

3. EŞPOTANSİYEL VE ELEKTRİK ALAN ÇİZGİLERİ

AMAÇ

Bir çift elektrot tarafından oluşturulan elektrik alan ve eş potansiyel çizgilerini görmek.

ARAÇLAR

Güç kaynağı

Galvanometre

Elektrot (iki adet)

Prob (iki adet)

İletken sıvı (zayıf asit çözeltisi)

GİRİŞ

Bu deneyde elektrik alan ve bununla ilgili bir kavram olan eşpotansiyel çizgilerini göreceksiniz. Bildiğimiz gibi elektrik yükleri birbirleri üzerine kuvvet uygularlar. Herhangi bir yük üzerine başka bir yük tarafından uygulanan kuvvet, uyguladığımız yükün büyüklüğü ile orantılıdır. Bir başka deyişle, birim yük başına düşen kuvvet yükün büyüklüğünden bağımsızdır ve başka yükler tarafından oluşturulur. Bu da doğal olarak E elektrik alanının bir yük sistemi tarafından oluşturulduğu fikrini vermektedir. Elektrik alan E vektördür ve herhangi bir noktadaki birim test yükü üzerindeki kuvvet olarak tanımlanır. (Buradaki test yükünden kasıt o noktadaki elektrik alanı bulmak için yerleştirilmiş birim yüküdür.)

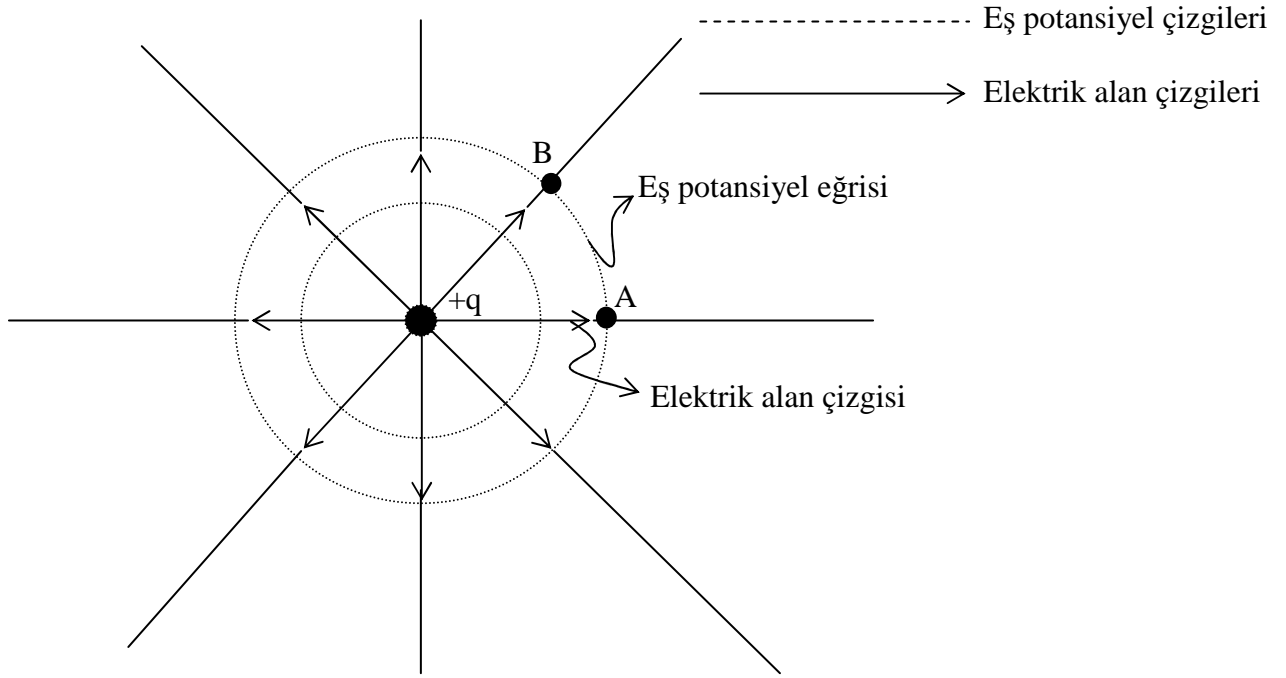
Size yardımcı olması açısından, elektrik alan çizgilerini görmek için, elektrik alanını gözünüzde canlandırmak kullanışlı bir yol olacaktır. Elektrik alan çizgisi size çizgi üzerindeki her noktada elektrik alanının yönünü göstermektedir. Böylece çizgi üzerindeki her noktada çizginin yönü ve elektrik alan vektörünün yönü hep aynı olacaktır. Örnek olarak; noktasal bir yük tarafından oluşturulan elektrik alan çizgileri, yük merkezde olacak şekilde radyal doğrultudadır.

