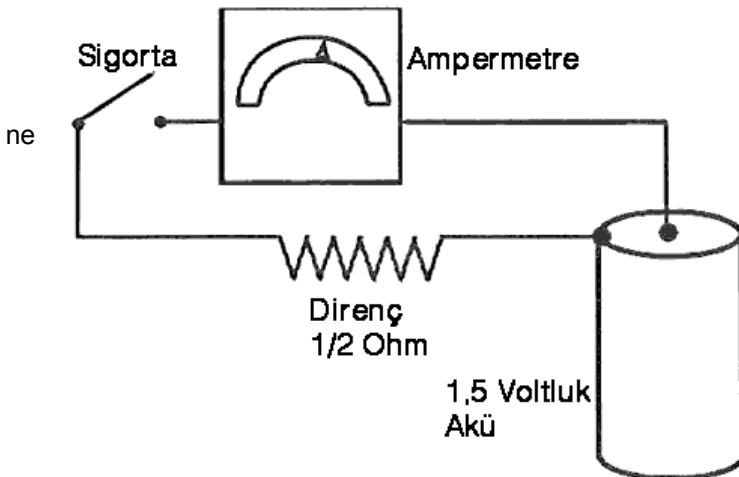
Eğer Ohm Kanunu' nu sembollerle ifade edecek olursak, I Amper, E Elektromotor kuvveti (E.M.K.) veya Volt ve R Direnç veya Ohm' u gösterirse,

$$(10) \quad I = E / R$$

Eşitliği Sayfa 14' teki 2 no.lu eşitliğe yaptığımız gibi yeniden düzenlersek :

$$(11) \quad E = I \times R$$

$$(12) \quad R = E / I$$



**Şekil 15. Ampermetrede ne okunur?**

bulunuz.

**ÖRNEK :** Şekil 15' teki anahtar kapatıldığında ampermetreden okunan değer olur?

**ÇÖZÜM :** Gerilim (voltaj) 1,5 Volt ve direnç 1/2 Ohm ise, akım  $I = E / R$  olduğundan  $1,5 / 0,5 = 3$  amper akım okunur.

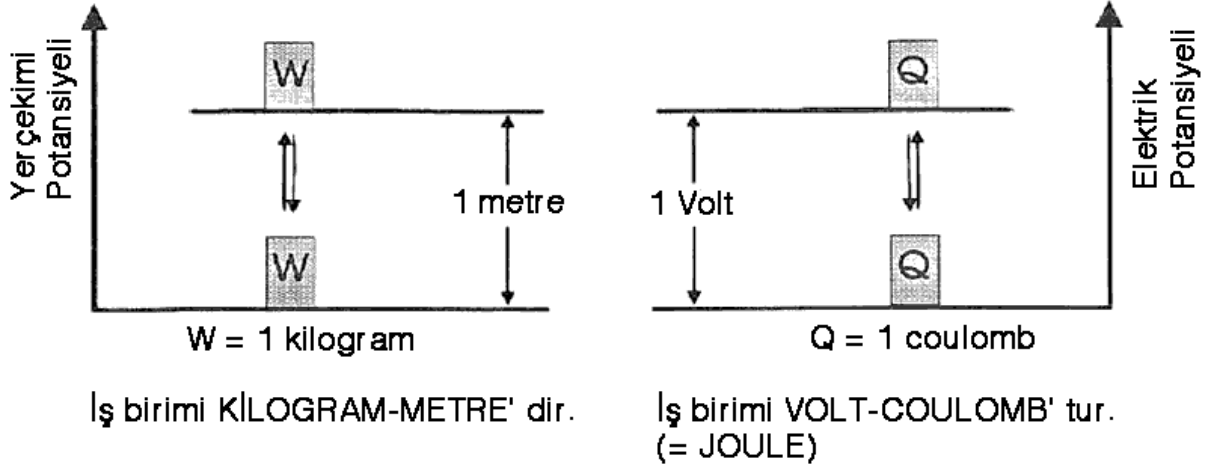
**PROBLEM 13 :** Bir elektrik üretici kaplama tankına 6 Volt gerilim sağlamaktadır. Tankın toplam yük direnci 1/4 Ohm olduğuna göre kaç amper akım akar?

**PROBLEM 14 :** Bir kaplama banyosunun elektrik devresine bağlanan ampermetre 50 Amper ve voltmetre de 3 Volt okumaktadır. Kaplama banyosunun toplam direncini

**PROBLEM 15 :** 0,2 Ohm direnci olan bir banyoda 75 Amper ile kaplama yapmak istediğinizde uygulanması gereken minimum gerilim kaç Volt' tur?

### ELEKTRİKSEL İŞ VEYA ENERJİ BİRİMLERİ

Bir kayayı yerden kaldırdığımızda yerçekimine karşı bir iş yapmış oluruz. Bu yapılan iş KİLOGRAM METRE (veya FOOT POUND) birimiyle ölçülür. Yani 1 kilogram ağırlığındaki taşı 1 metre yükseğe kaldırdığımızda 1 kilogram metre'lik (1 kgm) iş yapılmış olur. Eğer taşın ağırlığı 2 kilogram ise yapılan iş 2 kgm' dir. Eğer Şekil 1' de gösterildiği gibi 250 metre (1000 feet) yüksekliğindeki bir uçurumun kenarından 5 ton (10.000 pound) ağırlığındaki bir kaya aşağıdaki bir evin üstüne düştüğünde yapılan iş 5 ton (5.000 kg) x 250 metre = 1.250.000 kgm iş yapılmış olur. Taşı tekrar eski yerine çıkarmak için 1.250.000 kgm' lik iş yapılmalıdır. KİLOGRAM METRE (FOOT POUND) İŞ (veya ENERJİ) BİRİMİDİR.



Şekil 16. Mekanik ve Elektriksel İş

İŞ (enerji) ölçüsü birimi İngiliz bilimadamı Joule' e atfen JOULE<sup>10</sup> olarak adlandırılır. 1 Coulomb elektriğin Elektromotor Potansiyeli ölçeğinde 1 Volt' luk iş yapması olarak tanımlanmıştır (Şekil 16).

Yani 1 Joule eşittir 1 Coulomb çarpı 1 Volt. Joule J ile gösterilirse,

$$(13) \quad J = Q \times E$$

Burada Q Coulomb' u E de Elektromotor Kuvveti' ni (Volt veya Potansiyel) gösterir.

Amper ile ölçüm yapmaya alışık olduğumuz için, Sayfa 14' teki 4 numaralı eşitlikten, (Q = I x t)

Joule = (Amper) x (Zaman "saniye olarak") x (Volt) veya sembollerle gösterirsek,

$$(14) \quad J = (I \times t) \times E = IEt$$

Yapılan elektriksel İŞ' in oranı GÜÇ olarak adlandırılır. BİRİM ZAMANDA YAPILAN İŞ anlamına gelir ve İŞ veya ENERJİ ile karıştırılmamalıdır. Örneğin, 1 kilogram ağırlığındaki bir paketi 10 metre yukarıya kaldırırsanız 10 kgm iş yapmış olursunuz. Fakat bu işi hangi hızla yaptınız? 10 saniye, 30 saniye, 60 saniye? Eğer 10 saniyede yapmış iseniz, bu 60 saniyede yapmış olduğunuzdan 6 kat hızlı yaptığınız anlamına gelir. İşte GÜÇ bu anlamda kullanılır. YAPILAN İŞİN ORANI (YAPILMA HIZI)DIR.

Elektriksel anlamda GÜÇ, JOULE / SANİYE olarak ifade edilir ve İngiliz mekanikçi WATT' ın adıyla anılır.

$$\text{Watt} = \frac{\text{Coulomb} \times \text{Volt}}{\text{Saniye}} = \frac{(\text{Amper} \times \text{Saniye}) \times \text{Volt}}{\text{Saniye}} = \text{Amper} \times \text{Volt}$$

veya VOLT-AMPER' dir. (Üstteki ve alttaki saniye' ler sadeleşir). Formül olarak ifade edersek (Watt' ı W ile gösteriyoruz)

$$(15) \quad W = QE / t = IE$$

Ayrıca Ohm Kanunu' ndan,  $E = IR$ ,  $W = I(IR) = I^2R$

**ÖRNEK** : Bir bakır sülfat banyosunda bakır kaplarken 2 Volt 50 Amper ile bir saatte ne kadar güç harcanır?

**ÇÖZÜM** : 1 Watt = 1 Volt-Coulomb / saniye veya 1 Watt = 1 Amper-Volt ise, kullanılan güç 2 Volt x 50 Amper = 100 Watt' tır. Bu saniyede 100 joule elektrik enerjisi kullandığımız manasına gelir. Bir saatte 3.600 saniye x 100 joule/saniye = 360.000 joule enerji harcanır.



Elektrikte KİLOWATT SAAT (KWh) terimi bir saat boyunca saniyede 1.000 Watt elektrik enerjisi harcadığımızı ifade eder. (1 KWh = 1.000 W x 3.600 sn = 3.600.000 Joule)

Joule küçük bir enerji birimi olduğundan kilowatt saat birimi kullanıma daha uygundur. Bu nedenle yukarıdaki örnekte 360.000 / 3.600.000 = 0,1 KWh elektrik enerjisi kullanılmıştır da diyebiliriz. Elektriğin KWh fiyatı 10 kuruş ise, bizim harcadığımız enerji 1 kuruş tutarındadır.

746 Watt 1 Beygir Gücü' ne (1 HP) eşit gelir. 1 HP de saniyede 75 kgm' lik İŞ' e eşit olduğundan  
746 Watt = 75 kgm/sn  
Bu elektriksel ve mekanik güç arasındaki çevrim faktörüdür.

**ÖRNEK :** 100 Amper ve 6 Voltluk bir elektrik jeneratörünüz (üretciniz) olsun. Bunu çalıştırabileceğiniz bir motor almak istiyorsunuz. Pratikte kullanabileceğiniz en küçük motorun gücü nedir?

**ÇÖZÜM :** Jeneratör 100 Amper x 6 Volt = 600 Watt gücündedir. Bu gücü elde edebilmek için, kayıpları da gözönüne alırsanız, bir miktar daha fazla enerji kullanmalısınız. Bu jeneratörü besleyebilecek, pratikte kullanılan en yakın güçteki motor 1 Beygir (HP) gücünde bir elektrikli veya benzinli motordur. 746 Watt güç sağlar ki 146 Watt da kayıplar için yeterli gelecektir. Eğer 3/4 HP' lik bir motorla beslemeye kalkarsanız jeneratörü tam kapasite ile çalıştıramazsınız.

Burada VERİM' den biraz bahsetmek yerinde olacaktır. VERİM DAİMA ORANSAL BİR İFADEDİR. ALDIĞINIZIN VERDİĞİNİZE ORANIDIR. Örneğin, bir elektrik jeneratörünün verimi %90 veya üzerindedir. Bu jeneratöre verdiğiniz enerjinin %90' ını (9/10' unu) jeneratör çıkışından elde ettiğiniz anlamına gelir. Yukarıdaki örneğe bunu uygularsak, jeneratörün çıkışından 600 W elde etmek için, (Verimini %90 kabul edersek)

$$\frac{600}{0,9} = 667 \text{ Watt' lık bir enerjiyle beslenmesi gereklidir.}$$

Verimi ifade etmenin bir diğer yolu,

$$\text{VERİM} = \frac{\text{ÇIKIŞ} \times 100}{\text{GİRİŞ}}$$

Bu nedenle yukarıdaki jeneratör için verim,

$$\text{VERİM} = \frac{600 \text{ W} \times 100}{667 \text{ W}} = \%90$$

Verimi Yunan alfabesindeki eta ( $\eta$ ) harfi ile, Çıkışı  $E_0$  ile ve Girişi  $E_i$  ile gösterirsek,

$$(16) \quad \eta = (E_0 / E_i) \times 100$$

Sembolleri yeniden düzenlersek

$$(17) \quad E_i = (E_0 \times 100) / \eta$$

$$(18) \quad E_0 = (\eta \times E_i) / 100$$

Başka bir deyişle, %90 verimle çalışan bir jeneratörü beslemek için 500 Watt (500 Joule/sn) bir güç uygularsanız, jeneratörün çıkışından 500 x 0,9 = 450 Watt' lık güç elde edersiniz.

VERİMİN TANIMINI AÇIK ŞEKİLDE ANLADIYSANIZ, ŞİMDİ DE KAPLAMADAKİ VERİME BAKALIM.

Kaplama yaparken, kaplanacak metal miktarını belirli bir sürede akan amper büyüklüğü belirler. Fakat elektrik ücreti toplam kullanılan güce göre, yani Watt' a ( $W=IE$ ) göre değişir. Elektrik faturası kullanılan kilowatt-saat' e göre ödenir. Bir kilowatt 1.000 watt ve 1 (kilowatt-saat) kwh saniyede yapılan 1.000 joule' luk elektriksel iş ya da enerjinin 3.600 katıdır (1 saat = 3.600 saniye). Başka bir deyişle 3.600.000 joule eder.

**PROBLEM 16 :** \* 115 Volt ve 3,5 Amper' de çalışan bir ev kliması düşünelim. Buna karşılık elektrikli bir fırın 230 V' ta 5 A akım çekiyor. Bir ay içinde klimayı 150 saat ve fırını 90 saat kullanmışsak ve elektriğin kilowatt-saat ücreti 4 TL ise bu iki cihazın sarfettiği elektriğin tutarı nedir?



Belirlenmiş bir sürede

**I kaplanan metalin ağırlığını,**

**E.I kaplamada kullanılan elektrik enerjisinin ücretini belirler.**

Bu yüzden, ekonomik açıdan ele alırsak, Ohm Kanunu'ndan dolayı  $I = E / R$  olduğundan, elektriksel direnç azalır aynı akımda yapılan bir kaplama işinde daha düşük gerilim yeterli olur. Demek ki elektrik maliyeti elektriksel direnç düşürülürse azalır.

