



MIT OpenCourseWare  
<http://ocw.mit.edu>

8.02 Elektrik ve Manyetizma, Bahar 2002

Lütfen aşağıdaki alıntı biçimini kullanınız:

Lewin, Walter, *8.02 Elektrik ve Manyetizma, Bahar 2002*  
(Massachusetts Institute of Technology: MIT Açık Ders Malzemeleri).  
<http://ocw.mit.edu> License: Creative Commons Attribution-  
Noncommercial-ShareAlike.

Not: Alıntılarınızda lütfen bu materyalin gerçek tarihini kullanınız.

Bu materyalin alıntı gösterilmesi veya kullanım şartlarımız hakkında daha fazla bilgi için, <http://ocw.mit.edu/termsweb> sitesini ziyaret ediniz.

MIT OpenCourseWare

<http://ocw.mit.edu>

8.02 Elektrik ve Manyetizma, Bahar 2002

## Transkript – Ders 2

Bugün size yeni bir kavramı anlatmaya çalışacağım; elektrik alanı dediğimiz kavramı.

Bütün dersi elektrik alanlarına ayıracağım.

Diyelim ki bir yüküm var; bunu  $Q$  olarak seçiyorum, belli bir konumda + büyük  $Q$  yükü ve başka bir konumda bir küçük  $q$  yükü var, buna sinama yükü de diyebilirim.

Ve bu ikisi arasındaki uzaklık  $r$ 'dir.

Büyük  $Q$ 'dan küçük  $q$ 'ya olan birim vektör bu vektördür.

Evet, bu iki yükün ikisi de pozitif ise, küçük  $q$ 'nın pozitif olduğunu varsayalım, onların birbirlerini iteceklerini ve küçük  $q$  negatif ise birbirlerini çekeceklerini biliyorum.

Söz konusu bu kuvvet  $F$  olsun; daha önce Coulomb kanunuyla, kuvvetin küçük  $q$  çarpı büyük  $Q$  çarpı Coulomb sabiti bölü  $r$  kareye eşit olduğunu açıklamıştık. Ve  $r$  şapka yönündedir. İki yük de aynı işaretli olunca, bu yönde, eğer zıt işaretliyseler diğer yönde

Ve şimdi büyük  $E$  ile yazacağımız elektrik alan fikrini ileri sürüyorum.

Küçük  $q$  sinama yükümün bulunduğu  $P$  konumundaki büyük  $E$ , basitçe sinama yükünün bu  $P$  konumunda hissettiği kuvvet, bölü bu sinama yüküdür.

Böylece sinama yükünü yok etmiş olurum.

Böylece oldukça benzer görünen bir ifade elde ettim. Fakat o artık küçük  $q$  içermemektedir ve o da bir vektör.

Ve uzlaşım uyarınca, kuvvetimizi öyle seçeriz ki, eğer bu pozitif bir sinama yükü ise, o zaman deriz ki  $E$  alanı,  $Q$  pozitifse  $Q$ 'dan uzaklaşan yöndedir. Yok eğer  $Q$  negatif ise kuvvet diğer yöndedir:  $Q$ 'ya doğru ve böylece elektrik alanı da o yöndedir.

Böylece elektrik alanının daima bir pozitif sinama yüküne etkiyen kuvvet yönünde olacağı uzlaşımını benimseriz.

Şimdi elde ettiğiniz şey küçük  $q$ 'yu çıkarabileceğinizdir.

Başka bir deyişle burada kuvvet küçük  $q$ 'ya bağımlıdır.

Elektrik alan ise bağımlı değildir.

Elektrik alan,  $Q_+$  yükü etrafında neler olduğunun bir göstergesidir.

$Q_+$  yerine, çok karmaşık bir yük şekillenimi olabilirdi.

Bir elektrik alan size yük şekillenimi hakkında çok şeyler söyler.

Elektrik alanı birimi gördüğünüz gibi Newton bölü Coulomb'tur. SI birimlerinde.

Ve normal olarak, biz de bunu birimiyle göstermeyeceğiz, sadece olduğu gibi bırakacağız. Şimdi elektrik alanı için grafiksel temsillerimiz var.

Elektrik alan bir vektördür.

Böylece oklar beklersiniz ve burada bir artı üç (+3) yük örneği var.

Uzlaşım gereği oklar, pozitif sınama yükünün hissettiği kuvvetle aynı yöndedir, yükten uzaklaşan yönde ve yüke çok yakın olan okların yükten uzakta olanlardan daha büyük olduğuna dikkat ediniz.

İşte bu, bu tür bir temsil, ters  $r$  kare bağıntısını temsil etmeye çalışmaktadır.

Elbette bu çok nicel olmayacak.

Fakat temel fikir şudur: Bu bir noktasal yük ise, elbette ki küresel simetri söz konusudur.

Buradaki temel düşünceye göre, eğer o bir pozitif sınama yükü ise, gördüğünüz alan vektörleri ve okların yönleri kuvvetin hangi yönde olacağını söyleyecektir.

Ve vektörün uzunluğu size büyüklüğü hakkında bir fikir verir.

Ve burada başka bir eksi bir (-1) yüküm var.

