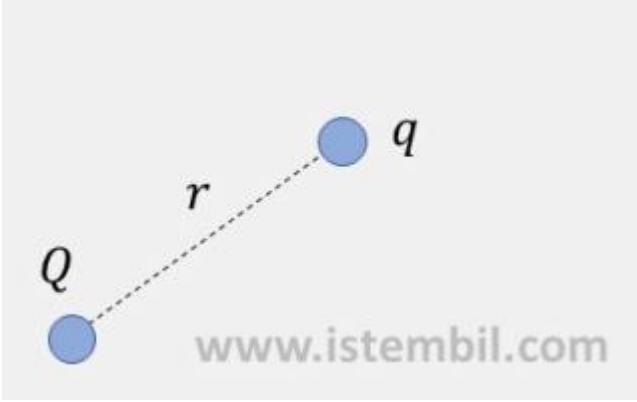


3.1 Elektrik Potansiyel Enerjisi ve Elektrik Potansiyel Enerjisi

3.1.1 Elektrik Potansiyel Enerjisi



Şekil 3.1 Birbirinden r mesafesi uzakta iki yük.

Tıpkı yerçekimi kuvveti gibi Coulomb kuvveti de korunumlu bir kuvvettir. Yani elektrik kuvvetinin herhangi bir yük üzerinde yaptığı iş alınan yola değil, ilk ve son konumlara bağlıdır. Bu sebepten, en az iki yükten oluşan bir sistem için elektrik potansiyel enerjisi tanımlayabiliriz. Bunu daha iyi anlayabilmek için Fizik I'de yayda depolanan potansiyel enerjiyi nasıl hesapladığımızı tekrar edebilirsiniz. Yay belli bir miktar germek yada sıkıştırmak için uygulamamız gereken kuvvet en az Hooke Yasasından bildiğimiz yay kuvveti kadar ancak zıt yönlü olmalıdır. Hatırlayacağınız üzere yay kuvvetinin sıfır olduğu noktayı potansiyel enerjinin 0 olduğu nokta olarak seçmiştik, $U_{yay} = 0$. Ardından yayı $x = 0$ 'dan bir miktar sıkıştırmak ya da germek için uyguladığımız kuvvetin yaptığı işin yayda depolanan potansiyel enerjiye eşit olduğunu söylemiştik. Aynı şekilde Coulomb Kuvveti (Elektrik kuvveti) de $1/r^2$ ile azaldığından r sonsuz olduğunda sıfır olacaktır. Bu noktayı kendimize potansiyel enerjinin 0 olduğu referans noktası olarak seçecek olursak, yükler ilk başta birbirlerinden sonsuz uzaklıkta iken, bu yükleri herhangi bir

konfigurasyonda bir araya getirmek için yapılması gereken iş, sistemin elektrik potansiyel enerjisine eşit olacaktır. Bu durumda Şekil 3.1'de gösterilen aralarında r mesafesi olan Q ve q yüklerinden oluşan sistemi sonsuz uzaklıklardan bir araya getirmek için yapmamız gereken iş ve sistemin potansiyel enerjisi:

$$U = k \frac{Qq}{r} \quad (3.1)$$

olacaktır.

3.1.2 Nokta Yükün Elektrik Potansiyeli

Elektrik potansiyelini ise "birim yük başına düşen elektrik potansiyel enerjisi" olarak tanımlarız. **Önemli Not:** Elektrik kuvvetinden bahsedebilmemiz için en az iki nokta yüküne ihtiyacımız vardır. Ancak Elektrik Alan için tek bir yük yeterlidir. Aynı şekilde elektrik potansiyel enerjisi için en az iki nokta yüküne ihtiyacımız var iken, elektrik potansiyeli oluşması için tek bir yük kafidir. Elektrik potansiyeli, V :

$$V = \frac{U}{q}$$

Yani bir nokta yükten kaynaklanan elektrik potansiyeli:

$$V = k \frac{Q}{r} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Q}{r} \quad (3.2)$$

Bu Q yükünün kendisinden r kadar uzakta oluşturduğu elektrik potansiyelidir. Tabi bu ifadeyi yazarken aklınızda tutmanız gereken şey, yükten sonsuz uzaklıkta elektrik potansiyelini $V_{\infty} = 0$ olarak tanımladığımızdır.