**ÖRNEK :** Bir kaplama işi için iki farklı bakır kaplama çözeltisi kullanma seçeneğiniz var. İkisinden de aynı kaplama sonucu elde ediliyor fakat bir tanesinde toplam direnç 1 Ohm, diğerinde 3 Ohm' dur. Hangi banyoyu kullanmak daha avantajlıdır?

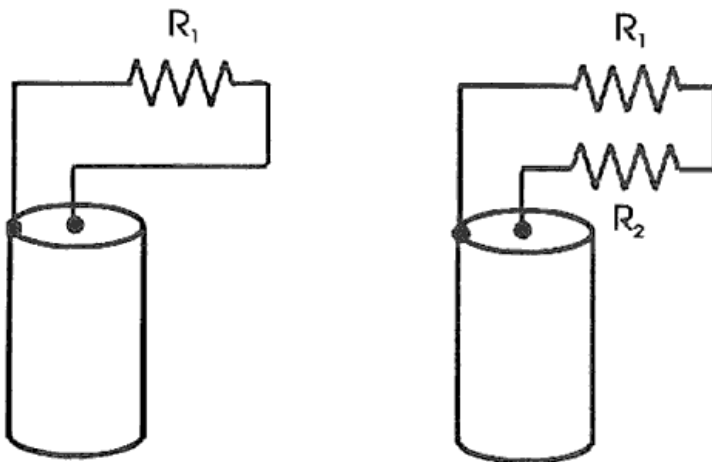
**ÇÖZÜM :** İkisinden de aynı kaplama sonucu elde edildiğine göre direnci düşük banyo daha uygundur. Eğer 20 Amper ile kaplama yapılıyorsa ilk banyoda 1 saatte kullanılan enerji  $E = I^2 R t$  formülünden  $E = 20^2 \cdot 1 \cdot 3600 = 1.440.000$  Joule' dür.  $1 \text{ kWh} = 3.600.000$  Joule olduğundan, kullanılan enerji  $1.440.000 / 3.600.000 = 0,4 \text{ kWh}$ ' tir. 3 Ohm dirence sahip olan banyoda 3 kat daha fazla güç harcanacak ve dolayısıyla elektrik maliyeti 3 kat daha fazla olacaktır.

Bu örneğe bağlı olarak, GENELLİKLE KAPLAMA İŞLEMİNE HAZIRLIK VE KAPLAMADA YAPILAN SONLANDIRMA İŞLEMİNİN KAPLAMADA KULLANILANDAN DAHA FAZLA ELEKTRİK ENERJİSİ MALİYETİ VARDIR. BU NEDENLE BELLİ TİPTE BİR KAPLAMA BANYOSUNDA ELDE EDİLEN KAPLAMA SONUCUNA GÖRE ELEKTRİK MALİYETİ NADİREN ÖN PLANA ÇIKAR. Yine de enerji maliyeti bazı durumlarda önemli bir ekonomik faktördür ve bu nedenle bilinmesi gereklidir.

**TABLO 4. ELEKTRİKSEL BAĞINTILARIN ÖZETİ**

OHM KANUNU	ENERJİ	GÜÇ
$I = E / R$	$J = Q.E = I . E . t$	$W = (I.E.t) / t = I.E$
$R = E / I$	1 Watt = 1 Joule / sn	$W = I^2 . R$
$E = I . R$	1 kWh = 3.600.000 Joule	
	1 kWh = 1 Saatte 1.000 Watt	

#### ELEKTRİKSEL DİRENÇLERİN SERİ BAĞLANMASI



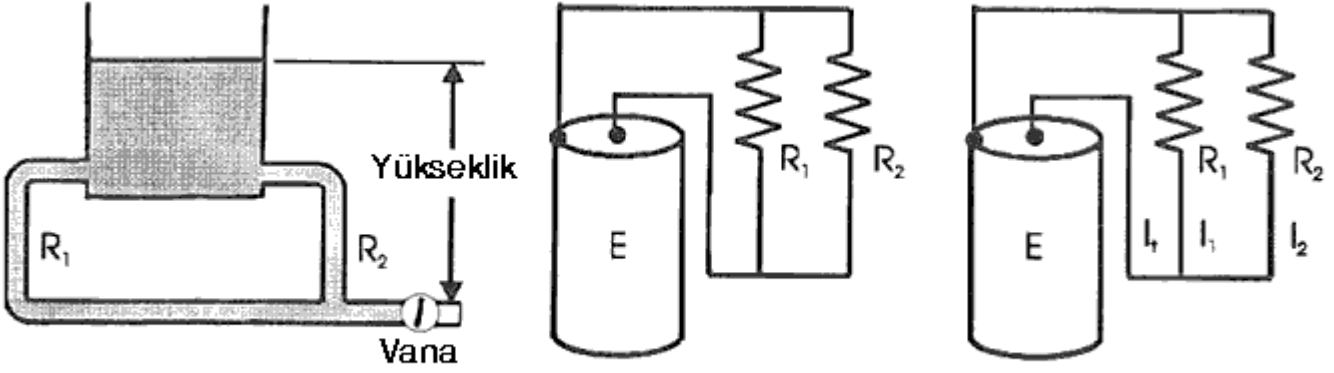
Şekil 17. Seri bağlı dirençler

Eğer belli bir dirence sahip belli uzunluktaki su borusunun uzunluğunu iki katına çıkarırsak, borunun suya karşı göstermiş olduğu direnci iki katına çıkarmış oluruz. Bunu deneylerle de kanıtlayabiliriz.

Aynı şekilde belli bir dirence sahip bakır bir kablonun uzunluğunu iki katına çıkarırsak, akımın geçtiği yolun uzunluğunu iki katına çıkarmak suretiyle direnci iki katına çıkarmış oluruz. Şekil 17' de gösterildiği üzere, devreye farklı uzunluklarda kabloların da eklenmesi, toplam dirence bu yeni kabloların dirençlerinin de eklenmesi sonucunu meydana getirir. Sembollerle ifade etmek gerekirse;  $R_t$  elektrik devresinin toplam direnci,  $r_1, r_2, r_3, \dots$  eklenen dirençler olmak üzere,

$$R_t = r_1 + r_2 + r_3 + \dots + r_n$$

#### ELEKTRİKSEL DİRENÇLERİN PARALEL BAĞLANMASI



Şekil 18. Paralel bağlı dirençler

Daha önce bahsedilen iki su borusunu seri yani uç uca bağlamak yerine, Şekil 18' de gösterildiği gibi paralel bağlarsak, suyun akacağı hacim iki katına çıkmış olur ve buna bağlı olarak da suyun akışına karşı gösterilen direnç yarı yarıya azalmış olur. Bu durumda aynı su basıncıyla akacak olan su miktarının iki katına çıktığını düşünürsünüz ki bu doğrudur.

Birbirine eşit iki direnci üzerlerinden ayrı ayrı akım geçecek şekilde yan yana bağladığımızda devreden geçen akım yani amperaj iki katına çıkar. Bu durum iki direncin paralel bağlanmasının en basit halidir. Bu iki dirençten birinin büyüklüğü diğerinin iki katı olursa toplam direnç nasıl hesaplanır? Yöntem oldukça basittir. Sağdaki şekli gözönüne alarak, ilk kablodan akan akım, dirençlerin üzerinden geçen akımların toplamına eşit olmalıdır (ENERJİNİN 1 NO.LU NİTELİĞİ). Eğer  $I_t$  devredeki toplam akımı ifade ederse (yani ana kablodan akan akım) ve  $I_1$  ile  $I_2$  de  $R_1$  ve  $R_2$  dirençleri üzerinden geçen akım ise,

$$I_t = I_1 + I_2 \quad \text{dir.}$$

Fakat 1 ve 2 no.lu kablolar birlikte bağlandığı için, yani başlangıç ve bitiş noktaları aynı olduğu için bu iki kablonun ELEKTROMOTOR POTANSİYELİ veya GERİLİMİ (VOLTAJ) aynıdır. Buradan yola çıkarak, E 1 ve 2 no.lu kabloların gerilimini ve  $R_1$  ile  $R_2$  dirençleri göstermek üzere,

$$I_t = E / R_1 + E / R_2 \quad \text{yazılabilir.}$$

Ohm Kanunu'ndan  $I_t = E / R_t$  olduğu görülür. Fakat  $R_t$  1 ve 2 no.lu kabloların toplam direncini göstermek üzere, bu aynı zamanda

$$E / R_t = E / R_1 + E / R_2 \quad \text{olarak da gösterilebilir.}$$

Sol ve sağ taraflarda E çarpanı olarak bulunduğu göre, her iki taraf sadeleştirilirse,

$$1 / R_t = 1 / R_1 + 1 / R_2$$

Aynı prensipten yola çıkarak, birden fazla direncin paralel bağlanması durumu için

$$1 / R_t = 1 / R_1 + 1 / R_2 + 1 / R_3 + 1 / R_4 + \dots + 1 / R_n$$

**ÖRNEK :** 1  $\Omega$  (Ohm), 2  $\Omega$  ve 3  $\Omega$  değerindeki üç direnç paralel bağlanmıştır. Toplam direnci bulun?

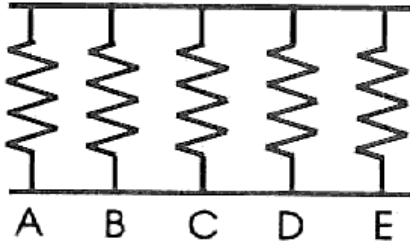
**ÇÖZÜM :** Yukarıdaki formülden

$$1 / R_t = (1 / 1) + (1 / 2) + (1 / 3) = 11 / 6 \quad (\text{Burada bulunan } R_t \text{ değil } 1 / R_t \text{ değeridir.})$$

$R_t = 6 / 11$  Ohm, veya bölme işlemini yaparsak  $R_t = 0,545$  Ohm olarak bulunur.

**PROBLEM 17 :** Sırasıyla 2 Ohm, 2 Ohm ve 4 Ohm değerindeki üç direnç paralel bağlanmışsa toplam direnci bulun?

**PROBLEM 18 :** \* Şekil 19' daki devrede A= 10 Ohm, B=100 Ohm, C=1000 Ohm, D=500 Ohm ve E=23 Ohm ise toplam direnç nedir?



Şekil 19. Direnç ağı

**PROBLEM 19 :** \* Kaplama banyonuzu gece çalıştırıyorsunuz ve 350 Ohm dirence ihtiyacınız olduğunu hesapladınız. Elinizde 1 adet 100 Ohm, 4 adet de 1000 Ohm' luk direnç var. Bu dirençleri nasıl bağlamalısınız ki size gereken büyüklükte bir direnç elde edebilesiniz?

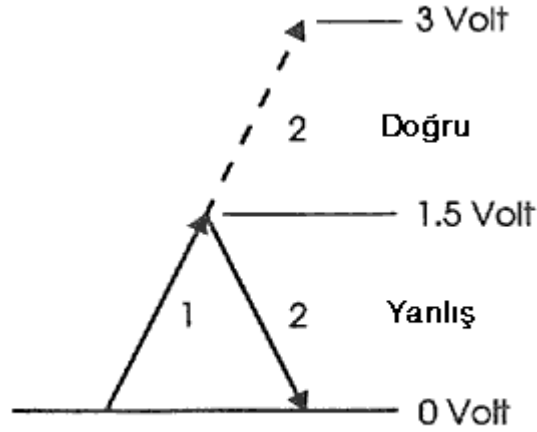
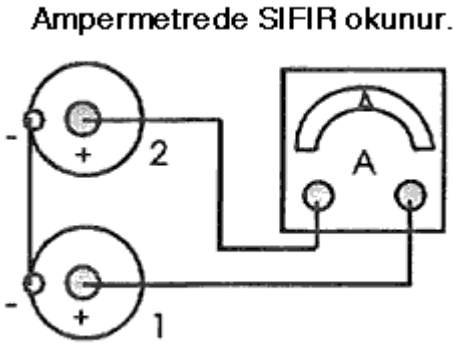
**PROBLEM 20 :** \* Toplam devre direncini 1 Ohm' dan 0,25 Ohm' a düşürmek için banyoya paralel bağlamanız gereken direncin büyüklüğü yaklaşık olarak nedir?

### ELEKTROMOTOR KUVVETLERİNİN SERİ BAĞLANMASI

Sayfa 4' te verilen tepedeki kaya örneğinde, eğer kayayı 300 metre yükseğe çıkarmak için 100 birim iş yapmak gerekiyorsa, 600 metre yükseğe çıkarmak için 200 birim iş yapmak gerekecektir. Diğer bir deyişle 600 metre yüksekliğe çıkarılarak kayanın POTANSİYEL ENERJİSİ 300 metredeki konumuna göre iki katına çıkarılmış olacaktır.

Bu örneğe benzer şekilde bir akü veya jeneratör de elektrik potansiyeline sahip olarak düşünülebilir. Aşağıda gösterildiği şekilde iki veya daha fazla kaynağı yönleri doğru olarak (artı eksi kutuplarına dikkat ederek) seri olarak bağlamak suretiyle elektriksel potansiyel iki katına çıkarılmış olur. Eğer iki adet 6 Volt' luk (6 Volt elektromotor potansiyeliyle sahip) akü seri bağlanırsa, 12 Volt' luk bir elektromotor potansiyel elde edilmiş olur. Bu da bize tüm doğru akım aküleri ve jeneratörlerinin seri bağlanması durumu için aşağıdaki basit bağıntıyı verir :

$$E_t = E_1 + E_2 + E_3 + \dots + E_n$$



Şekil 20. Ters bağlanmış gerilimler

Eğer doğru akım kaynaklarını elektromotor potansiyelleri birbirine zıt yönde olacak şekilde bağlarsanız, tıpkı bir kayayı önce 300 metre yukarı çıkarıp sonra 300 metre aşağı indirmeye denk bir sonuca neden olursunuz. Bu da kayanın yere göre potansiyelini YAPILAN İŞ NE OLURSA OLSUN değiştirmez. Eğer iki aküyü Şekil 20' deki gibi elektromotor potansiyelleri birbirini etkisiz hale getirecek şekilde bağlarsanız devreden

akım akmaz (elektriksel bir iş yapılmaz) çünkü elektromotor potansiyeli sıfıra düşer. Bir ampermetre ile bunu bir deney olarak yapabilir ve sonuçları ölçebilirsiniz.