Durgun yük sistemleri tarafından oluşturulan elektrik alanlar ilginç özelliklere sahiptirler ve bu kuvvetler korunumlu kuvvetlerdir. Elektrik alan içerisindeki bir test yükünü bir noktadan, elektrik alana karşı, başka bir noktaya taşımakla yapılan iş izlenen yoldan bağımsızdır. Elektrik alanının tanımından burada yapılan iş test yükünün büyüklüğüyle orantılıdır. Böylece birim yük tarafından yapılan iş, yüklerin oluşturduğu sistem tarafından yapılan iş denebilir. Bu da doğal olarak elektriksel potansiyel V'nin yüklerden oluşan bir sistem tarafından üretildiği fikrini vermektedir. Elektriksel potansiyel V skaler bir alandır ve herhangi bir noktadaki test yükünü, elektrik alana karşı, referans noktasından belirli bir noktaya taşımak için birim yük başına yapılan iştir. Buradaki referans noktası gelişmiş güzel seçilmiş bir noktadır.

Potansiyelle ilgili bilgiler eşpotansiyel için de geçerlidir. Eşpotansiyel bir yüzeydir (iki boyutta bir eğridir) ve üzerindeki her noktada potansiyel sabittir. Bir test yükünü bir noktadan başka bir noktaya taşıdığımızda birim yük için yapılan iş bu iki nokta arasındaki potansiyel farkına eşittir. Eğer test yükünü aynı potansiyel çizgi üzerinde başka bir noktaya taşırsak iş yapmamış oluruz. (2) bağıntısından anlaşılacağı üzere eşpotansiyel çizgi üzerinde taşınan test yükü için yapılan işin sıfır olması ancak $\vec{E} \cdot d\vec{s}$ skaler çarpımının sıfır olması ile mümkündür.

Bu da eşpotansiyel üzerindeki her noktada elektrik alan çizgisinin eşpotansiyeye dik olduğu anlamına gelir. $\vec{E} \cdot d\vec{s}$ skaler çarpımının sonucunun sıfır olması \vec{E} ve $d\vec{s}$ vektörlerinin birbirlerine dik olmasıyla mümkündür. Eğer böyle olmasaydı, herhangi bir yükü eşpotansiyel çizgi üzerinde başka bir yere taşıdığımızda, elektrik alanın eşpotansiyel üzerindeki bileşeni tarafından bir iş yapılmış olacaktır.

Bu bilgileri daha anlaşılabilir hale getirmek için aşağıda pozitif bir yük tarafından oluşturulan elektrik alan ve eşpotansiyel çizgileri gösterilmiştir (Şekil 1).