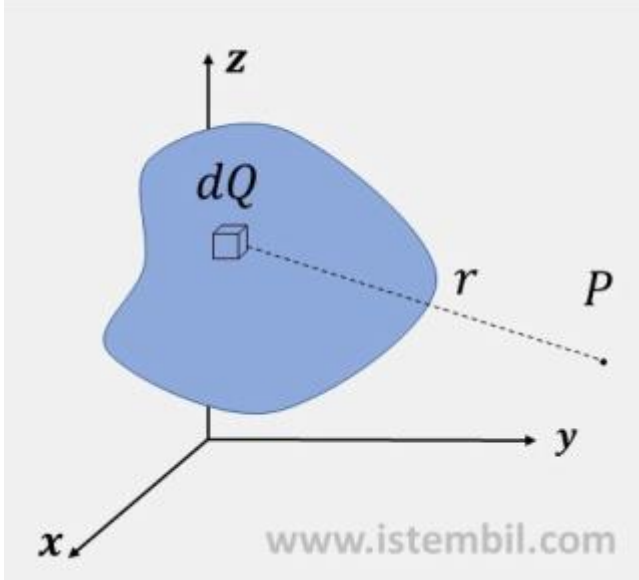
Eğer herhangi bir noktada birden fazla yükten oluşan bir sistemden kaynaklanan elektrik potansiyelini hesaplamamız gerekiyorsa, her bir yükün o noktada oluşturduğu elektrik potansiyelini hesaplayıp toplayarak bunu yapabiliriz.

$$V = V_1 + V_2 + V_3 + \dots \quad (3.3)$$

3.2 Sürekli Yük Dağılımının Elektrik Potansiyeli

Sürekli yük dağılımına sahip bir cisim için, örneğin **Şekil 3.2**'de gösterilen yüklü cismin P noktasında oluşturduğu, elektrik potansiyeli nasıl hesaplayabiliriz?. Bu soruyu cevaplamadan önce neleri biliyoruz ona bakalım.

- Nokta bir yükün elektrik potansiyelini hesaplamayı biliyoruz.
- Birden fazla nokta yük var ise, üst üste ekleme prensibi ile, her bir yükün potansiyel hesaplamak istediğimiz noktada oluşturduğu elektrik potansiyelini toplayarak o noktada net potansiyeli hesaplamayı biliyoruz.



Şekil 3.2 Sürekli yük dağılımı vP noktası

O halde sürekli dağılımı, potansiyelini hesaplamayı bildiğimiz küçük parçalara (nokta yüklerle) bölebilir, herbirinin nerede istiyorsak o noktada oluşturduğu elektrik potansiyeli hesaplayabilir ve Üst üste binme ilkesini kullanarak hepsini toplayıp noktadaki net elektrik potansiyelini bulabiliriz. Burada yaptığımız yük dağılımlarının elektrik alanını bulurken kullandığımız yöntem ile aynıdır. Tek farkı elektrik potansiyeli ile uğraşmak daha kolaydır. Çünkü elektrik alanın aksine, elektrik potansiyeli skaler bir niceliktir.

Eğer bu küçük parçaları nokta yük gibi düşünmek istiyor isek, cismi sonsuz küçüklikte dq'lara bölmemiz gerekir. Burada r seçtiğimiz dq'nun o noktaya uzaklığı olsun. Eğer dq'nun oluşturacağı potansiyel dV ise toplam potansiyeli her bir dq'nun oluşturacağı dV'leri toplayarak elde ederiz ki bu sonsuz küçükler ile uğraştığımızda integral almak olacaktır.

$$V = \int_{\text{cisim}} dV = \int_{\text{cisim}} k \frac{dq}{r} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \int_{\text{cisim}} \frac{dq}{r} \quad (3.4)$$

Burada integrali cisim üzerinde alınız ve integralin limitlerini cisim/yük dağılımı belirler.