**ÖRNEK :** İki akü doğru şekilde seri olarak bağlanmıştır. Akülerden biri 12 Volt, diğeri 3 Volt gerilim üretmektedir. Toplam gerilim kaç Volt' tur?

**ÇÖZÜM :** 12 + 3 = 15 Volt

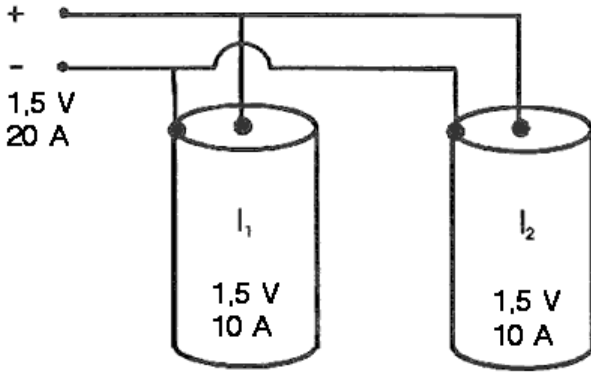
**ÖRNEK :** Bir kaplama banyosunda iki elektrik kaynağı gerilimleri birbirine ters yönde bağlanmıştır. Kaynaklardan birisi 6 V, diğeri ise 12 V gerilim uyguluyor. Kaplama tankındaki toplam gerilim ne olur?

**ÇÖZÜM :** 12 - 6 = 6 Volt

### ÇOK SAYIDA ELEKTROMOTOR KUVVETİNİN (EMK) PARALEL BAĞLANMASI

İki veya daha fazla sayıda elektromotor kuvvet kaynağını (EMK) Şekil 21' de görüldüğü gibi paralel bağladığımızda, iş yapan elektrik sisteminin kapasitesini arttırmış oluruz. Bu durum taş örneğindeki taşın durduğu yüksekliğin 2 veya 3 katına çıkmasına benzer. 2 veya 3 kat yüksekteki taşın iş yapma kapasitesinin 2-3 kat fazla olması gibi, seri bağlanan iki kaynak da elektriksel iş yapma kapasitesini 2 katına çıkarır.

$$\text{AKIM DEĞERİ} = \frac{\text{SÜRÜCÜ KUVVETİ}}{\text{SÜRÜCÜ KUVVETİNE KARŞI DİRENÇ}}$$



Voltaj aynı kalır.  
Amper kapasitesi iki katına çıkar.

Şekil 21. Paralel bağlı iki pil

İki aküyü seri bağlayarak potansiyeli veya sürücü kuvvetini iki katına çıkarmış olursunuz. Paralel bağladığınızda ise potansiyel (sürücü kuvveti) öncekiyle aynı kalır, akım iki katına çıkar.

Aynı potansiyele sahip iki veya daha fazla sayıda EMK paralel bağlanarak akım kapasiteleri birbirine eklenmiş olur.

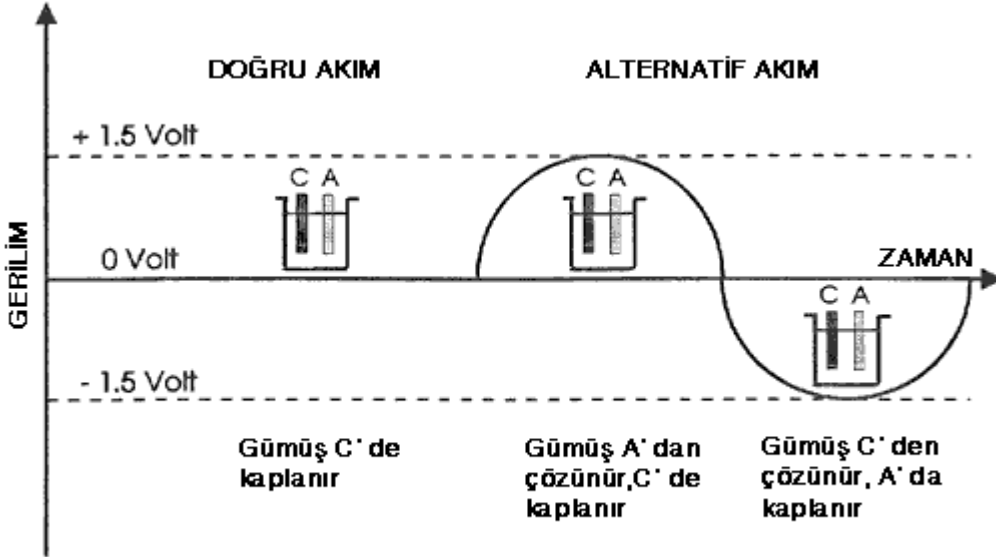
$$I_t = I_1 + I_2 + I_3 + I_4 + \dots + I_n$$

**ÖRNEK :** 30 Amperlik 3 adet jeneratör paralel bağlanırsa akımın maksimum değeri ne olur?

$$\text{ÇÖZÜM : } 30 + 30 + 30 = 90 \text{ A}$$

Elektrometal kaplamada DOĞRU AKIM <sup>11</sup> kullanılır. Elektrik enerjisini uzun mesafelerde iletmek için maliyetten tasarruf etmek amacıyla ALTERNATİF AKIM kullanılır. Şekil 22' de

görüldüğü gibi alternatif akımda sırayla önce kablonun bir ucu sonra diğer ucu pozitif olur. Bu tip akım



Şekil 22. DC akım ve AC akım

kaplama kullanılırken önce doğru akıma çevirilmelidir. Alternatif akımla kaplama yapılmaya çalışılırsa metal önce kaplanacak, akım yön değiştirdiğinde ise sökülecek ve böylece yapılan işlem boşa gitmiş olacaktır. Bu konu ilerde işlenecektir.

Kaplama konusuna geri dönelim. Elektrik konusundaki bu bölümü bitirmeden önce öğrendiklerinizi gözden geçirin, Ohm Kanunu' nu, seri ve paralel bağlı dirençleri iyice anladığınızdan emin olun.

### ÖZET

Ohm Kanunu

$$(10) \quad I = E / R$$

$$(11) \quad E = I \times R$$

$$(12) \quad R = E / I$$

Seri bağlı dirençler

$$R_t = r_1 + r_2 + r_3 + \dots + r_n$$

Paralel bağlı dirençler

$$1 / R_t = 1 / R_1 + 1 / R_2 + \dots + 1 / R_n$$

Harcanan enerji

$$(13) \quad J = Q \times E$$

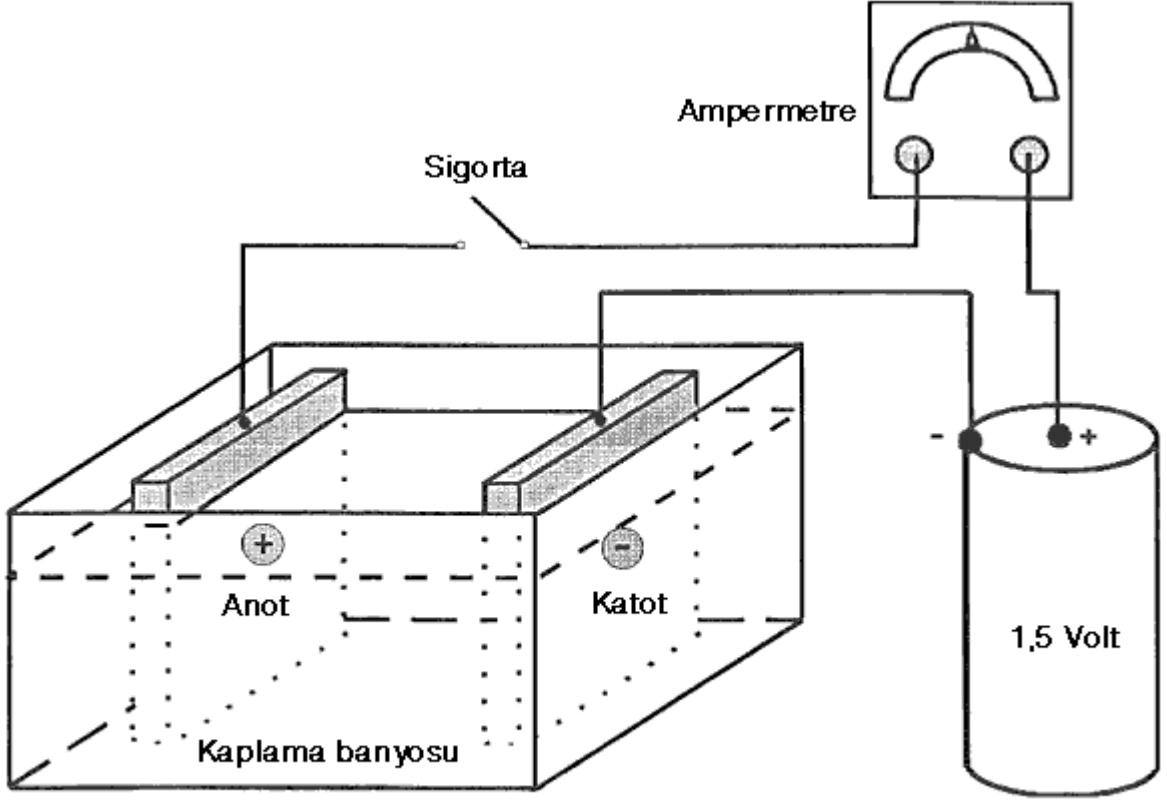
Harcanan güç

$$(15) \quad W = IE = I^2R$$

### KAPLAMA BANYOSU NEDİR?

Elektrokaplama, elektrik enerjisi kullanarak çözeltideki metali bir yüzeye kaplama işi olduğuna göre basit bir kaplama banyosu içinde elektriği ileten çözünmüş metal tuzu veya bileşiği bulunduran bir tanktır. Bu bir kaplama banyosunun temel ve asıl gerekli olan özelliğidir fakat bu gerekliliklerin sağlanması iyi bir metal kaplama sonucu elde etmek için yeterli değildir.

Buna göre bir kaplama banyosu elektriği ileten çözünmüş metal tuzu veya bileşiği ve elektrik enerjisini çözeltiye iletmek için iki elektrot içerir.



Şekil 23. Basit bir banyo düzeni

Şekil 23' teki kaplama banyosu cam bir tankın içinde çözülmüş olan bakır sülfat çözeltisi (mavi vitriol kristalleri) ve iki tipik bakır elektrottan oluşur. Akünün negatif (eksi) kutbuna bağlanan elektrot **KATOT**, pozitif (artı) kutbuna bağlanan elektrot **ANOT** olarak adlandırılır. Bu iki terimi unutmayın!

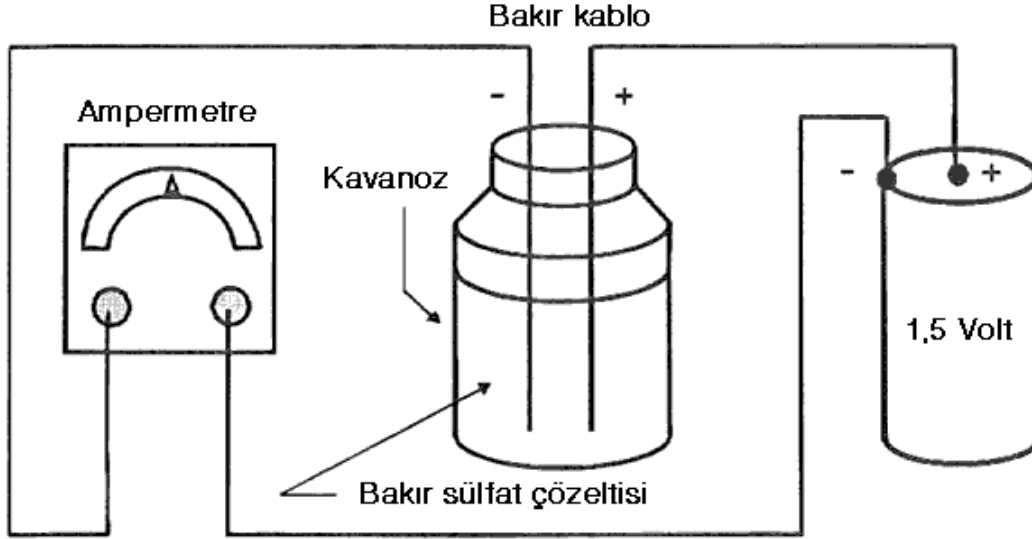
Anahtar kapatılıp devreye elektrik verildiğinde ampermetreye bakılarak akım aktığı görülebilir. Katotta bakır metali kaplanmaya anotta ise çözülmeye başlar. **BÜTÜN KAPLAMA BANYOLARININ DEĞİŞMEYEN ÖZELLİĞİ : METAL KATOTTA KAPLANIR, ANOTTAN İSE METAL ÇÖZÜNÜR.**<sup>12</sup> KATOT veya doğru akım kaynağının eksi kutbuna bağlanan METAL PLAKA dışında başka bir yerde METAL KAPLANMAZ. Bu davranışın nedenini bilmemiz gerekli değildir. METALİN SADECE KATOTTA KAPLANACAĞINI bilmemiz kafidir.