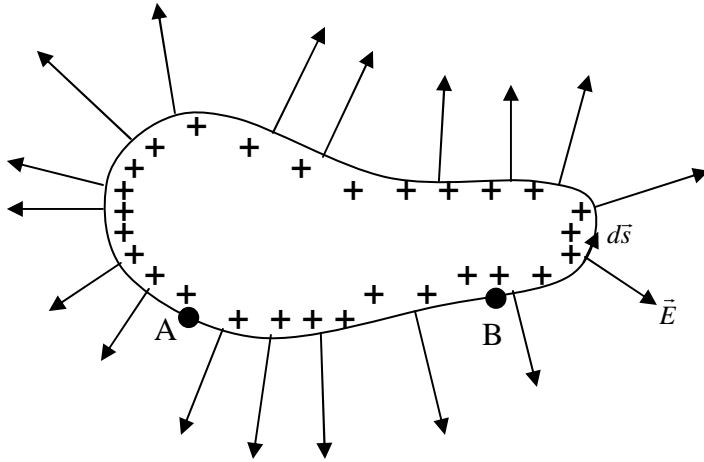


Şekil 1. Noktasal pozitif bir yükün oluşturduğu elektrik alan çizgilerinin ve bu yük etrafındaki eşpotansiyel yüzeyin şematik gösterimi

Eğer test yükünü A noktasına yerleştirirseniz, bu noktadan geçen elektrik alan tarafından, test yükü radyal doğrultuda bir kuvvetin etkisinde kalacaktır. Test yükünü elektrik alana karşı A noktasından B noktasına taşıırken yapılan iş izlenen yoldan bağımsızdır. Eğer bu işlemi yaparken kesikli çizgi izlenirse yapılan iş sıfır olacaktır. Çünkü $\vec{E} \perp d\vec{s}$ 'dir. Bu durumda kesikli çizgi eşpotansiyeldir ve elektrik alan çizgileri eşpotansiyeye diktir.

Diğer taraftan iletken net bir yük taşıdığıında bu yük daima iletkenin dış yüzeyinde toplanmaktadır. Böyle bir yüklü iletken için elektrik alan çizgileri şekil 2'de şematik olarak gösterilmiştir. Ayrıca iletkenin yüzeyinin çok yakınında elektrik alanı yüzeye diktir ve elektrik alanı iletken içinde sıfırdır. Elektrik alanın yüzeye paralel bir bileşeni bulunmamaktadır, eğer paralel bileşeni bulunmuş olsaydı yükler hareket edecekler ve ortaya akım çıkacaktı.

Denge durumundaki yüklü bir iletken yüzeyindeki her bir noktanın potansiyeli aynıdır. Bunu şekil 2'den yararlanarak görebiliriz.



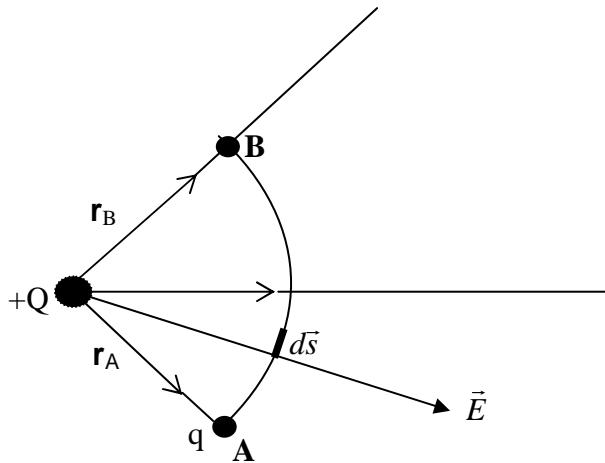
Şekil 2. İletken yüklü maddenin elektrik alan ve eş potansiyel yüzeyinin şematik gösterimi.

Şekil 2'deki A ve B noktalarını birleştiren yol boyunca \vec{E} daima $d\vec{s}$ yer değiştirmesine diktir. Böylece $\vec{E} \cdot d\vec{s} = 0$ olacaktır. O halde W_{AB} , A'dan B'ye $d\vec{s}$ boyunca giderken yapılan toplam işi göstermek üzere,

$$W_{AB} = -q \int_{r_A}^{r_B} \vec{E} \cdot d\vec{s} \quad (1)$$

$$V_B - V_A = \frac{W_{AB}}{q} = - \int_{r_A}^{r_B} \vec{E} \cdot d\vec{s} = 0 \quad (2)$$