3.3 Elektrik Alan ve Elektrik Potansiyel Arasındaki İlişki

Elektrik kuvveti ve elektrik potansiyel enerjisi arasındaki ilişkiden dolayı, elektrik alan ve elektrik potansiyeli arasındaki ilişki oldukça açıktır. Şimdi herhangi bir yük dağılımı için birini biliyorsak, diğerini nasıl hesaplayabiliriz ona bakalım.

3.3.1 Elektrik Alandan Elektrik Potansiyel Farkının Elde Edilmesi

Eğer herhangi bir sistem için Elektrik alan \vec{E} biliniyorsa veya hesabı daha kolay ise, potansiyel fark hesabı

$$\Delta V = V_b - V_a = - \int_a^b \vec{E} \cdot d\vec{\ell} \quad (3.5)$$

ile hesaplanabilir.

3.3.2 Elektrik Potansiyelinden Elektrik Alanın Elde Edilmesi

Çok küçük bir yerdeğiştirme için elektrik potansiyel farkı:

$$dV = -\vec{E} \cdot d\vec{\ell}$$

Kartezyen koordinatlarında \vec{E} ve $d\vec{\ell}$ aşağıdaki gibi yazılabilir.

$$\vec{E} = E_x \hat{i} + E_y \hat{j} + E_z \hat{k}$$

Bu durumda, elektrik potansiyelindeki küçük değişim,

$$dV = -E_x dx - E_y dy - E_z dz$$

Eğer y ve z'yi sabit tutup, sadece x'i dx kadar değiştirsek potansiyeldeki değişim $-E_x dx$ kadar olacaktır. Bunu diğer eksenler içinde düşünersek;

$$E_x = -\frac{\partial V}{\partial x}, \quad E_y = -\frac{\partial V}{\partial y}, \quad E_z = -\frac{\partial V}{\partial z} \quad (3.6)$$

olacaktır.

NOT: Elektrik alan ile elektrik potansiyeli arasındaki ilişkiyi denklemler **Denk. 3.5** ve **Denk. 3.6** ile matematik dilini kullanarak ifade ettik. Biraz da Türkçe kullanalım şimdi.

Denk. 3.6 bize ne demek istiyor? Eğer bir doğrultuda giderken elektrik potansiyeli değişmiyor ise, o doğrultuda elektrik alan yok demektir. Eğer değişiyor ise elektrik alan elektrik potansiyelin azaldığı yöne doğru olacaktır. Paralel plakalar buna en güzel örnektir. Paralel plaka düzeneğinde elektrik alan sabittir ve pozitif plakadan negatif yüklü plakaya doğrudur ve potansiyel pozitif plakada maksimumdur ve negatif plakaya yaklaştıkça azalır.

Denk. 3.5'te bize tahmin edeceğimiz üzere yukarıda söyledığımızı ters açıdan söylüyor. Eğer bir doğrultuda elektrik alan yok ise, o doğrultu üzerinde elektrik potansiyeli değişmez ve sabittir. Paralel plakalara geri dönelim. Elektrik alan plakalara dik, pozitif plakadan negatif plakaya doğrudur. Bu yöne pozitif x yönü diyelim. Plakalar arasında y yönünde (plakaları yere dik düşünün. Bu durumda $+y$ yönü yukarı yön olacaktır) elektrik alan sıfırdır ve bu yönde giderseniz potansiyel sabittir çünkü o yönde elektrik alan yoktur.

3.4 Eşpotansiyel Yüzeyler

Tıpkı Elektrik Alanı görsel olarak ifade etmek için Elektrik Alan Çizgilerini kullandığımız gibi, Elektrik Potansiyelini de görsel olarak ifade etmek için eşpotansiyel 3-boyutta **Eşpotansiyel Yüzeyleri** kullanabiliriz. Bu yüzeylerde herhangi bir yük dağılımından kaynaklanan elektrik potansiyeli sabittir. Örneğin iki paralel plaka arasındaki plakalara paralel çizilen herhangi bir yüzey üzerinde elektrik potansiyeli sabit olacaktır. Başka bir örnek vermek gerekirse, yüklü bir küre veya nokta parçacık için, potansiyel yalnızca r 'ye bağlı olduğundan eşmerkezli olmak kaydı ile, küresel yüzeyler eşpotansiyel yüzeyler olacaktır.