Bunun eksi bir Coulomb veya eksi bir mikrocoulomb olmasının bir önemi yok.

O sadece görelidir.

Ve şimdi elektrik alan vektörlerinin ters yönde olduğunu görüyorsunuz.

Onlar uzlaşım gereği eksi yüke doğru yönelmiştir.

Ve çok uzağa gittiğinizde onlar daha da küçülür ve tabii ki elektrik alanın sıfır olması için sonsuza kadar gitmelisiniz.

Çünkü bir bölü  $r$  kare alanı, uzaklaştıkça azalır ve bu yükten en azından prensip olarak etkilenmemek için sonsuz uzaklıkta olmalısınız.

Birden çok yükümüz olduğu zaman ne yapacağız?

Peki, birkaç yükümüz varsa, burada  $Q_1$  ve burada bir  $Q_2$  ve burada da  $Q_3$  olsun ve diyelim ki burada da  $Q_i$  yükümüz olsun;  $i$  sayıda yükümüz olsun.

Ve şimdi  $P$  noktasındaki elektrik alanın ne olduğunu bilmek istiyoruz.

Ve o buraya koyduğum test yükünden bağımsızdır.

Eğer isterseniz onu birim yük başına kuvvet olarak düşünebilirsiniz.

Yükleri ayırdık.

Böylece şimdi yalnızca  $Q_1$ 'den kaynaklanan  $E$  alanının ne olduğunu söyleyebilirim.

Eğer  $Q_1$  pozitif ise o zaman bu  $E_1$ 'in gösterimi olabilir.

Eğer  $Q_2$  negatif ise, bu  $E_2$ 'yi temsil edebilir. Negatif yüke doğru yönelmiş.

Ve eğer bu negatif olsaydı, burada bir  $E_3$  katkım olurdu ve vb.

Ve şimdi en son Coulomb yasasında yaptığımız gibi süperpozisyon (üstüste gelme) ilkesini kullanırız.  $P$  noktasındaki net elektrik alan vektörel olarak  $Q_1$ 'den dolayı  $E_1$  artı  $E_2$  vektörü artı  $E_3$  vektör vb. ve eğer  $i$  kadar yükünüz varsa, net elektrik alanı, tüm  $i$  yüklerinin tek tek  $E$  vektörlerinin toplamıdır.

Süperpozisyon (üstüste gelme) ilkesinin çalıştığı açık mıdır? Hayır.

O çalışır mı? Evet.

Çalıştığını nasıl biliriz? Çünkü o yaptığımız tüm deney sonuçları ile uyumaktadır.

Dolayısıyla üst üste gelme ilkesini doğru sayarız ve bu kabul edilebilir

Fakat çok açık değildir.

Bana, tek tek  $E$  alanı vektörlerinin toplamı olan bu noktadaki elektrik alanın ne olduğunu söyleyebilirsiniz, o zaman ben size bu noktaya bir yük getirsem kuvvetin ne olacağını daima söyleyebilirim.

Her zaman cebimde taşıyacağım herhangi bir yük alırım, cebimden çıkarırım ve onu o noktaya koyarım. Ve cebimdeki yük küçük  $q$  yüküdür.

O zaman bu yüke etkiyen kuvvet her zaman  $q$  çarpı  $E$ 'dir.

$Q$ 'nun pozitif olup olmaması önemli değildir, pozitifse,  $E$  ile aynı yönde olacaktır.

Eğer negatif ise E ile zıt yönlü olacaktır.

Eğer  $q$  büyük olursa kuvvet büyük olacaktır. Eğer  $q$  küçük olursa kuvvet küçük olacaktır.

Böylece, E alanını bildiğiniz takdirde, ki çok karmaşık yük şekillenimlerinin bir sonucu olabilir, o yere herhangi bir yük getirin, bu yüke o yerde etkiyecek kuvveti hemen bulursunuz; E alanı kavramının ardındaki gerçek sır işte budur.

Eğer biraz daha nicel olmaya çalışırsak, varsayalım burada bir artı 3 ve burada da eksi 1 yüküm olsun.

İşte eksi bir.

Ve bu iki yükün sonucu olarak alan biçiminin nasıl olduğunu öğrenmek istiyorum.

Böylece herhangi belli bir noktaya gidin.

Artı 3'den uzaklaşan yönde bir E vektörü alın, eksi bire doğru bir vektör daha alın ve bu ikisini vektörel olarak toplayın.

Eğer eksi bire çok yakınsanız, ters R kare bağıntısından dolayı, muhtemelen eksi birin kazanacağı açıktır.

Haydi, şimdi bir artı sınaama yükü düşünelim.

Ve artı sınaama yükünü eksi bire çok yakın olarak yerleştirelim, diyelim ki buraya koyduk; artı 3 bunu dışarı itmeye çalıştığı halde, muhtemelen eksi birin kazanacağı açıktır.

Ve böylece muhtemelen sınaama yüküm üzerine bu yönde bir kuvvet olacaktır.

Bu iki etkinin net sonucudur.

Aynı pozitif sınaama yükünü alıp buraya koyduğumu varsayayım; çok uzağa, bu aralıktan çok daha fazla uzağa.

Artı yükümün üzerindeki kuvvetin yönü hakkında ne düşünüyorsunuz?