Kaplanmak istenen levhayı KATODA yerleştirerek SADECE LEVHANIN KAPLANMASINI sağlayabilirsiniz.

Elektrokaplamanın tanımındaki ikinci önemli husus da, elektrik enerjisi ile çözeltideki metalin KONTROLLÜ ve YÖNLENDİRİLMİŞ şekilde kaplanmasıdır.

#### DENEY 4 :

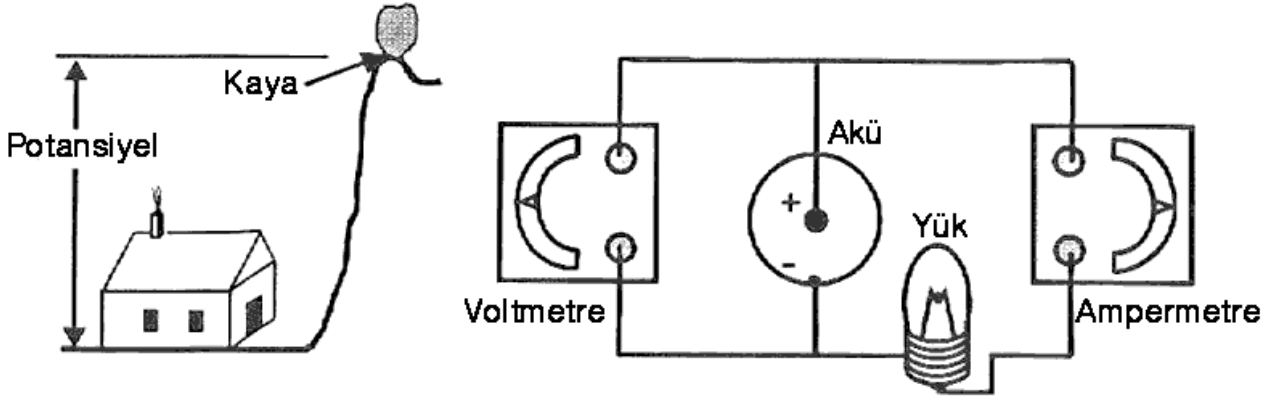
1. 4 ons (113,4 gr.) kristal bakır sülfatı (mavi vitrol) 0,550 litrelik bir kavanozda çözün ve kavanozu 3/4' üne kadar suyla tamamlayın (bakır tuzunun daha hızlı çözünmesi için suyu biraz ısıtıp öyle katın.)
2. Φ18 bakır kabloyu Şekil 24' teki gibi ampermetreye ve 1,5 V' luk pile bağlayın.
3. Pilin artı kutbuna bağlanan ve ampermetrenin eksi kutbuna bağlanmış kabloların uçlarını soyun.
4. Pilden gelen kablounun çıplak ucunu çözeltiye en az 5 cm kadar daldırın.
5. Ampermetreden gelen kabloyu da diğer kablo gibi çözeltiye daldırın, bu esnada ampermetreyi de gözlemleyin ve kabloların arasındaki mesafenin 7-8 cm.den az olmamasına dikkat edin. 10-15 dakika sonra kabloları çıkarın ve kontrol edin.



Şekil 24. Basit bir bakır kaplama deneyi

**SORU :** Hangi kabloda çözülme olmuştur? Hangi kabloya bakır kaplanmıştır?

Not : AMPERMETRE <sup>13</sup> DAİMA banyoya SERİ bağlanır. Ampermetre elektrik akımının büyüklüğünü ölçer. Öte yandan VOLTMETRE elektrik potansiyelini ölçer ve bu yüzden kaynak uçlarına veya banyonun iki ucuna PARALEL bağlanır. Voltmetre bir bakıma kayanın yerden yüksekliğini ölçmekle aynı işi yapar (Şekil 25).



**Voltmetre elektrik potansiyelini, Ampermetre yükten (kaplama banyosu veya lamba) akan akımı ölçer**

Şekil 25. Ampermetre ve Voltmetre

Deney 4' ten bakır metalinin akünün EKSI kutbuna bağlı olan kabloya kaplandığı sonucunu çıkarırız.

**DENEY 5 :**

1. 227 gr. sodyum karbonatı (yıkamış soda) 0,550 litrelik bir kavanozda ılık suda çözün.
2. Önceki deney düzeneğindeki bakır sülfat çözeltisi bulunan kavanozun yerine bunu kullanın ve bakır kabloları önceki deneydeki gibi yerleştirin.

Kabloları kavanoza yerleştirir yerleştirmeyen pilin eksi kutbuna bağlanmış kablunun etrafındaki kuvvetli bir kabarcıklanma oluştuğuna ve ampermetrede okunan değer diğer deneydekinden daha yüksek olduğuna dikkat edin. Akımdaki bu yükselmenin sebebi nedir? Kavanoza uygulanan gerilim önceki deneydekini aynı olduğuna göre bu çözeltinin ELEKTRİKSEL DİRENCİNİN DAHA DÜŞÜK olduğu sonucunu çıkarabilir miyiz? ( $I=E/R$  olduğunu hatırlayın.)

### BİR KAPLAMA BANYOSUNDA NE OLUR?

Eğer önceki iki deneyi anlatılan şekilde yapmışsanız çözeltiye elektrik verildiğinde iletileceğini ve ayrışma işlemi (maddenin bileşenlerine ayrılması kimyasal reaksiyonu) ile karbonat veya bakır sülfat çözeltisinde kabarcıklanma oluşacağını bilirsiniz.

Öte yandan bakır bir kablodan akım geçtiğinde önceden olduğu gibi aynı kalır. Yapısında herhangi bir ayrışma veya madde transferi gözlenmez.

Metalik iletkenlik ile çözelti iletkenliği arasında açıkça belli olan bir fark vardır.

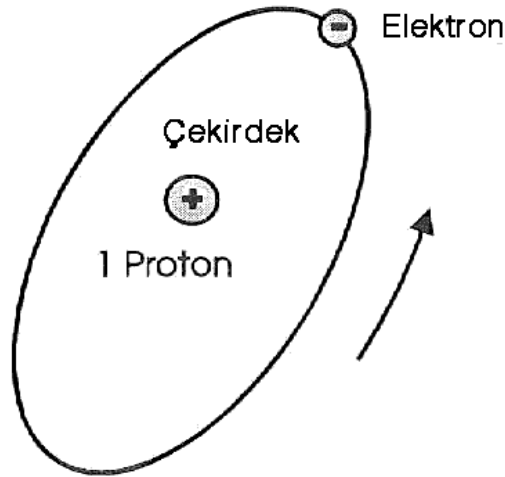
BİRİNCİ SINIF İLETKEN veya ELEKTRONİK İLETKEN olarak adlandırılan bakır, diğer tüm metaller, metal alaşımları ve karbon elektriği iletirken yapılarında bir ayrışma meydana gelmez. Elektriği iletirken yapısında ayrışma oluşan çözeltiler ve bazı katı maddeler ise İKİNCİ SINIF İLETKEN veya İYONİK İLETKEN olarak adlandırılır.

Bu noktada doğal olarak aklınıza şu soru gelebilir : Bu davranış farklılığının sebebi nedir?

### ATOM, İYON VE ELEKTRİK

İster ELEMENT adı verilen tek tür atomdan oluşan, isterse BİLEŞİK olarak adlandırılan ve birkaç tür atomun birleşmesiyle meydana gelen olsun bütün maddeler, güçlü elektriksel ve tam olarak açıklanamamış çekirdek kuvvetleri (nükleer kuvvet) tarafından birarada tutulur. Madde bu kuvvetlerin etkisiyle ve kullanılabilir enerjinin tümünü harcayarak (EN DÜŞÜK ENERJİ PRENSİBİ) çevresel etkilere göre KARARLI bir yapıya sahip olacak şekilde yapısını düzenler. Bazı durumlarda ortaya çıkan, kullanılabilir enerjinin tümünün harcanmış olmaması durumunda maddenin yapısı KARARSIZ haldedir ve dışarıdan bir etkiye ihtiyaç duymadan, kendiliğinden daha KARARLI hale geçmeye çalışır <sup>14</sup>. Ya da madde tam kararsız olmayan YARI KARARLI bir haldedir ki bu durumdaki madde kararlı hale geçmeye yaklaşmıştır ve çok yakında ulaşacaktır.

Maddenin gözlemlenebilen en küçük hali olan ATOM kabaca güneş sisteminin minyatürü olarak düşünülebilir ki, güneşin yerinde ARTI YÜKLÜ, PROTON adı verilen parçacıklar ve YÜKSÜZ, NÖTRON <sup>15</sup> adı verilen parçacıklardan oluşan ağır bir ÇEKİRDEK vardır (Çekirdeğin yapısında daha başka parçacıklar da bulunmasına rağmen ağırlığına etki etmeyecek kadar küçüktürler, bu ikisinin bilinmesi yeterlidir). Güneşin etrafında dönen gezegenlere benzer şekilde bu çekirdeğin etrafında dönen, EKSİ YÜKLÜ ve kütlesi protonun kütlesinin yaklaşık 1/1800'ü kadar olan ELEKTRON adı verilen parçacıklar bulunur.



Şekil 26. Hidrojen atomunun yapısı

Çekirdekte her durumda proton var olacağından çekirdek NET POZİTİF (ARTI) YÜKE sahiptir. BİR ATOM ÇEKİRDEĞİNDEKİ POZİTİF ELEKTRİKSEL YÜKÜ DENGELYEYECEK SAYIDA NEGATİF YÜKLÜ ELEKTRON İÇERİR.

Şekil 26' daki yerleşim tüm elementlerin içinde en basit yapıya sahip olan HİDROJEN atomuna aittir. Genellikle gaz halindedir ve düşük yoğunluğu dolayısıyla balon şişirmek için kullanılır. Çekirdeğinde BİR PROTON ve etrafında dönen BİR ELEKTRON vardır. Bu iki elektriksel yük mükemmel dengelidir, biri diğerini nötralize eder. BÜTÜN ELEMENTLER AYNI YAPIDADIR : ARTI (POZİTİF) YÜKE SAHİP BİR ÇEKİRDEK, ÇEKİRDEĞİN ETRAFINDA DÖNEN VE ELEKTRİKSEL OLARAK ÇEKİRDEĞİN YÜKÜNÜ NÖTRALİZE EDECEK MİKTARDA EKSİ (NEGATİF) YÜKLÜ ELEKTRON. Bu nedenle bakır elementinin çekirdeğinde 29 proton ve çekirdek etrafındaki değişik yörüngelerdeki (kabuk veya katmanlarda) bulutsu yapılar da gruplaşmış olarak dönen 29 elektron bulunur.

Bir atom çekirdeğindeki PROTON SAYISI, ATOM NUMARASI olarak adlandırılır (Atom numarası aynı zamanda elektron sayısına eşittir). Hidrojen' den (1) Lavrensiyum' a kadar (103) her elementin atom numarası farklıdır.

Çekirdekdeki PROTON sayısı ile NÖTRON sayısının toplamı elementin ATOM AĞIRLIĞI' nı verir. Elektronların da kütlesi vardır fakat proton ve nötronla karşılaştırıldığında atomik ağırlığa olan katkıları ihmal edilebilecek kadar küçüktür. Bir örnek verecek olursak, Hidrojen' in atom ağırlığı 1, Oksijeninki ise 16' dır. Bu oksijen atomunun hidrojen atomundan 16 kat daha ağır olduğu manasına gelir. Bu yalnızca izafi ağırlıktır, kesin ağırlık değildir <sup>16</sup>. Bugün bu konu işlenmeyecektir ama KARBON atomunun ağırlığı 12 ATOMİK KÜTLE BİRİMİ <sup>17</sup> olarak kabul edilmiş ve diğer atom ağırlıkları karbondan türetilmiştir.

Atomun yapısına geri dönersek, elektronların ve çekirdeğin yapısındaki zıt elektriksel güçler birbirini çeker. Öte yandan çekirdeğin etrafında dönen elektronlar MERKEZKAÇ KUVVETİNİN etkisiyle çekirdekten uzağa itilirler (Arabanızla hızlı bir şekilde viraj alırken arabayı yolun dışına çıkmaya zorlayan kuvvet de aynıdır). EN DÜŞÜK SERBEST ENERJİ özelliği açısından ele alındığında (enerjinin 4 no.lu niteliği) MERKEZKAÇ kuvveti ELEKTRİKSEL ÇEKİM kuvvetini DENGELER. Elektronlar çekirdeğe bu DENGELİ UZAKLIĞINDAN daha yakınına gelemezler çünkü eğer daha fazla yaklaşırsalar negatif yüklü elektronlar birbirlerini iterler.

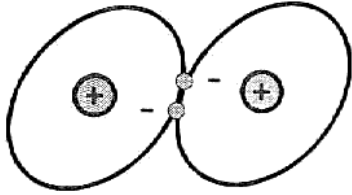
Bu arada henüz açıklanamamış olan ve çok küçük mesafelerde etkisini gösteren ÇEKİRDEK İTME KUVVETİ örneğin hidrojen atomu elektronunun kendi çekirdeği ile çarpışmasını çoğunlukla engeller. Eğer elektronlar çekirdekten biraz uzaklaşırsa MERKEZKAÇ KUVVETİ zayıflar, ELEKTRİKSEL ÇEKİM KUVVETİ devreye girer ve elektronları DENGELİ yörüngelerine geri çeker. Bu şekilde atomu oluşturan parçacıklar bir arada kalmaya devam eder. Bütün bu açıklananlara rağmen bir elektronun doğru koşullar sağlandığında atom çekirdeğinden kaçmasının çekirdeğin üzerine düşmesinden daha kolay olduğunuza sizin de düşündüğünüzden eminim.