Elektrik alan vektörü eş potansiyel yüzeylere dik olmalıdır. Sebebini **açıklayabilir misiniz? İpucu:** Bir önceki kısımdaki nota bakınız.

3.5 Bir yükün potansiyel fark altında hareketi

Daha önce (Fizik I) potansiyel enerji ve enerji korunumunu bir sistem için tanımlayabileceğimizi söylemiştik. O yüzden herhangi bir yükün elektrik potansiyeli var iken kazanacağı veya kaybedeceği kinetik enerji nedir diye sorulduğunda aslında hesaplamalarımızı bir sistem için yaptığımızı unutmamamız gerekir. Burada aklımızda tutmamız gereken şey, elektrik potansiyel enerjisinin kinetik enerjiye veya kinetik enerjinin elektrik potansiyel enerjisine dönüşeceği gerçeğidir. Sistem elektrik potansiyelini oluşturan nokta yükler veya yük dağılımı ve hareket eden yükten oluşmaktadır. Potansiyeli oluşturan yüklerin hareket etmediğini varsayıyoruz.

O halde q nokta yükünün **A** noktasından **B** noktasına hareket ettiğini düşünelim. ΔU sistemin potansiyel enerjisindeki değişim, ΔKE ise sistemin kinetik enerjisindeki değişimdir. Her iki değişimde q yükünün hareketinden kaynaklanmaktadır.

$$\Delta U + \Delta KE = 0$$

$$q\Delta V = q(V_B - V_A) = -\Delta KE$$

$$\Delta KE = q(V_A - V_B) \quad (3.7)$$

Elde ettiğimiz denklemden de gördüğümüz üzere, eğer yükümüz (+) ise alçak potansiyelden yüksek potansiyele hareket ederse KE 'si azalır yani yavaşlar, yüksek potansiyelden alçak potansiyele hareket ettiğinde ise KE 'si artar yani hızlanır. Negatif (-) yük için ise tam tersi durum söz konusudur.

NOT: Aslında burada söylediklerimi şöyle ifade etsek daha iyi olabilir. Eğer bir yükü durgun halde elektrik potansiyelinin değiştiği bir bölgeye koyarsanız, ve eğer yükünüz

- pozitif ise, yüksek potansiyelden düşük potansiyele,
- negatif ise, düşük potansiyelden yüksek potansiyele

doğru hareket edecektir. Burada durup şimdi devrelerde yüklerin nereden nereye doğru hareket ettiğini sorsak sizlere? Doğru akım devrelerinden daha sonra detaylı bir şekilde bahsedeceğiz.

3.6 Yeni Bir Enerji Birimi: Elektron Volt

Yükü e olan bir nokta parçacığının 50V'luk bir potansiyel farkına sahip 2 nokta arasında hareket etmesi halinde kazanacağı kinetik enerji

$$\Delta KE = e\Delta V = 1.6 \times 10^{-19} \text{ C} \cdot 50\text{V} = 8 \times 10^{-18} \text{ J}$$

olacaktır. Ancak görüldüğü üzere **Joule** birimi atom altı (elektron, proton gibi) parçacıkların enerjisini ifade etmek için biraz büyük kaldı. Bu bağlamda bu parçacıkların enerjisinden bahsederken kullanmak üzere yeni bir enerji birimi tanımlamak mantıklı olacaktır. Bu tanımla şu şekilde yapacağız. Yükü e olan bir parçacığının 1V'luk bir potansiyel farkında hareketinde kazanacağı kinetik enerjiye bir "elektron volt" (**eV**) diyeceğiz. Bu durumda e yüklü parçacığımızın kinetik enerjisindeki değişim 50eV olacaktır.

$$1\text{eV} = 1.602 \times 10^{-19}\text{J}$$

(3.8)