Çok uzakta. Özür dilerim?

Neden bunun solda olduğunu düşünüyorsunuz?

Eksi birin kazanacağını mı düşünüyorsunuz?

Gerçekten eksi birin artı üçten daha kuvvetli olduğunu mu düşünüyorsunuz? Çünkü artı üç onu itecek ve eksi olanı çekmeye çalışacaktır, öyle değil mi, eğer sınaama yükü pozitif ise..

Çok çok uzakta olduğunuzu varsayın..

Bu mesafenin önemli olacağını mı düşünüyorsunuz?

Kuvvetin bu yönde olduğunu kimler düşünüyor?

Kimler bu yönde olduğunu düşünüyor?

Çok iyi, onlara gerçekten çok yardımcı oldunuz..

Kuvvet açıkça o yönde olmalıdır çünkü eğer çok uzaktaysanız, alan artı üç ve eksi iki, yani toplam artı ikinin buralarda bir yerde olmasıyla aynıdır.

Yani, eğer böyle bir yapılanmadan çok uzaktaysanız, eğer buradaysanız veya şuradaysanız yada eğer ta oradaysanız, aslında alan, tek artı iki yükünün alanı gibidir. Ve bir bölü R kare ile orantılı azalır.

Ve bu yüzden eğer çok uzaktaysanız, kuvvet bu yöndedir.

Ve şimdi bakın, ilginç olan ne?

Burada eğer eksi bire çok yakınsanız, kuvvet bu yöndedir.

Burada siz çok uzaktayken, belki buralarda bir yerlerde olmalıyım, alan bu yöndedir.

Böylece bunun anlamı, buralarda bir yerde E alanının sıfır olduğu bir nokta olmalıdır.

Çünkü eğer kuvvet burada bu yönde ise fakat eninde sonunda o yönden tersine döneceğine göre, şuralarda bir yerde E'nin sıfır olduğu bir nokta olmalıdır.

Ve bu sizin ödevinizin bir kısmıdır.

Belirli bir yük dizilişi için bu noktayı bulmanızı istiyorum.

Şimdi aslında artı üç (+3) ve eksi bir (-1) yük durumunun bazı grafiksel gösterimlerine gidelim.

Işığı ayarlamaya çalışıyorum.

Ve şimdi bu elektrik vektörlerinin bu iki yük civarında nasıl göründüklerine bakalım.

İşte burada artı üçü ve burada eksi biri görüyorsunuz ; ilgili birimlere ve buradaki bazı detaylara göz atalım.

Her şeyden önce tekrar söylemeliyim: okların uzunluğu şiddeti göstermektedir.

O size şiddet hakkında bilgi verir. Elbette ki o kadar nicel değil.

Ve ilk olarak daha güçlü olan (+3) yüküne bakalım.

Bu okları görüyorsunuz. Bunların hepsi artı üçten dışarı doğru gitmektedirler ve artı üçe daha yakın olduğunuzda onlar daha şiddetlidir. Bu ters R kare alanının temsilidir.

Eğer (-1)'e çok yakınsanız, oklar eksi bire doğru yönelmiştir, bir bölü R kareden dolayı, eksi bir kazanır.

Ve açıkça onların eksi bire doğru yönelmiş olduğunu görüyorsunuz.

Eğer artı ile eksi arasındaki bu doğru üzerindeyseniz E alanı her zaman artıdan eksiye doğru olacaktır.

Çünkü artı iter ve eksi ise çeker.

Böylece birbirini desteklerler.

Fakat şimdi, eğer bu yük dizilişinden çok uzakta herhangi bir yerde, ama bu iki yük arasındaki mesafeden çok uzakta iseniz, burada bir yerde veya orada bir yerde veya orada veya burada, okların her zaman uzağı gösterdiğine dikkat edin.

Ve (+3) ve (-1) yükleri, eğer çok çok uzaksanız, birlikte bir (+2) yükü gibi davranacaktır.

Fakat tabii ki çok yakın olduğunuz zaman, alan şekillenimi çok karmaşık olabilir.

Fakat uzaklarda okların dışarı doğru yönelmiş olduğunu çok açık bir şekilde görürsünüz.

Hiçbirisi (-1)'e geri dönmez. Hiçbirisi (-1) yönünü göstermez

Çünkü (+3) daha güçlüdür ve burada elektrik alanın sıfır olduğu sadece bir nokta vardır.

Eğer şuraya pozitif bir test yükü koyarsanız, eksi onu çeker, artı ise onu iter ve bu nedenle burada iki yükün birbirlerini tam olarak yok ettiği bir nokta olur.

Şimdi elektrik alanını göstermenin daha düzenli başka bir yolu vardır; ki bunu “alan çizgileri” olarak adlandırıyoruz.

Ve tekrar (+3)'ü ve burada (-1) yükünü görüyorsunuz.

Eğer bir pozitif sınama yükünü tam buraya bırakır veya yerleştirirsem, bütün bildiğim, kuvvetin alan çizgilerine teğet olacağıdır. Bu çizgilerin anlamı budur.

Böylece, eğer burada olursam, kuvvet bu yönde olacaktır.