Peki maddelerin örneğin bakırın tek parça halinde olmasını sağlayan güç nedir? Bu konu hakkında biraz bilgi sahibi olmanız, elektrokaplama işi maddeyi bileşenlerine ayırmakla da ilgili olduğu için önemlidir : Elektrokaplama bir bileşikte çözülmüş halde bulunan metali bileşiğin geri kalanından ayırıp istenen yüzeye kaplama işidir.

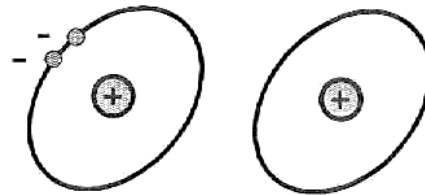
### MADDEYİ BİRARADA TUTAN GÜÇ

Günümüzde bilindiği kadarıyla doğadaki elektriksel kuvvetler atomları birarada tutan bir nevi zıtlıktır gibidir. Bu zıtlık içerdiği kuvvetin doğasına bağlı olarak çeşitli özelliklerde ve değişik şekillerde olabilir. Kullanım kolaylığı sağlaması için bu kuvvetler aşağıdaki şekilde sınıflandırılabilirler :

- KOVALENT BAĞ
- POLARİZASYON BAĞI (ZAYIF BAĞ)
- METALİK BAĞ
- İYONİK BAĞ



Kovalent bağlı hidrojen atomları molekül oluşturur



Anlık iyonik bağ

Soldaki bağ normal düzenlemeyi gösterir, sağdaki bağ ise nadiren meydana gelir

Şekil 27. Hidrojen molekülü

Kullanım kolaylığı sağlaması için sınıflandırmanın bu şekilde yapıldığını söylemiştim. Bu bağlardan yalnızca birine sahip bir madde çeşidi muhtemelen mevcut değildir. Bu nedenle metallerde sadece metalik bağ değil, aynı zamanda az miktarda kovalent bağ ve iyonik bağ da bulunur. Atomları birarada tutan kuvvetleri inceleyeceğimiz bölümlerde bu hususu gözönünde bulundurun.

### KOVALENT BAĞ – ELEKTRONLARIN PAYLAŞILMASI

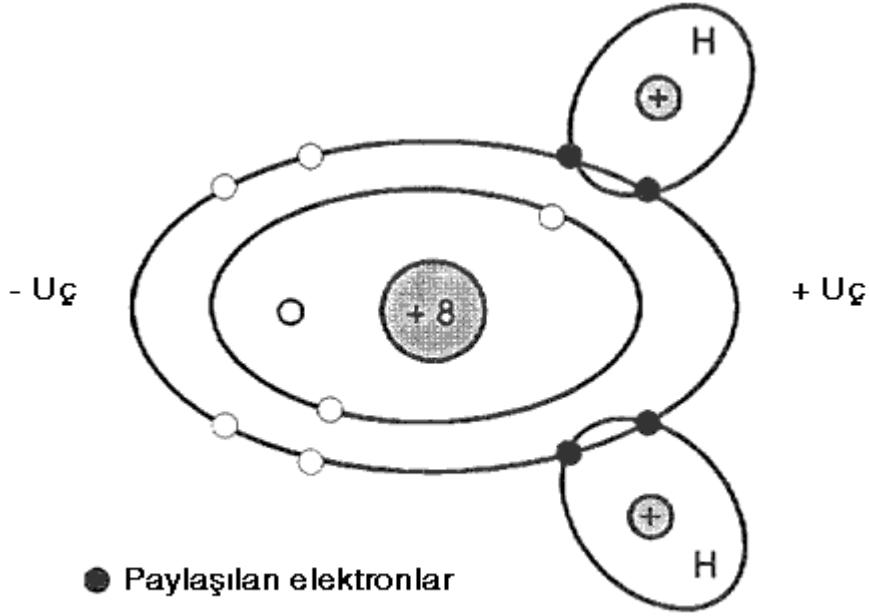
Biraz önce belirttiğimiz gibi, elektronlar çekirdeğin etrafında hayalimizde kabuk gibi canlandırabileceğimiz, derinin veya soğanın katmanlarına benzer uzay bölgelerinde dönerler. İlk bölge veya kabukta en fazla 2 elektron için yer vardır. İkinci kabukta 8 elektron, üçüncü kabukta 18 elektron için yer vardır. İlk bölgede iki elektron varken serbest enerji olabilecek en düşük değeri alır. Bu nedenle atom çok kararlı bir haldedir. HELYUM gazının atom yapısı tam olarak böyledir ve kimyasal reaksiyonlara karşı aşırı tepkisizdir. Benzer şekilde ikinci kabuktaki elektron sayısı 8' e tamamlandığında ikinci kez atomun sahip olduğu serbest enerji en düşük değeri alacak şekilde düzenlenmiş olur. NEON gazının (tabela ve sokak lambalarında kullanılır) atom yapısı bu şekildedir ve kimyasal reaksiyonlara çok tepkisizdir.

İkinci kabuğun 8 elektrona tamamlanmış olduğu durum, ilk kabuğun 2 elektrona tamamlanmış olduğu duruma göre biraz daha az kararlıdır. Bu nedenle elektron sayısı 2 veya 8' den az olan atomlar, kendi aralarında elektron paylaşmak suretiyle düşük enerjili duruma ulaşmaya çalışırlar.



Örnek olarak Şekil 27' deki HİDROJEN ATOMUNU gözönüne alırsanız, ilk kabukta sadece 1 elektron bulunmaktadır. Eğer iki elektrona tamamlarsa en düşük serbest enerjili hale geçecektir fakat bunu yapabilmesi için bir elektrona daha ihtiyacı vardır. Bu nedenle aynı durumdaki komşu atomla birer elektronlarını ortak kullanmak suretiyle kararlı HİDROJEN MOLEKÜLÜ durumuna geçerler.

Çoğu zaman iki elektron atomlara göre daha kararlı yapıdaki MOLEKÜL diye bahsettiğimiz artı yüklü iki adet çekirdeğin etrafında dönerler. Karşılıklı olarak elektronlarını paylaşan iki atomun yaptığı bu çeşit bağa KOVALENT BAĞ denir.



Şekil 28. Kovalent bağ (Su)<sup>19</sup>

SU MOLEKÜLÜ (H<sub>2</sub>O) kovalent bağ ile oluşan moleküllere bir diğer örnektir. Oksijenin en dış kabuğunda yalnızca 6 elektron bulunur. Oksijen atomu 2 hidrojen atomuyla birer elektronunu ortak kullanarak bağlanmak suretiyle kabuktaki elektron sayısını 8' e tamamlar. Her bir hidrojen atomu da oksijen atomuyla ortak kullandıkları birer elektron sayesinde kabuklarındaki elektron sayısını 2' ye tamamlamış olurlar. Daha iyi anlamak için Şekil 28' e bakın.<sup>18</sup>

Elmas (karbon) kristali katı kovalent düzenlemeye bir örnektir. KARBON en dış

kabuğunda 4 elektrona sahiptir. Komşu dört karbon atomuyla birer elektronlarını paylaşarak her biri dış kabuklarındaki elektron sayılarını 8' e tamamlarlar ve belirli koşullar sağlandığında çok kuvvetli ve sert yapıdaki ELMAS haline gelebilen karbon molekülünü oluştururlar.

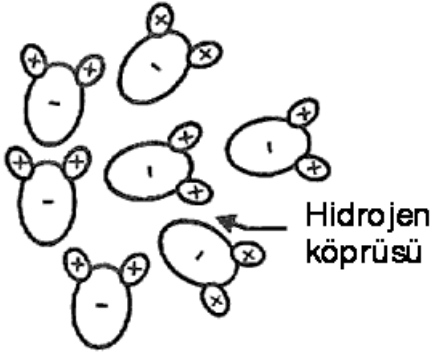
KOVALENT BAĞLI KİMYASAL YAPILAR ELEKTRİĞİ ÇOK KÖTÜ İLETİRLER. Saf su gibi elmas da çok yüksek bir elektriksel dirence sahiptir. Metalik bağ konusunu işlerken bu davranışın nedenini göreceksiniz.

### POLARİZASYON BAĞI (KUTUPSAL BAĞ – ZAYIF BAĞ – VAN DER WAALS BAĞI)

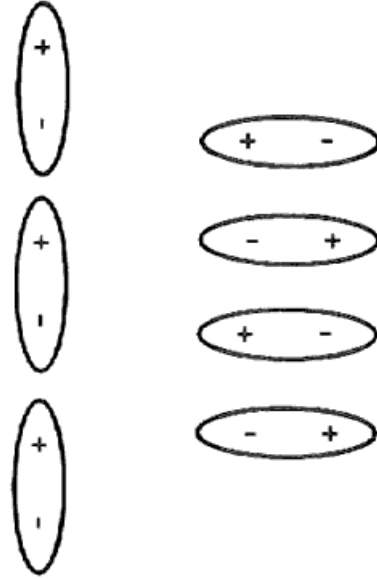
Eğer su molekülü (H<sub>2</sub>O) kararlı yapıda bir düzenlemeye sahip olsaydı tek bir molekül kendi başına kararlı yapısını koruyacak (kendi ayakları üzerinde duracak) ve diğer su molekülleriyle bağ oluşturmayacaktı. Fakat günlük hayatımızdan bildiğimiz üzere durum böyle değildir. Moleküllerin birbirine yapışmasının nedeni en iyi Şekil 29 ile açıklanabilir. Gördüğümüz gibi kendi içinde elektriksel bakımdan dengeli olan her su molekülü bir diğerinden farklı yönlerde bakmaktadır. Bacaklar (molekülü oluşturan hidrojen atomları) gövdeye (oksijen atomuna) nisbetle artı yüklüdür ve bu nedenle her bacak diğer bir molekülün negatif yüklü gövdesine doğru yönelmiştir. Damla, göl, deniz bu nedenle bir arada durmaktadır.

Gazlarda ve diğer bazı molekül çeşitlerinde elektronlar çekirdek etrafında hareket ettiği gibi, herhangi bir anda bir atomdan diğerine sıçraması da mümkündür. Bu davranış molekülün anlık olarak elektriksel açıdan dengesiz hale gelmesine neden olur ve dengesizlik ortamdaki moleküllerin birinden diğerine iletilir (Neden?)<sup>19</sup> (Şekil 30' a bakın). MOLEKÜLLERİN KUTUPLAŞMIŞ (POLARİZE) olduğunu söyleyebiliriz. Bundan dolayı, zıt kutuplar birbirini çektiği için her biri diğerini (oldukça zayıf bir kuvvetle) çeker.

ELEKTRİK DENGESİNİN GEOMETRİSİNDEKİ ANLIK VEYA SÜREKLİ DENGESİZLİKTEN KAYNAKLANAN MOLEKÜLLER ARASINDAKİ ÇEKİM KUVVETİ POLARİZASYON BAĞI veya VAN DER WAALS BAĞI OLARAK BİLİNİR.



Şekil 29. Su molekülleri nasıl birarada kalır?



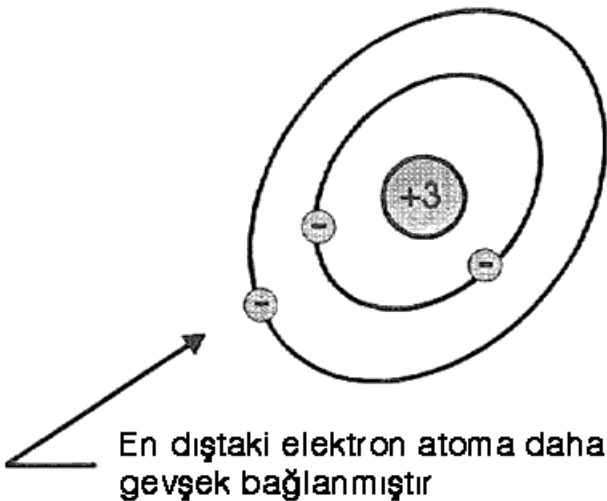
Şekil 30. Kutupsal bağ formları

Bazı katı maddeler dahi bu tip kuvvetle birarada kalır. İYOT kristallerini örnek verebiliriz. Bunun zayıf bir bağ olduğunu söyleyebiliriz çünkü iyot kolayca gaz haline geçer. Gaz halindeki moleküller birbirine daha uzaktır ve aralarındaki çekim kuvveti de daha zayıftır.

### METALİK BAĞ

Metalik bağ kovalent bağın (elektronların paylaşılması) uç bir örneğidir. Her metal atomu çevresindeki metal atomlarıyla elektron paylaşır. Bunun nedeni aşağıda açıklanmıştır.

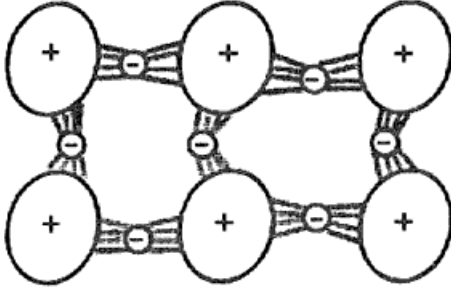
Bir metal atomunun çekirdeği etrafında dönen dış yörüngesindeki elektronlar çekirdekten uzak oldukları ve çekirdekle aralarında daha yakın elektronların oluşturduğu bir zırh bulunduğu için, çekirdek tarafından uygulanan çekim kuvveti yakın elektronlara uygulanan kadar kuvvetli değildir. Ne demek istediğimizi anlamak için Şekil 31’ de gösterilmiş olan LİTYUM atomunun diyagramına bakın. En dıştaki elektronun diğerleri atoma diğerleri kadar sıkı bağlı olmadığı aşikardır ve doğru şartlar sağlandığında atomdan atılabilir. Bu bir hafif metale örnektir. Ağır metallerde elektron sayısı daha fazladır, dış elektronlara daha zayıf çekim kuvveti uygulanır ve atomdan kopma eğilimi daha fazladır.