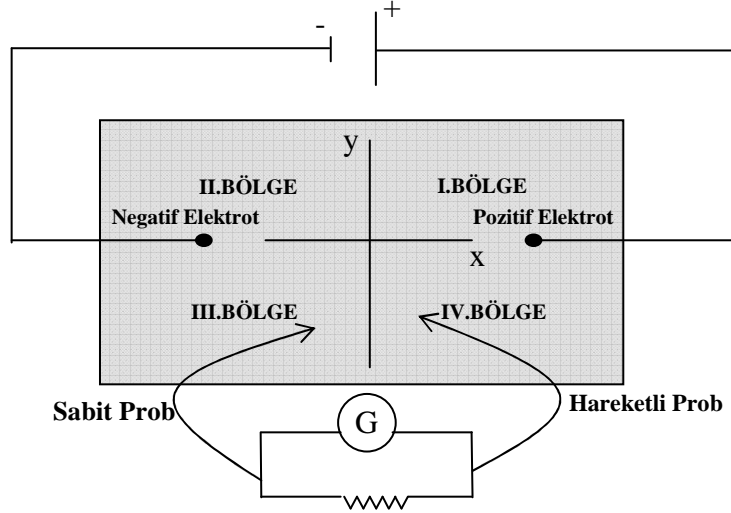
$$W_{AB} = q \cdot (V_B - V_A) \quad (3)$$



Şekil 3. Pozitif +Q yüklü noktasal bir parçacığın oluşturmuş olduğu elektrik alandaki q yükünün eşpotansiyel bir eğri boyunca A noktasından B noktasına taşınmasının şematik olarak gösterilmesi

'dir. Bu iletken yüzey için A ve B noktaları arasındaki potansiyel farkı sıfır olacaktır. Buna göre; dengedeki herhangi bir yüklü iletkenin yüzeyi eşpotansiyel yüzeydir. İletken içindeki alan sıfır olduğundan iletken içersinde her yerde potansiyel sabittir ve bu değer iletkenin yüzeyindeki potansiyel değerine eşittir.

Bu deneyde DC güç kaynağına bağlanmış iki elektrot iletken bir sıvı (zayıf asit çözeltisi) içerisine şekildeki gibi (Şekil 4) yerleştirildiğinde uygulanan gerilim elektrotların yüzeyinde eşit ve zıt yükler oluşturacaktır. Böylece bu yükler de sıvı içerisinde elektrik alan oluşturur ve sıvı iletken olduğundan, elektrik alan çizgisi doğrultusunda bir akım oluşur. Eşpotansiyel çizgileri bu elektrik alan çizgilerine diktirler. Burada elektrotların yüzeyi eşpotansiyeldir. Duyarlı bir akım ölçme cihazı olan galvanometre iki ayrı kılavuz prob'a bağlanır. Problardan bir tanesi sabit tutulur ve diğeri galvanometrede sıfır değerini okuyuncaya kadar gezdirilir. Galvanometre sıfır değerini gösterdiğinde iki prob arasındaki potansiyel fark sıfır olmuştur ve bu iki prob aynı eşpotansiyel çizgi üzerindedir denir. Bu yolla eşpotansiyel çizgileri bulunabilir.



Şekil 4. Deney düzeneği

DENEYİN YAPILIŞI

1. Bu deneyde DC güç kaynağına bağlanmış iki elektrodu kabın altındaki grafik kağıdı üzerine yerleştirilen iki boyutlu kartezyen koordinat eksenleri yardımıyla (-6,5cm;0cm) ve (+6,5cm;0cm) konumlarında sabit olacak şekilde, iletken bir sıvı (zayıf asit çözeltisi) içerisine yerleştiriniz. (Şekil 4)
2. DC güç kaynağı kapalı iken Şekil 4 deki devreyi kurunuz.
3. Güç kaynağını açınız ve 5 V'a ayarlayınız. (Güç kaynağı üzerindeki düğmeyi kullanarak akım sınırlamasını yeterince kaldırmayı unutmayınız)
4. Deneyde galvanometreye bağladığınız sabit probu sıvı içerisinde x- ekseninde (-5cm;0cm) noktasına yerleştiriniz. Dikkat edilecek olursa bu kısımda sabit prob negatif elektrodun olduğu bölgede (II. ve III. bölge) bulunmaktadır.
5. Sabit prob bu noktada iken hareketli probu (0cm;0,5cm) noktasına yerleştiriniz.
6. Hareketli probu galvanometre üzerinden sıfır değeri okununcaya kadar II. bölgede -x yönünde yavaşça hareket ettiriniz. Galvanometrenin sıfır gösterdiği durumda hareketli probun koordinatını rapor formunda ilgili tabloya kaydediniz.