Pozitif sınama yükünü buraya koyarsam, kuvvet bu yönde olacaktır ve tabii ki eğer o bir negatif yük ise kuvvet ters dönecektir.

Böylece elektrik alan çizgilerinin anlamı, her zaman bize yük üzerine etkiyen kuvvetin hangi yönde olacağını söylemesidir.

Pozitif yük üzerine etkiyen kuvvet her zaman okların yönündedir, alan çizgilerine teğettir ve yük negatif ise ters yöndedir.

Uzayda ne kadar alan çizgisi vardır? Tabii ki sonsuz sayıda.

Daha önce sahip olduğumuz bu küçük oklardan sadece birkaç tane serpiştirdik fakat tabii ki orada her noktada elektrik alanı vardır ve bu yüzden sonsuz sayıda alan çizgisi koyabilirsiniz ve tabii ki bu onu kullanışsız bir gösterim haline getirir.

Böylece kendimizi her zaman belirli bir sayıya sınırlarız.

Eğer eksi bire çok yakından bakarsanız, tüm alan çizgilerinin eksi bire doğru olduğunu fark edersiniz. Biz elbette ki buradan pozitif yükün eksi bire doğru gitmek istediğini anlarız.

Eğer artıya çok yakınsanız, onlar itiliyor olduklarından hepsi artıdan uzaklaşır.

Alan çizgileri düşüncesini aklınızda canlandırmak istiyorsanız; artı yükler bir saç kurutma makinesinin havayı üflediği gibi üfler, eksi yükler de elektrik süpürgesinin havayı emdiği gibi havayı çeker. O zaman bu sol tarafta, bu saç kurutma makinesinin cisimleri dışarı itmek istediğini ve burada küçük bir emicinin bir şeyleri içine çekmek istediğini hissedersiniz. Küçük emici bir dereceye kadar başarılı olur, çünkü artı üç yükü kadar güçlü değildir.

Alan şiddeti ile ilgili tüm bilgileri kaybettik mi?

Daha önceden bu oklar ve okların uzunlukları ile alanın büyüklüğü gösterilmişti.

Evet, onu kaybettiniz; fakat hâlâ alan şiddeti ile ilgili biraz bilgi var.

Eğer çizgiler birbirine daha yakınsa, yani çizgi yoğunluğu fazla ise, orada elektrik alan, yoğunluğun daha düşük olduğu yerdeki alandan daha kuvvetlidir.

Böylece, örneğin buraya bakarsanız, milimetreye ne kadar çizgi düştüğüne bakın, daha dışa doğru gittiğinizde bu çizgiler seyrekleşir. Bu size E alanının, daha doğrusu E alanının şiddetinin azaldığını söyler.

Elbette ki bu, bir bölü R kare alanıdır.

Bu çizimleri yapacaksanız, güzel görünmeleri için, (+)dan çıkan alan çizgileri sayısını, (-)'ye girenlerin üç katı olarak almalısınız.

Alan çizgileri kavramı çok güçlüdür; genellikle elektrik alanı ve çizgi şekillenimi cinsinden düşünürüz. Elektrik alanı ve alan çizgileri ile ilgili birkaç ev ödevi probleminiz olacak.

Elektrik alan çizgisi doğrusal ise, şöyle bir elektrik alanı olur; bir kırmızı tebeşir alayım, diyelim ki alan çizgileri bunlar gibi doğrusal. Böyle bir E alanımız var ve örneğin, bir pozitif yükü buraya bırakalım. Bu durumda , pozitif yük, alan çizgileriyle tamamen aynı yönde bir kuvvetin etkisinde olacaktır. Bu yönde ivmelenecek ve her zaman alan çizgisi üzerinde kalacaktır.



Eğer onu sıfır hızla bırakırsam, ivmelenmeye başlayacak ve alan çizgisinde kalacaktır.

Benzer şekilde, bir yerçekimi alanına sahip olan dünyayı düşünürsek, Mekanik dersinde bu kelimeyi, yerçekimi alanını, hiç kullanmamış olabiliriz; fakat fizikte yerçekimini de bir alan olarak düşünürüz.

Şurada bir parça tebeşirim varsa, alan çizgileri, yerçekimi alan çizgileri, burada, bu salonda, güzel bir şekilde aşağıya doğru paralel ve düzgündür. Eğer bu tebeşir parçasını sıfır hızla bırakırsam alan çizgileri yönünde hareket etmeye başlar ve alan çizgisi üzerinde kalır.

Böylece kendi kendinize şu soruyu sorabilirsiniz: Bir yükü bıraktığımda her zaman alan çizgilerini takip eder mi?

Cevap hayırdır. Yalnızca bu çok özel durumda, evet olur.

Fakat şimdi alan çizgilerinin eğrisel olduklarını varsayalım.

Böylece burada alan çizgilerim gördüğünüz gibi, bu şekilde. Bu çok yaygındır.

Eğer şimdi buraya bir yük bırakırsam, diyelim ki burada bir nokta yüküm var, bu yönde bir kuvvetin etkisinde kalacaktır.

Böylece bu yönde bir ivme kazanacak ve hemen bu alan çizgisini terk edecektir.

Ve şimdi bana yükün yörüngesi nedir diye sorarsanız, bu çok karmaşık olabilir, gerçekten bilmiyorum.