Şekil 31. Lityum atomu

Metali atomları biraraya geldiğinde dış yörüngelerdeki (kabuklardaki) atoma gevşek bağlı elektronlar atomdan koparak serbest kalır, atomun geri kalan kısmının toplam yükü ARTI olur (toplam yükü artı veya eksi olan herhangi bir atom İYON olarak adlandırılır). Bu pozitif yüklü atomlar (iyonlar) ELEKTRON GAZI denilen bu serbest elektronları paylaşarak aralarında elektriksel bağ oluştururlar ve birarada kalmalarını sağlarlar. (Gaz olarak düşünebiliriz çünkü ortak paylaşılan bu elektronlar çok yüksek hareket serbestisine sahiptirler). Bu “zamkın” nasıl oluştuğunu Şekil 32’ de kabaca görebiliriz. Belli bir süre bu “serbest” elektronlar ortamda dolaşır, pozitif iyonların çekim kuvvetini dengeler, fakat öyle bir an gelir ki artık bu elektrona komşu iyonun elektronu imiş gibi davranılır. Kabaca tanımlarsak, paylaşılan bu “serbest” elektronlar maddenin birarada tutulmasını sağlar ve METALİK BAĞ’ ın temel ilkesi budur.

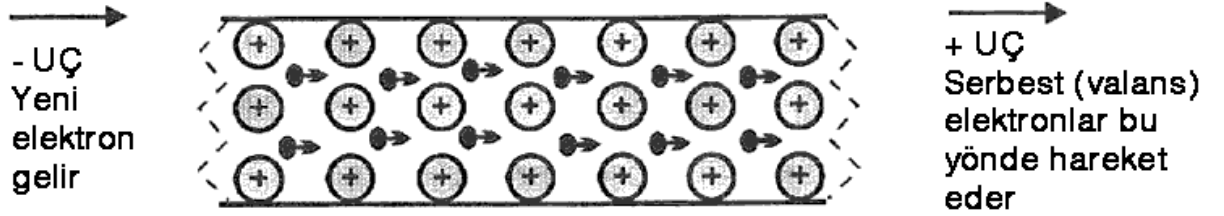
Örnek olarak bir parça bakırı ele alırsak, bu konunun başında değindiğimiz gibi kullanılabilir enerjinin tümünü harcamış olan (SERBEST ENERJİ PRENSİBİ) bakır İYONLARI düzenli bir yapıdadır (KAFES YAPISI) <sup>20</sup>. “Serbest” elektronlar bu düzenli yapının içinde gezinmekte veya metalik İYON düzeninde bulunmaktadır (kağıttan yapılmış kübik bir yapı olarak gözünüzde canlandırabilirsiniz).



— (çizgiler) artı yüklü metal iyonları ile dıştaki serbest elektronlar arasındaki elektrik kuvvet çizgilerini gösterir

Şekil 32. Metalik bağ

Bakır bir kablonun bir ucunda Şekil 33' te gösterildiği gibi artı (pozitif) elektrik yükü olduğunu düşünün. Diğer ucuna eksi (negatif) elektrik yükü örneğin akü bağlayabiliriz. Açıkça anlaşılacağı gibi, eksi yük taşıyan serbest elektronlar pozitif iyonların zayıf çekim gücünden kurtulup kablunun artı ucundaki kuvvetli artı yük tarafından çekilecek ve o uca doğru hareket edecek veya sürüklenecektir. Bu da sırasıyla boşalan elektronların yerine yakın olandan başlayarak en uzaktaki elektronların boşluğu dolduracak şekilde sürüklenerek yer değiştirmesine neden olur ve son elektron boşluğu da doldurulduğunda sonuçta ortaya akan bir "elektrik akımı" çıkar.



⊕ Göreceli olarak düzenli bakır iyonları

• Hareketli "zamk" (valans) elektronları

Şekil 33. Elektrik akımını ileten bakır kablodan bir kesit

Kablodaki serbest elektronlar hiçbir zaman bitmeyecektir çünkü aküden veya redresörden gelen "taze" elektronlar kablunun artı ucuna doğru akmaya devam edecektir. Bu "sürüklenme" esnasında kablodaki serbest elektronların hepsi hareket edemez. Çoğu hareket etmeye çalışır fakat bakır iyonlarının çekirdeğine yakın olan iç kabuklarındaki elektronlar engellenirler ve tekrar iyonla geri bağlanırlar. Yine de akımın sürekli olması başarıyla sağlanabilir.

Elektronların bu akışı elektriğin METALİK İLETİMİNİN esasıdır. ELEKTRİKSEL OLARAK YÜKLÜ HERHANGİ BİR PARÇANIN HAREKETİ ELEKTRİK AKIMININ DEVAMINI SAĞLAR. Elektriğin bu şekilde elektron hareketiyle iletilmesine ELEKTRONİK İLETİM denir.

Bakırın içinde hareket eden eksi yüklü bu parçacıklar yapısında herhangi bir bozulmaya yol açmaz çünkü elektrik akımı akarken bile bakır iyonları elektriksel olarak denge halini korurlar ve kablunun toplam elektron sayısında hiçbir zaman bir azalma olmaz. Bu nedenle bakır iyonları arasındaki bağlarda bir zayıflama olmaz.

BİR METALİK İLETKENDEN ELEKTRİK AKIMI GEÇEN ELEKTRİK AKIMI İLETKENİN YAPISINA ETKİ ETMEZ.

Bu durumu büyük çakıl taşlarının üzerinden su akmasına benzetebiliriz. Su akarken hiçbir çakıl taşı hareket etmez. <sup>21</sup> Eğer taşlar düzgün diziliyorsa su kolayca akar. Taşların dizilimi herhangi bir sebeple bozulursa su daha zor akar ve akıma gösterilen direncin büyük olduğundan söz ederiz. Bir metal ısındığında meydana gelen de budur. Metal iyonları ısı enerjisini absorbe ederek daha çok hareket etmeye başlarlar, böylece eski düzenli durumları bozulur ve elektron akımının kolayca geçtiği bazı yolları kapatırlar. Sonuçta elektriksel direnç artmış olur. Metal iyonları düşük sıcaklıklarda düzenli haldeki yerlerini çok az değiştirirler, bu nedenle düşük sıcaklıklarda elektriksel direnç yüksek sıcaklıktakine göre daha düşüktür.

Yabancı atomlar da iyon yapısının düzenini bozar ve metalin yapısını zorlar böylece elektriksel direncin yükselmesine yol açar. Saf bakır oldukça iyi bir iletkenidir. Eğer yapısına az miktarda başka bir metal karışırsa direnci büyük oranda yükselir. (Örnek : %1 kadmiyum karışması direnci %20 artırır.)

Artık "serbest" elektron aracılığıyla metallerin elektriğini nasıl iletildiğini anladığınıza göre, atomları birbirine KOVALENT BAĞ ile bağlanmış su veya elmas gibi maddelerin neden elektriği iletmediklerini yani YALITKAN (veya DIELEKTRİK) olduklarını da anlayabilirsiniz.

Kovalent bağlı atomların ortak kullandıkları elektronlar atomlara çok kuvvetli bağlanmışlardır. Tabiri caizse boşlukta asılı dururlar. Elmasın yapısındaki her bir karbon atomu komşu dört karbon atomuyla birer elektronlarını ortak kullanırlar. <sup>22</sup>

Bu basit durumda elektronlar sıkı sıkıya bağlandıklarından metaldeki serbest elektronlar gibi atomdan kopamazlar. Su moleküllerindeki durum da buradaki kadar kuvvetli olmasa da aynıdır. EĞER ELEKTRONLAR HAREKET EDEMEZLERSE ELEKTRİK İLETİMİNDEN SÖZ EDİLEMEZ.

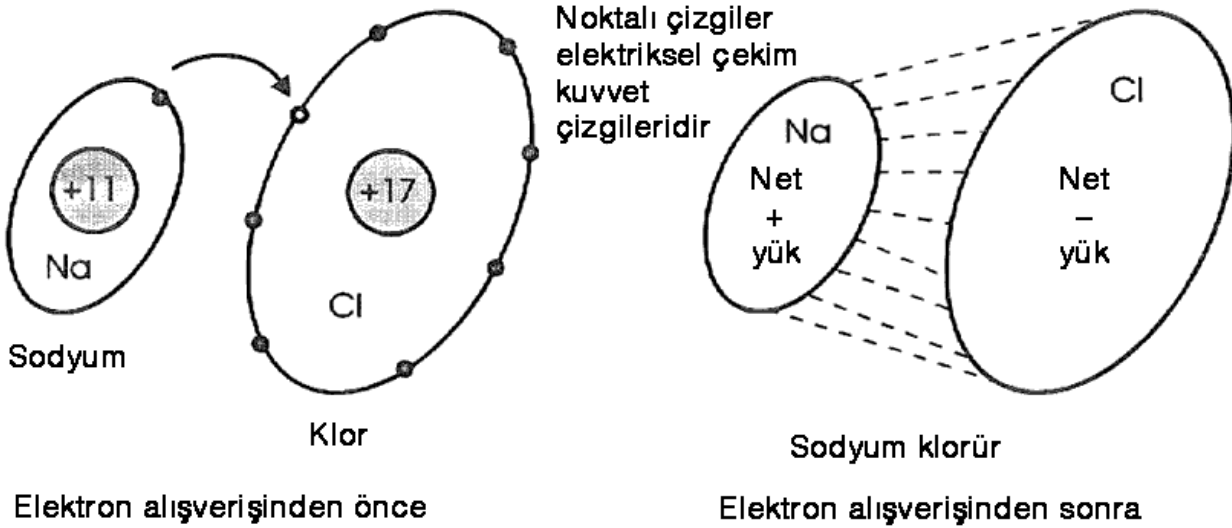
Son olarak elektrokaplama açısından bütün diğer bağlara nazaran daha önemli olan bağ çeşidini görelim.

## İYONİK BAĞ

Kovalent bağlanma halinde elektronların gerçek anlamda paylaşıldığını görmüştük. Bu bağ çeşidi, bağlanan atomların SERBEST ENERJİLERİ atomlar bağ yapmadan önce sahip oldukları serbest enerjiden daha düşük olduğu için meydana gelir. Bazı durumlarda elektronların atomlar arasındaki elektron alışverişi en düşük enerji durumunda dahi devam eder. Bu durumda İYONİK BAĞ oluşur.

KLOR atom numarası 17 olan, yeşilimsi renkte zehirli bir gazdır. En dış kabuğunda 7 elektron bulunan bir atom yapısına sahiptir. Öte yandan SODYUM atom numarası 11 olan bir metaldir. En dış kabuğunda 1 elektron, bir alt düzeydeki kabuğunda 8 elektron, en içteki kabuğunda ise 2 elektron bulunur. Eğer klor atomu bir elektron alarak en dış kabuğundaki elektron sayısını 8'e tamamlayabilirse çok düşük enerjili bir hale geçecektir. Sanırım Şekil 34'e baktığınızda bir Sodyum (Na) <sup>23</sup> ve bir Klor (Cl) atomu biraraya geldiğinde neler olduğunu söyleyebilirsiniz.

Sodyumdaki elektronlar kendiliğinden klora transfer edilmiştir. Dikkatle incelediğinizde 1 elektron sodyum atomunu terk ettiği zaman geriye kalanlar pozitif yüke sahip olur. İşte bu anda sodyum iyonu oluşur. Öte yandan klor atomu 1 elektron kazandığında negatif yüke sahip olur ve klor iyonu olarak adlandırılır. Bunun sonucu olarak sodyum ve klor iyonları + ve - yüklerin elektriksel çekim gücüyle birbirlerine çok sıkı bağlanırlar. Bu iki iyonun bileşimi olan sodyum klorür (NaCl) elektriksel olarak nötrdür, yani toplam elektriksel yükü sıfırdır. İşte bu tip atomik bağ İYONİK BAĞ olarak adlandırılır.

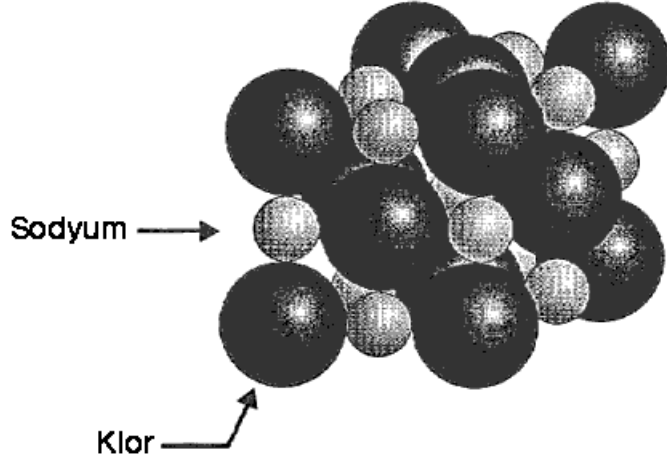


Şekil 34. İyonik Bağ

Sodyum metali dikkate alındığında 1 elektron gevşek olarak tutulur. Bakır atomunda ise 2 elektron gevşek olarak tutulur. Metaller genelde en dış yörüngesinde 1, 2 veya 3 elektron tutarlar. Eğer bir metal 1 elektron kaybederse bu +1 pozitif yük aldığı anlamına gelir. Bu tür metaller +1 değerlikli (tek valanslı, monovalent) olarak adlandırılır. Eğer 2 tane ise +2 değerlikli (iki valanslı, divalent), 3 tane ise +3 değerlikli (üç valanslı, trivalent) adını alır. Serbest enerji durumuna göre metaller 1 yada 1' den fazla elektron tutarlar. Yani bu metallerin değerlikleri farklıdır. Metalin değerliği (valans elektronu sayısı) metal iyonunun taşıdığı ekstra negatif elektrik yük sayısıdır. Bu ekstra elektrik yükleri elementin kimyasal özelliklerini belirlemede çok önemlidir. Örneğin, bakır en fazla 2 elektron kaybedebilir ve kaybettiği elektron sayısına bağlı olarak hem +1 hem de +2 değerlik özellikleri

gösterir. Biraz sonra bakırın bu iki durumu da anlatılacak ve 9. sayfadaki Faraday Tablosu' nda bakır için verilen değerler açıklanacaktır.