7. Daha sonra hareketli probu bu defa (0cm;1cm) noktasına yerleştiriniz. 6. adımda anlatılan işlemleri tekrarlayarak eşpotansiyel çizginin ikinci noktasını tespit ediniz.

8. Aynı işlemleri (7. adım) hareketli probun başlangıç koordinatını y eksenine ait değer 0,5cm artırarak en az 5 değer için tekrarlayınız.

9. III. bölgeye ait eşpotansiyel çizgisini tespit etmek için, benzer işlemler (5-8. adımlar) tekrarlanacaktır. Bu defa ilk önce hareketli probun başlangıç koordinatını (0cm;-0,5cm) olarak alınız, işlemin devamında başlangıç koordinatının değeri – y yönünde 0,5 cm artırılarak 5 adet eşpotansiyel noktanın koordinatlarını tespit edip ilgili tabloya kaydediniz.

10. Sabit prob bu defa (-4cm;0cm) konumuna getirilip yukarıdaki (5-9. adımlar) işlemler aynen tekrarlanır.

11. Sabit probun koordinatları (-3cm;0cm), (-2cm;0cm) ve (-1cm;0cm) olduğu durum için yukarıdaki işlemlerin aynısı (5-9. adımlar) tekrarlanır. Ancak bu defa hareketli probun y eksenindeki artım miktarı **1,0 cm** alınır.

12. Sabit prob negatif elektrodun bulunduğu II. ve III. bölgeye yerleştirildiğinde eşpotansiyel çizgilerin tespit edilmesi için yapılan işlemlerin aynısı (4-11. basamaklar) simetrik olarak sabit probun pozitif elektrodun bulunduğu I. ve IV. bölgelere yerleştirildiği durumda da tekrarlanır. Burada sabit probun x ekseninde yerleştirildiği koordinatlar (5cm;0cm), (4cm;0cm), (3cm;0cm), (2cm;0cm) ve (1cm;0cm) olarak alınacaktır.

VERİLERİN ÇÖZÜMLENMESİ

Grafik kağıdı üzerine elektrotların pozisyonlarını belirtin. Çizelge IA ve ÇizelgeIB'deki verileri kullanarak eşpotansiyel eğrilerini çiziniz. Daha sonra elektrik alan çizgilerinin eşpotansiyel çizgilere dik olma özelliğini göz önünde bulundurarak bir elektrottan diğerine olan elektrik alan çizgilerini çiziniz. Elektrik alan çizgilerini eşpotansiyel çizgileri üzerinden geçirirken dik sembolleri kullanmayı ihmal etmeyiniz. Hangi çizginin elektrik alan çizgilerini hangi çizgilerin de eşpotansiyel çizgilerini temsil ettiğini mutlaka belirtiniz.

KAYNAKLAR

- 1.D.Halliday, R.RESNİCK “Fiziğin Temelleri II”
- 2.PSSC Fiziği, Milli Eğitim Basımevi

SORULAR

- 1.Neden eşpotansiyel çizgi boyunca akım oluşmaz?
- 2.Elektrotları birbirine yaklaştırdığımızda ve birbirinden uzaklaştırdığımızda eşpotansiyel ve elektrik alan çizgileri nasıl olur?
- 3.Eğer besleme gerilimini iki katına çıkarırsak eşpotansiyel ve elektrik alan çizgileri nasıl değişir?