Belki bu şekilde gidebilir ve zamanla bu noktaya ulaşır; bildiğim şu ki, o zaman kuvvet bu alan çizgisine teğet olacak, yani bu yönde olacaktır.

Ve böylece dışarı doğru gittikçe hızı artar, bölgesel olarak bu alan çizgilerinin temsil ettiği kuvvetin etkisinde kalacak ve bu nedenle yörüngesi oldukça karmaşık olabilir.

Böylece, alan çizgileri, yörüngeler değildir; bir yükü sıfır hızıyla bıraktığınızda bile değildir.

Sadece alan çizgilerinin doğrusal olduğu durumlarda öyledir.

Şimdi, büyük usta Maxwell'in bazı yayınlarından buraya koyduğum alan şekillenimlerine bakalım.

Bu bire dört bir orandır; artı dört artı bir veya eksi dört eksi bir olması önemli değildir. Çünkü bu sadece okların yönü için önemlidir.

Fakat Maxwell okları koymamış. Onu size bırakıyorum.

Eğer bunlar artı dört ve artı bir ise dışarı doğru oklar koymalısınız.

Ve Şimdi burada gördüğünüz Şey, hava üfleyici etkisidir.

Her ikisinin de pozitif olduğunu düŐünün.

Böylece buradaki artı dört, saç kurutma makinesi gibi, havayı dışarı üflemeye çalıŐıyor ve artı bir de kendi dıŐına üfleme iŐini yapıyor; ve böylece bir alan Őekillenimimiz oldu, alan çizgileri. Bu dzenleniŐin neden böyle bir garip Őekle sahip olduğunu hayal etmek pek kolay değildir.

Eğer bir ve dört arasına pozitif bir sına ma yükü koyarsanız, o zaman dört onu itecek, fakat bir de itecektir ve bu iki kuvvetin birbirini yok ettiği muhtemelen bire yakın bir nokta olacaktır.

Bu yüzden bu noktada E sıfırdır.

Benzer Şekilde ay ile dünya arasında, dünyanın kütle çekimi ile ayın kütle çekiminin birbirlerini tam olarak yok ettiği, aydan çok uzakta olmayan bir nokta vardır.

Bu, yük durumundan çok farklı değildir.

Böylece aynı kutuplu yüklerin varsa, her zaman aralarında bir yerde elektrik alanın sıfır olduğu bir nokta bulursunuz.

Şimdi çok özel bir duruma gidelim. Aynı büyüklükte fakat zıt işaretle iki yük alayım. Biz buna “dipol”, yani çift-kutup adını veriyoruz.

Artı yk burada ve eksi yk burada olsun.

Durum, beklediğimiz gibi, oldukça simetrik, çünkü onlar eşit güce sahipler.

Yukarıda bir hava fleyicisi ve aşağıda bir elektrik süpürgesi var.

Eğer artı yüke yakınsanız, tüm alan çizgilerinin artıdan uzaklaŐtıđına dikkat ediniz.

Ve eğer eksiye yakınsanız, tüm alan çizgilerinin, beklediğiniz gibi, eksiye geldiğine dikkat ediniz.

Bu dipolden çok uzaktaysanız, o durumda bir probleminiz olur.

Daha önce artı  ve eksi bir yükümüz olduğunda çok uzaklarda artı  kazanmıŐtı.

Bu, bir artı iki yüküne sahip olmaya benziyordu.

Eğer çok uzaktaysanız, elektrik alanın her zaman artı iki eŐdeđer yükten dışarı doğru olmasını beklersiniz.

Fakat eğer artı ve eksi yükleri toplarsanız ve eşit byklkteyseler, diyelim ki artı bir ve eksi bir olsun; böylece sıfır elde edersiniz. Yani çok uzaktaysanız, hiç birisi kazanamaz ve dikkatle bakın; çok çok uzaktaysanız, gerçekten ne dıŐarıyı ne de içeriyi gösteren oklar göremezsiniz.

Doğa, birinin diğerinden daha güçlü olduğuna karar veremez.

Ve bu dipol alanlarını çok çok özel yapar.

Artı üç ve eksi bir durumunda, eğer çok çok uzaktaysanız, bu artı iki yüke sahip olmak gibidir ve E alanı çok çok uzağa gittiğiniz zaman bir bölü r kare ile azalır.

Sezgileriniz bir dipol için elektrik alanının bir bölü r kareden daha hızlı düşeceğini söyler.

Ve bu, bu hafta size vereceğim ev ödevinin bir kısmıdır. Ben aslında şimdiden, size cevabı verebilirim. Siz onu kanıtlamak zorundasınız.

Eğer elektrik dipolünden çok çok uzaktaysanız, elektrik alan bir bölü r küp ile düşecektir.

Bu, bir bölü r kareden daha hızlı gider.

Uzayda elektrik alanının sıfır olduğu bir tek nokta bile yoktur.

Bunun neden böyle olduğunu düşünüp bulabilirsiniz.

Bu nedenle, bu alan şekillenimleri oldukça karmaşık ve çok ilginç olabilirler ve her biri kendine özgü uygulamaya sahiptir.