Şekil 35' te gösterildiği üzere iyonik bağ etrafındaki güçlü elektriksel çekimden dolayı çok kuvvetli bir bağlıdır. Burada göreceğiniz gibi her bir sodyum atomu 6 komşu klor iyonuna, her bir klor iyonu da 6 komşu sodyum iyonuna sahiptir. Bu yapı uzayda (NaCl' nin atom uzayında) böyle sürer gider. Ama bu şekildeki güçlü çekim her zaman aynı değildir. Örneğin, NaCl (sofra tuzu) su içinde çözüldüğünde bu kuvvetli biçimde birbirine bağlı iyonların gücü, aniden zayıflar, sodyum ve klor iyonları birbirine bağlı kalmaz, biz bu çözeltilere İYONLAŞMA denir.

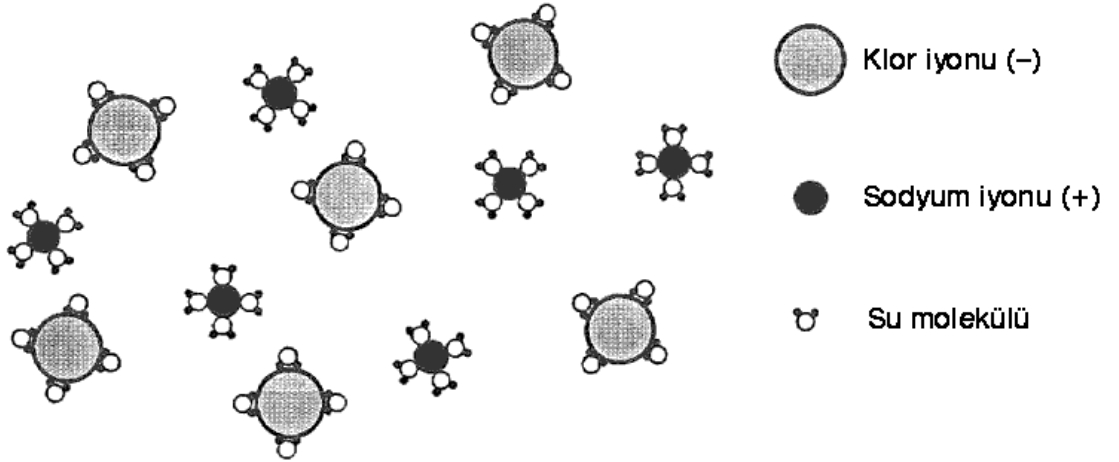


Şekil 35. Sodyum klorür kristalinin temel yapı taşı

Bağ zayıflaması neticesinde pozitif sodyum iyonlarıyla negatif klorür iyonları su moleküllerine etki eder.<sup>23</sup> Geometrik olarak düzensiz elektrik kuvvetlerle su moleküllerinin birbirlerine nasıl yapııştığını polar bağlar konusunda görmüştünüz. Sodyum klorür suda çözüldüğünde, negatif yüklenen su molekülü pozitif yüklü sodyum iyonuna etki eder ve su molekülünün pozitif yüklenen kısmı da negatif yüklü klor iyonuna etki ederler. Çekim kuvvetinin zayıflamasının sonucu olarak, Şekil 36'ta gösterildiği gibi iyonlar az ya da çok olarak su molekülleri tarafından sarılırlar. İyonik yükler birbirinden çok uzaktırlar ve iyonlar arasındaki etkileşim çok zayıftır.

1. Suyun polar yapısı çoğu kaplama tuzlarının suda iyi çözünmesini sağlar.
2. Bu tip iyonlar hidratlı iyon olarak da adlandırılır.

Ayrıca su moleküllerinin kendi aralarında elektriksel bağlarla yaptığı mekanizma iyonik bağ mekanizmasından çok daha zayıftır. Su molekülleri birbirleri üzerinden zorlanmadan hareket edebilirler (Suyun bu haline akışkan denir). Su molekülleri tarafından sarılan çözülmüş iyonlar başka çözülmüş iyonlar üzerinden hareket edebilirler. Ayrıca, su molekülleriyle çevrilmiş çözülmüş haldeki bir iyon su molekülleri arasında hareket edebilir.<sup>24</sup> Bu tip iyonlar çözelti içerisinde hareket yeteneğine sahiptir.



Şekil 36. Çözeltideki sodyum klorür

Bir iyon net elektrik yükü olan bir atomdur. Negatif yüklü olanlarına negatif iyon, pozitif yüklü olanlarına da pozitif iyon denir. Metal atomları genelde pozitif iyon, metal olmayan atomlarda genelde negatif iyonlardır. Elektriksel kuvvetleri iyonik iyonik olarak bağlanmış maddeler suda çözüldüğünde zayıflarlar ve biz buna çözelti iyonlaşmış deriz. Çözeltideki iyonlar nisbeten hareketlidirler.

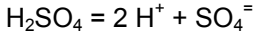
Belirli şartlardaki tüm atomlar iyonlaşmaya meyillidir. Bu iyonlar element yada elementlerin kombinasyonu ulaşılan bileşikler olabilirler. Düzenli olarak birleşmiş element grupları elektron almaya ya da kaybetmeye meyilli ise radikal olarak adlandırılırlar ve ayrıca iyonlaşabilirler. Hidrojen, sülfür ve oksijenin



birleşmesiyle oluşan sülfürik asit bu meyili gösterir ve radikal sülfat yada iyon diyebiliriz. Sülfat iyonu iki elektronun toplam gücüne sahiptir ve -2 değerlikli negatif iyondur.

### SÜLFÜRİK ASİTİN İYONLAŞMASI

Sülfürik asit suda çözününce ortama 2 hidrojen iyonu ile 1 sülfat iyonu verir. <sup>25</sup> Sembollerle ifade edersek,



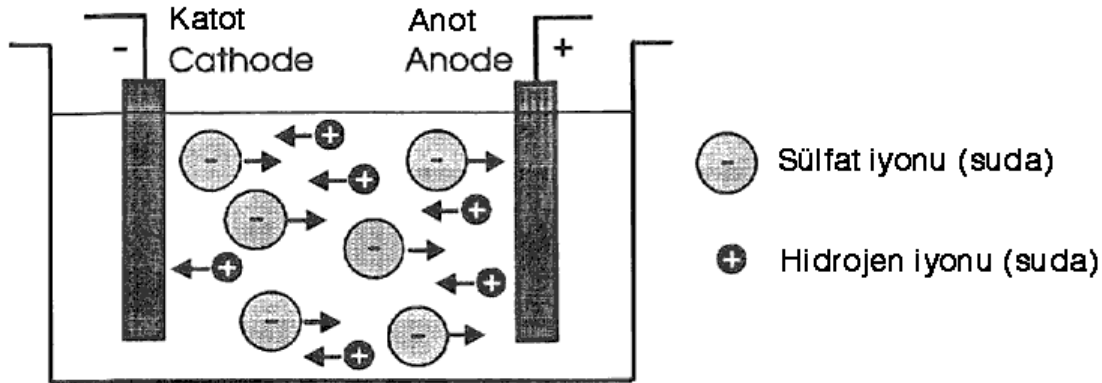
**1 molekül asit = 2 hidrojen iyonu + 1 sülfat iyonu**

Bir miktar asit alın, suda çözün.(Elektropozitif yüklenmiş hidrojen iyonları ve negatif yüklenmiş sülfat iyonları elde ederiz. Bu çözeltinin içine iki metal plaka daldırılalım, plakalardan birini pil gibi bir güç kaynağının eksi kutbuna bağlayalım. (+) kutba bağlı olan plakaya anot, (-) kutba bağlı olan kutba katot denir.Anot pozitif yüklenir ve katot da negatif yüklenir. Negatif yüklü iyonlar doğası gereği pozitif elektroda ve pozitif yüklü iyonlarda negatif plakaya giderler. Negatif iyonlara ANYON, pozitif iyonlara KATYON denir. Negatif kutba bağlı olan KATOT, pozitif kutba bağlı olan ANOT'tur. Yani kısaca anyonlar anota, katyonlar katota gider.

### ELEKROLİTİK İLETKENLİK

İyonlar sulu çözeltilerde taşınabildiği sürece üzerlerine etkiyen kuvvetlerle elektrik yüklü plakalara doğru taşınırlar. Sülfürik asitte olduğu gibi hidrojen iyonları katota, sülfat iyonları da anota doğru ilerler. Bu iyonların herbiri elektrik yükü taşırlar. Yüklü parçaların hareketi elektrik akımını meydana getirir. Elektrik çözelti üzerinden taşınmış olur. Elektrik taşıyan bu çözeltileri bundan sonra elektrolit olarak adlandıracağız. Bu sistemin tamamını da elektroliz olarak isimlendireceğiz (Şekil 37). Sülfürik asit suda çözmek yerine bakır sülfatı çözelim. Bunun iyonlaşma denklemi :

Bir molekül bakır sülfat suya 1 bakır iyonu ve 1 sülfat iyonu verir. Eğer bu çözeltinin içine anot ve katot olarak iki plaka konursa bakır iyonları katota, sülfat iyonları anota doğru giderler.



Şekil 37. Elektroliz

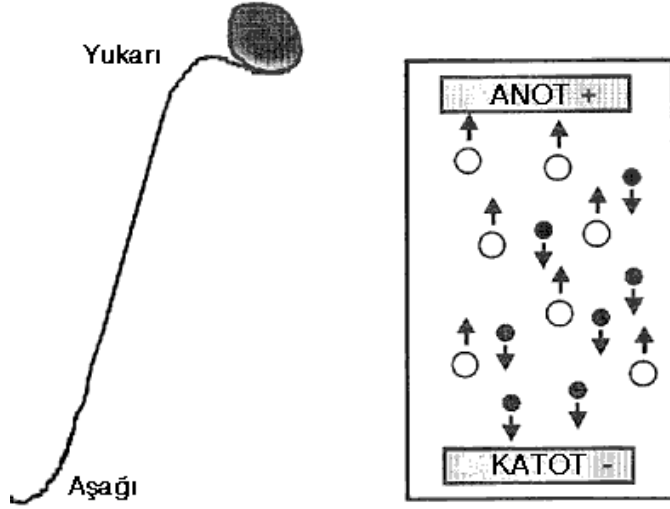
Katottaki her bir bakır iyonu iki elektron içerir ve eski metalik formuna geri döner ve katotta katı metal olarak birikir. Bu kaplamanın ilkesidir. Metal bileşiği suda çözününce iyonlaşır ve bu yolla elektrik iletilir. Böylelikle kaplama işi gerçekleşebilir.

Bakır sülfat yada mavi vitrol kristalleri bakır metalinin sülfürik asitle reaksiyonundan oluşur. Sudaki bu kristalleri çözmeye kristalleri birlikte tutan elektriksel kuvvetler zayıftır. Çünkü bakır ve sülfat iyonlarını olduğu kadar su moleküllerinide dağıtır. (Bunu seyreltme etkisi olarak da düşüneliriz.)

Bakır iyonları kaybettikleri iki iyonu tekrar geri kazanmak isterler. Böylelikle tekrar metalik bakır olurlar, fakat bunu yapamazlar. Çünkü bunun için gerekli olan enerji asit içinde çözüldükleri zaman harcanmıştır. (Enerji açığa çıkar.) Bakır sülfat çözeltisine elektrik kaynağına bağlı iki metal plaka bağlanarak transfer yapacak enerjiyle bakır iyonları elde edebiliriz.(+) yüklenen bakır iyonları katota, iki elektronlarını bırakarak bakır metali olarak biriktikleri yere giderler.

Anotta yada başka bir deyişle pozitif yüklü plakada, sülfat radikalleri tarafından taşınan iki ekstra elektron bakır anottan giden bakır iyonlarıyla elektriksel olarak dengelenir. Anottan bakır iyonları çözeltidedir. Bununla birlikte onlar katota gider. Sülfat iyonlarından koparır ve sistem çalışır.

Tüm olay bakır metalini anottan katota taşımaktadır. Bunu dans eden kız ve erkeğe benzetebiliriz. Erkeği sülfat, kıızı bakır iyonu olarak düşünün. Erkek kızın etrafında dolaşır. Erkek B noktasından A'ya giderken kız dansçı A'dan B'ye gider. Elektriksel nötrlük daima sağlanır ama kız dansçı bir noktadan diğerine gider.



- Sudaki bakır iyonları (+ iyon)
- Sudaki sülfat iyonları (- iyon)

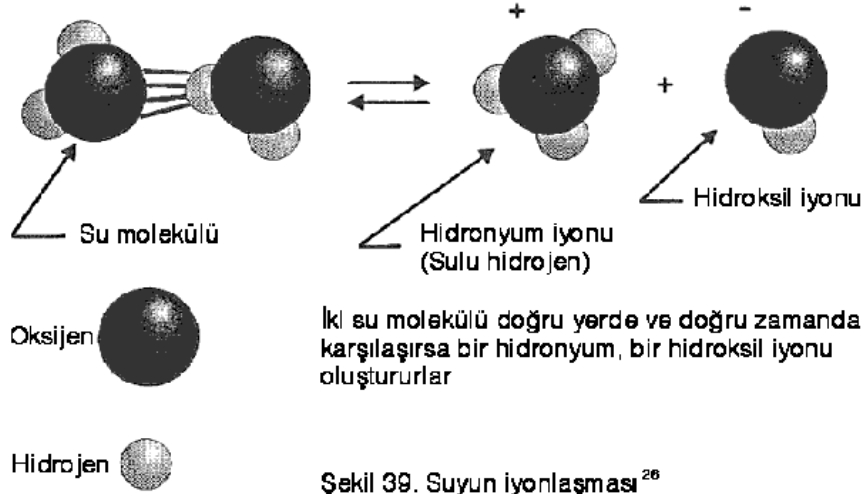
Şekil 38. Bakır Kaplama

Sanırım bu aşamada kafanıza şöyle bir soru oluşabilir: "Eğer anot bakır değil de asitte çözünmeyen bir metal, mesela kurşun, olursa ne olur?" Bu sorunun cevabı şudur: Katotta bakır kaplanacaktır. Tabii ki pratik olarak bitene kadar. Bir süre sonra bakır tamamen görülmez olur. Katotta hidrojen iyonları birikmeye başlar. Hidrojen iyonları katoda gider ve kaybettikleri elektronları hidrojen atomuna dönme yolunda tekrar geri kazanmaya çalışırlar. Bu hidrojen atomları gaz baloncukları şeklinde katot etrafında havaya geçerler. Normal su zayıf iyonlaşır. Su moleküllerinin çoğu kovalent bağlı olduğu sürece sadece bir kısmı Şekil 39'da olduğu gibi iyonik bağlıdır.