Bu dipoller fizikte nadir midir? Hiç de öyle değildir.

Aslında onlar aşırı derecede yaygındır. Onlardan kaçınamazsınız.

Hatırlarsanız, daha önce size anlatmıştım. Küresel bir atom veya molekülünüz var ve onu bir yüke iyice yaklaşıtıyorsunuz – haydi şimdi şöyle düşünelim: onu bir elektrik alanı içine getiriyorsunuz, bu, aynı şeyi söylemenin bir başka yolu. Böylece güzel bir küresel atomumuz var veya küresel molekülümüz... Ve onu bir elektrik alanı içine getiriyoruz.

Elektronlar, elektrik alan vektörleri akıntısına karşı gitmeyi isterler, yani elektrik alana zıt yönde giderler..

Pozitif yük ise alan yönünde gitmek ister, akış yönünde gitmek ister.

Ve böylece ne olmuş olur?

Elektronlar çekirdeğin bir tarafında, elektrik alanının olmadığı durumdakinden biraz daha fazla zaman geçirirler.

Ve dolayısıyla, indükleme yoluyla bu atomu, bu molekülü bir dipol haline dönüştürmüş olursunuz.

Ortalama zaman içinde, bu tarafta biraz daha fazla yükünüz varsa, ortalama zaman içinde o tarafta aynı miktarda artı yüke sahip olursunuz.

Böylece istesenez de istemesenez de, sık sık dipoller oluşturursunuz.

Ve bu derste daha sonra di-elektrikleri anlatırken, atomların ve moleküllerin kutuplanmasıyla ilgili birçok şey öğreneceksiniz. Ve bu kutuplanmanın, maddenin özellikleri üzerinde çok büyük bir etkisi olduğunu göreceksiniz.

Size burada sınıfta bir dipol yapabilir miyim, ne dersiniz?

Evet, bu çok basit. Bunu sınıfta yalıtkanlarla yapmak kolay değildir.

Ama iletkenlerle yapmak çok kolaydır.

Ve onu gördüğünüz bu iki küre ile yapacağım. Bu iki metal küreye bakın. Onlar iletken. Serbest elektronlar, iletkenlerde çok kolay hareket ederler.

Ve ovalayacağım bu kauçuk çubuğu - doğru hatırlıyorsam negatif yüklenecek, getirip birbirine değen bu iki küreye yaklaştıracam.

Şimdi metal kürelerimizin biri burada ve diğeri de burada olsun ve bu da kauçuk çubuğumuz. Negatif yüklü.

Aha! Ne olacak?

Elektronlar uzaklaşmak isteyecekleri için, bu negatif yüklenmiş olacak ve dolayısıyla bu da çok küçük bir pozitif yükle yüklenmiş kalacaktır.

Nötr olarak başlarsam, buraya gelen her bir elektron bir negatif yük fazlalığı oluşturacak ve yük korunumundan dolayı burada da bir pozitif yük fazlalığı görülecektir. Yoktan yük yaratamazsınız.

Ve şimdi ne yapıyorum, bu kauçuk buradayken, bu kauçuk çubuk burada dururken, onları ayırıyorum; evet, onlar başlangıçta birbirleriyle temas etmekteydiler, temas etmek zorundaydılar...

Hey, bazı misafirlerimiz var.

*Geç kalma, sana diyorum, sevimli çocuk !*

Etkilendim. Teşekkür ederim.

Böylece şimdi yapacağım şey, bu kauçuk çubuk hala buradayken onları ayırmaktır. Onları ayırdığım zaman, negatif yükler bunun üzerinde, pozitif yükler ise bunun üzerinde kalır.

Ve böylece bunda negatif yük yarattım bunda ise pozitif. Onlar eşit büyüklükte, bu yüzden bir dipole sahibim.

Size göstermek istediğim şey, burada gerçekten de pozitif yükün ve burada negatif yükün olduğudur. Bu ikisi farklı kutupluluğa sahiptir ve deneyi bu şekilde yapacağım.

Onların sahip olduğu yük miktarlarının tam olarak aynı olduğunu elbette ki gösteremeyeceğim.

Işıkları kısayım ki daha iyi görünsün. Orada ilk kez bir elektroskop görüyorsunuz, onu daha önce tartışmıştık.

O, ince bir alüminyum şerit, çok ince ve ona yakın bir metal çubuktan oluşmaktadır ve çubuğu yüklediğim zaman yük aynı zamanda alüminyum şeride de gider ve birbirlerini iterler; böylece alüminyum şerit sağa doğru sapar.

Ve üzerinde daha fazla yük olursa, o daha fazla sağa sapar.

İlk olarak bu ikisini yan yana koyalım, tamamen yüksüz olduklarından emin olalım ve şimdi bu ikisini bu kauçuk çubuk tarafından üretilen elektrik alan içine getireceğim. Kedi kürküyle ovalamalıyım, sanıyorum ki negatif yüklenecek. Fakat elbette ki negatif mi yoksa pozitif mi olduğunu hatırlamak zorunda değilsiniz, adın ne olduğu çok da önemli değil.

Ama negatifti. Tamam. Ve şimdi buraya gidelim.

Onu buraya getireyim. Umarım üzerime kıvılcım gelmez, çünkü bu gösteriyi mahveder.