Çözeltide bakır gibi başka metal iyon olduğu zaman ve katot üzerinde elektrik yükü varsa, metal iyonları katota doğru gider hidrojen iyonlarla. Bakır gibi çoğu metalin boşalma yada kaplama için gerekli enerji ihtiyacı hidrojeninkinde daha küçüktür. Bu yüzden ilk önce metal katotta birikir, sonra

hidrojen çıkışları gözlenir. Çözeltide metal iyon fakirliği başladığı zaman (ki bu çözünmez anot kullanılırsa olur), hidrojen birikmesi olur. Diğer soru ise bu esnada anotta neler olduğudur. Sülfat iyonları bu yönde ilerler. Fakat yüzeye yapışmazlar. Kurşun oksit yada sülfat çözünmez ve etkilenmez. Bu yüzden sülfat iyonlarının bir kısmı kullanılmıştır ve bakır metalinin alınması için oksijenin deşarj olması gerekir. <sup>27</sup>

Sonuç olarak su parçalanır ama metal kaplama olmaz. Çinko gibi çözünebilir anot kullansak ne olurdu? Bakır çözelti içinde azalana kadar kaplamaya devam eder. Daha sonra çinko anota etki eden sülfata iyonları yüzünden çinko iyonları üretilir. Bakırın yaptığı gibi çinkoda kaplamaya geçer. Aslında bazı nokta da bakır ve çinkonun beraberce kaplaması iyidir. Metal bir alaşım olan pirinci oluştururlar. Biz kendi konumuza dönelim. (Bu konu 9.derste tartışılacaktır.)



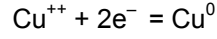
HATIRLATMAK İSTERİM Kİ, EĞER KAPLAYACAĞINIZ METALİN İYONLARINDAN EKŞİĞİNİZ VARSA HİDROJEN GAZI VE/VEYA YABANCI METALLER KATOTA ETKİYECEKTİR. EĞER ÇÖZELTİNİZDE METALİK KİRLİLİĞE SAHİPSENİZ İLGİLENDİĞİNİZ KAPLAMADAN ZİYADE DİĞER METALLERİ KAPLAMAK DURUMUNDA KALIRSINIZ. KİRLİLİK YALNIZ BAŞINA YA DA SİZİN KAPLAMAK İSTEDİĞİNİZ METALLE BİRLİKTE KAPLANACAKTIR.

EĞER DİKKATLİ OLUNMAZSA BU KAPLAMA İŞLEMİNDE İŞİNİZİ ZORLAŞTIRACAKTIR.

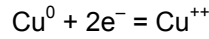
HATIRLATMA : TÜM KAPLAMA ÇÖZELTİLERİNDE BU İLKELER GEÇERLİDİR.

1. Kaplanacak metalin tuzları su moleküllerinin etkisiyle zayıflayan iyonik bağlar sayesinde iyonlaşırlar. Bu iyonlar ( + ve – yüklü) taşınırlar. Çünkü herbiri su molekülleriyle sarılmışlardır. Su moleküllerinin birbiriyle etkileşimi çok azdır.

2. Metal iyonları (ve hidrojen, metal gibi davranan), bir yada daha fazla elektron uzaklaştırmasıyla pozitif yüklenir ve katota doğru ilerler. Kaybedilen elektronların yeniden düzenlenmesiyle katot yüzeyinde metal birikir yada hidrojen gazı açığa çıkar. Buna indirgenme mekanizması denir.



3. Metal tuzun dengesini sağlayan ve bir yada daha fazla artık elektronu taşıyan iyon ya da radikal (–) yüklüdür. Anota doğru ilerler. Eğer anot çözünebilir cinsten ise, orijinal halindeki metali tuzuyla birlikte geri kazanır. Buna yükseltgenme mekanizması denir.



Metal kaplama işleminin işleyişi bu şekildedir.

Anot ve katotta enerjik olarak bunlar meydana gelir. Katotta hidrojen gazı ve / veya metalik kirlilik asıl olan metal kadar kaplamaya geçerler. Anotta yükseltgenir ya da diğer çözünmez bileşik formları oluşabilir ve oksijen veya (klor gibi) diğer gazlar çıkabilir.



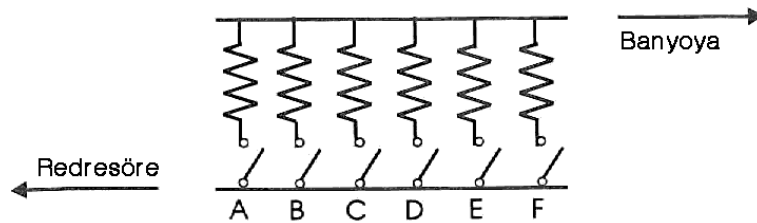
**PROBLEMLERİN CEVAPLARI**

1. 1,56 oz.
2. a. 60,69 cm. b. 3,94 inç c. 10,77 ft<sup>2</sup>
3. 70,9 inç, ya da 5,8 ft. veya 5 ft. 10,9 in.
4. 90,91 USD
5.  $6,716 \times 10^8$  veya saatte 671.600.000 mil
6. 37 °C
7. 23 °F
8. 0,004 inç
9. 1.575.000 Coulomb veya 16,32 Faraday
10. 0,91 saat veya 55 dakika
11. 25,78 kilogram altın
12. 1878 ons gümüş kaplanmıştır
13. 24 Amper
14. 0,06 Ohm
15. 15 Volt
16. 6,56 USD
17. 0,80 Ohm
18. 6,4 Ohm
19. 4 adet 1000 Ohm' luk direnç paralel + 100 Ohm' luk direnç seri bağlanır.
20. Tanka paralele olarak 1/3 Ohm direnç bağlanır.

## SINAV

- 3 enerji ilkesini yazın. Her birine örnek verin. (10 puan)
- Elektrometal kaplamada \_\_\_\_\_ enerjisi \_\_\_\_\_ enerjisine çevrilir. (Cümleyi tamamlayın) (6 puan)
- Faraday yasaları :
  - Kimyasal enerji elektrik enerjisine dönüşür.
  - Aynı sayıdaki coulomb tüm metallerde aynı miktarı kaplar.
  - Belirli bir miktar metal belirli miktar coulomb ile kaplama yapar. (8 puan)
- Aşağıdaki dönüşümleri yapın.
  - $3,2 \text{ ft}^2 = \underline{\hspace{2cm}} \text{ cm}^2$
  - $1,5 \text{ lt} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ sıvı ons}$
  - $1,8 \text{ pound} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ gr}$
  - $72^\circ\text{F} = \underline{\hspace{2cm}}^\circ\text{C}$
  - $1 \text{ ft}^3 = \underline{\hspace{2cm}} \text{ cm}^3$  (10 puan)
- Asitli bakır sülfat çözeltisi ile 13 gr bakır kaplamak için;
 

\_\_\_\_\_ coulomb , \_\_\_\_\_ Faraday , \_\_\_\_\_ A.h' e gerek vardır. (10 puan)
- Bir kaplama banyosu formülü litrede 32,5 gr banyo tuzu önermektedir. 9 galon çözelti hazırlamak için kaç ons tuz gereklidir? (10 puan)
- 1 saat süren bir gümüş kaplama işi yapılırken şebekeden kaynaklanan bir sorun nedeniyle cihazın ampermetresinde belli sürelerde aşağıdaki değerler okunuyor: İşlem başlangıcı: 24 A; 15 dakika 23 A; 30 dakika 20,5 A; 45 dakika 21 A; kapanışta 23,5 A. Bu bir saatlik sürede kaç gram gümüş kaplanmıştır? (10 puan)
- Kaplama teknisyeni neden işi hakkında teorik bilgiye sahip olmalıdır? (8 puan)
- Kaplama için 24Volt, 100 Amperlik elektrik jeneratörünüz var. Motoru yok. %85 verimle tam kapasite çalışan jeneratör için hangi boy motor almalısınız? Eğer en düşük fiyat 0,6 \$ / KWh ise günde 8 saat çalıştırmak ne kadara mal olur? (10 puan)
- Aşağıda gösterilen dirençleri akım kontrolünde kullanacaksınız.



A = 0,25 Ohm, B = 0,5 Ohm, C = 1 Ohm, D = 1 Ohm, E = 5 Ohm, F = 10 Ohm

Hangi düğme açık hangisi kapalı olmalı ki gerilim 8 Volta düşsün? Akımın 40 A olduğunu varsayın. (10 puan)

- Metalik ve iyonik iletimi arasında ne gibi farklar vardır? Kovalent ve iyonik bağ paylaşımı nasıl olur? Kendi cümlelerinizle açıklayın. (10 puan)

## DİPNOTLAR

1. Daha fazla bilgi için bu dersin sonundaki SINAV AÇIKLAMALARI VE TAVSİYELERİ isimli bölüme bakınız.
2. Yapmanız için size sorulacak çoğu problemin çözümü kolaydır. Daha zor sorularda (\*) işaretini göreceksiniz. Her dersin sonunda daha kitabın içinde sorulmuş problemlerin cevaplarını bulacaksınız.
3. AKTİFLEŞME ENERJİSİ de denir. (Bir işlemi başlatmak için gerekli enerji)
4. Bazı çözülme işlemleri enerji olarak (soğurarak) oluşur.
5. Elektrik birimleri bölümünde açıklanacaktır.
6. İtalik yazılmış ifadeler ileride açıklanacaktır.
7. Çarpılan ifadeler parantez içerisinde ise çarpma işareti (x) genellikle gösterilmez. Örnek : (I)(T).
8. K' yı **Faraday Sabiti** olarak adlandıracağız. Elektrik miktarı birimi olan ve 96.500 Coulomb' a eşit FARADAY ile karıştırmayın.
9. Bu ölçü aletinin dijital (elektronik) tipleri de mevcuttur. Fiyatı biraz daha pahalıdır fakat okunması kolay ve hassasiyeti fazladır.
10. Jul olarak okunur.
11. Elektrokaplama da diğer dalga formları da kullanılabilir. Başka bir bölümde anlatılacaktır.
12. Çözülme anod kullanılması halinde geçerli değildir. Bu durumda meydana gelen reaksiyon ileride anlatılacaktır.
13. Normal bir ampermetrenin elektriksel direnci çok düşük, voltmetrenin direnci ise çok yüksektir.
14. Buna örnek olarak mesela Radon gibi bir radyoaktif elementi verebiliriz.
15. Henüz tam anlayamamış olmasına rağmen **nötron** yapısında bir **proton** ve bir **elektron** bulunduruyor gibi düşünülebilir.
16. Hidrojen atomunun gerçek ağırlığı  $1,67 \times 10^{-24}$  gramdır.  $10^{-24}$  ' in sağında 24 adet sıfır olduğunu gösterir!
17. **Dünyada maddenin kütlesi ağırlığına eşittir.**
18. Su molekülünün elektriksel yük düzeni bir hayli orantısız olduğundan su molekülü POLAR molekül olarak adlandırılır. Basit şekilde açıklarsak, bir ucu artı diğer ucu eksi anlamına gelir.
19. Ortamdaki moleküllerin Serbest Enerjileri düşürülür.
20. İleride elektrokaplamanın geliştirilmesi konularını işlediğimizde daha iyi anlayacaksınız.
21. Tabi ki eğer suyun akışı çok kuvvetli olursa bazı taşlar hareket eder! Benzer şekilde bakır iyonları da eğer elektrik akımı çok kuvvetli olursa bakır kablo erir.
22. Bir metalin yapısındaki bütün metal iyonları en dıştaki elektronlarını paylaşırlar veya bir elektron havuzu oluştururlar.
23. Su molekülü POLAR yapısı nedeniyle çoğu kaplama tuzu için iyi bir çözücüdür.
24. Bu tür iyonlar HİDRAT (sulu) olarak adlandırılır.
25. Basitleştirilmiş halidir. Aslında meydana gelen işlem daha karmaşıktır. Bir  $H^+$  iyonu ile bir su molekülü birbirine bağlanarak HİDRONYUM iyonuna ( $H_3O^+$ ) dönüşürler. Biz konularımızı işlerken basit yolu seçeceğiz. Bu konu hakkında ileride daha fazla bilgi verilecektir.
26. Ortalama olarak her bir milyar su molekülünden 2 tanesi Şekil 39' da gösterildiği şekilde iyonize olur. Çok düşük bir miktar olarak görünebilir fakat sonraki derslerde göreceğiniz üzere bu olay çok önemlidir.
27. Bu işlemin detaylarının bilinmesi şimdi işlediğimiz konuda gerekli değildir.
28. KOROZYON konusunun işlendiği 15. Ders' te aynı şartlarda oluşan bir başka katodik reaksiyonu göreceğiz.