Ve şimdi ne yaptığıma dikkat edin. Çubuk buradayken onları ayırıyorum.

Onu orada tutarken, oraya benim ve sizin göremediğiniz bir şeyler gidiyor fakat kauçuk çubuk negatif olduğundan, elektronlar bu yönde kayıyordu ve şimdi bu pozitif ve o ise negatif.

Eğer şimdi bunu alıp elektroskopa dokundurursam, onun üzerinde yük olduğunu açıkça görürsünüz.

Size şimdi diğerinde farklı bir yük olduğunu nasıl gösterebilirim?

Bunu yapabilmemin bir yolu, bu küreyi elektroskopun çok yakınına getirmektir.

Ve eğer bu yük elektroskopun üzerindeki yükten farklı ise, okunan değer daha küçük olacaktır.

Ve niçin böyledir? Neden daha küçük okunacaktır?

İşte elektroskopun şimdiki durumu.

Ve burası, elektroskopun tepesindeki topuzudur, orada üst tarafı aşağıda.

Eğer bu tamamen negatif ise, ayrı olmasının sebebi de budur, eğer şimdi buraya pozitif yüklü bir cisim ile yaklaşırsam ve şimdi bunun pozitif yüklü olduğunu iddia ediyorum, çünkü bu negatif yüklüydü, o zaman elektronlar pozitif yükten korkarlar, böylece daha fazlası gider, özür dilerim, elektronlar pozitif yükleri severler, böylece elektronlar pozitif yüke gelmek isterler böylece bu elektronlar aşağı doğru tekrar

sürüklenirler ve eğer onlar aşağı gelirse, daha azı burada kalacaktır ve bu yüzden bunu göreceksiniz.

Ancak eğer buraya negatif yüklü çubuğu getirirsem o zaman elektronlar daha uzağa gitmek isterler, elektronlar yukarı gideceklerdir ve bu nedenle okunan değer daha büyük olacaktır.

Böylece her zaman yükünüzün işaretinin ne olduğunu indüklemeye test edebilirsiniz.

Umarım ben konuşurken bu yükünü hala tutuyordur.

Ve şimdi iddia ediyorum, eğer işareti farklı ise ve elektroskopa çok yaklaştığım zaman hala varsa, dokunmasam bile, okunan değer biraz daha küçük olmalıdır.

Haydi, çalışıp çalışmadığını görelim.

Görüyorsunuz aşağıya gidiyor. Aşağıya gidiyor. Aşağıya gidiyor.

Böylece indükleme sayesinde gerçekten de bunun, bundan farklı kutuplu olduğunu göstermiş oldum.

Eğer bunu buradakine yaklaştırırsam, maksimumda değilse, daha uzağa gidecektir, haydi bunu deneyelim, görüyorsunuz, daha uzağa gidiyor.

Böylece ben sadece dipol oluşturmayı göstermiş olmadım, aynı zamanda indüklemeye iki küre arasındaki kutup farkının da gösterilebileceğini anlatmış oldum.

Eğer bir dipol oluşturur ve bunu bir elektrik alana koyarsam, dipol dönmeye başlar.

Haydi, ilk olarak bunu konuşalım. Niçin döner? Ve şimdi bir dipol, büyük bir dipol oluşturarak bunu göstermeye çalışacağım.

Evet, önünüzde neredeyse oradaki kadar büyüklükte.

Bunun gibi bir elektrik alanımız olsun. Ve bu alana büyük bir elektrik dipolü, kocaman bir dipol getiriyorum. Bu deneyde kullanacağım dipol işte bu.

Her iki tarafta birer pingpong topu var, onlar iletken ve yalıtkan bir çubuk ile birbirlerine bağlanmışlar. Dolayısıyla bu bir dipoldür.

Bu çubuk iletken değildir. Ve bu iletken ve bu da iletken.

Ve şimdilik bunun pozitif ve bunun negatif olduğunu varsayalım.

Ve size bunun nasıl yükleneceğini göstereceğim.

Pozitif yük bu yönde, her zaman elektrik alan yönünde, bir kuvvetin etkisinde kalacak ve negatif yük ise daima alana zıt yönde bir kuvvet hissedecek.

Ve Şimdi burada bunun üzerinde, bu dipol üzerinde bir tork vardır.

O saat yönünde dönmeye başlayacaktır.

Ve elbette ki eğer bu yönde olduğu zaman alan çizgilerini geçerse tork ters dönecektir.

Bunu görmek çok kolaydır.

Ve onun titreŐim yapacağını göreceksiniz. Yeterince sönüm varsa, er veya geç, alan çizgileri yönünde duracaktır. Ve size göstereceğim Şey işte budur.

İlk önce, bu çeŐit bir dipol yapmalıyım ve bunu Şöyle yapabilirim.

Bu bir metal çubuk, bu ise yalıtkan ve bu ikisi pingpong topları. Bu taraftaki sarı işaretli diğer taraftaki ise turuncu iŐaretlidir.

Ve bunları bu metal çubuğa tutturacağım.

Başka bir deyişle buradaki bu dipol, aslında henüz dipol değil, metal - metal ve buradaki metal çubuk ise onları birbirine bağlayan bir iletkendir.

Şuradaki Van de Graaff üretecini açacağım; Van de Graaff bir elektrik alan üretir, böylece burada bir Van de Graaffımız var.

Ve Van de Graaff üretecinin pozitif yük ürettiğini varsayalım.

Bazı Van de Graaff'lar, kubbesinde pozitif yük üretir, kubbesinde negatif yük üretecek Şekilde tasarlanmış olanları da vardır.

Ve hatırlarsanız biz onun pozitif yük ürettiğini varsaymıŐtık. Şimdi ne olacak?

Elektronlar bu yönde gitmek isteyecekler. Böylece bu negatif olur.

Geride protonlar, pozitif yükler kalır. Böylece indüklemeye bir dipol oluşur.

Çünkü onları birleŐtirmiŐtim. Onları bu metal çubuk ile birleŐtirdim.

Böylece bu elektronlar bu çubuk üzerinden akarlar ve burada birikirler.

Şimdi çubuğu kaldırıyorum. Ve böylece çubuğu kaldırdığım zaman bir dipol oluştururum.

Burada yalıtkan bir ip ve olta sopası var ve sopanın ucunda kalıcı dipolüm yer alıyor.

Bu kalıcı dipol ile Van de Graaff'ın etrafındaki elektrik alanını araŐtıracaaęım.

Aynı Van de Graaff'ı seğebilirdim, fakat burada bunu seçmemin bir nedeni var:, ben bu Van de Graaff etrafında dolaŐırken sopanın ucundaki dipolü kolayca görebilirsiniz. Bu dipol daima ışınsal doğrultuda, elektrik alana nasıl baktığınıza bağlı olarak, içeri veya dışarı doğru gitmek ister. Bu alanı bu Şekilde inceleyebilirim ve gerçekten

buralarda bir yerlerde Van de Graaff'a doğru veya ondan dışa doğru güçlü bir ışınal alanın olduğunu size ilk kez göstereceğim. Ve bu deneyi yaparken ilk kez bu sabah farkına vardığım çok ilginç bir şey-söyleyeceğim.

Eğer şuradaki diğer Van de Graaff'ı çalıştırdığımda o da pozitif ise, ona doğru yürüdüğüm zaman bu dipolün nasıl yöneleceğini düşünürsünüz?

Negatif top mu Van de Graaff'a daha yakın olacak, yoksa pozitif olan mı? Size bunu düşünmeniz için 30 saniye veriyorum.

Buradaki gibi bir dipol yapalım, bu Van de Graaff'ın pozitif olduğunu varsayalım.

Böylece bu taraf eksi olacaktır, bunu A olarak isimlendiriyorum ve bu taraf pozitif olacak, bu da B olsun.

Şimdi bu dipolle yürüyorum, onu bu alana getiriyorum.

Ve bunun da pozitif olduğunu varsayalım. Bunu henüz bilmiyoruz.

Dipol şimdi nasıl hizalanacak?

A içeri doğru mu olacak veya A dışarı doğru mu olacak?

Kimler A'nın içeri doğru olacağını düşünüyor? Çok güzel.

Kimler A'nın dışarı doğru olacağını düşünüyor? Peki.

A içeri doğru olacaktır. Eğer iki Van de Graaff aynı kutba sahiplerse.

Böylece eğer bu olmazsa, bu fiziğin çalışmadığı anlamına gelmez, bu iki Van de Graaff'ın farklı kutba sahip olduğu anlamına gelir.

Ve ne olduğunu göreceğiz.

O zaman ilk olarak bir dipol yapayım. Evet dipol burada. O şimdi kısa devredir.

Van de Graaff'ı açıyorum. Böylece indüklemeye meydana geliyor.

Hatırlayın, sarı top Van de Graaff'ı gösteriyor, turuncu ise Van de Graaff'tan uzakta.

Tamam. Böylece bir dipol indükledim.

Oh. Aslında bunu tekrar yapmalıyım.

Ne olduğunu bilmiyorum. İlk önce alanı kaldırmalıyım. Tamam.

Sarı içerde, doğru, onlar bu şekilde miydi? Tamam. Sarı içerde.

Oraya gidiyoruz.

Böylece bu metal çubuk boyunca bir dipol oluşturuluyor.



Bağlantıyı kesiyorum ve bu şimdi bir dipol olmalı.

Şimdi alanı açıyorum, kutuplar aynı ise sarı içeri gelecektir.

Çok az sallamayı deneyeceğim.

Bu iki şeye dikkat edin.

Bu çok güzel bir şekilde ışınsal olarak hizalanacak fakat sarı içeride değil, sarı dışarıda. Demek ki iki Van de Graaff farklı kutuplara sahipler.

Fakat hoş bir şekilde döndüğünü görebilirsiniz.

Ve onlar sonunda ışınsal olur ve buranın etrafında gittiğim zaman çok az sallanırlar, çok az salınım yaparlar fakat sönüm sayesinde durabilirler, gerçekten alan güzel bir şekilde ışınsaldır ve sarı yanlıştır.

İki Van de Graaff farklı kutuplara sahipler

Böylece bir dipolü nasıl oluşturacağınızı gördünüz ve ayrıca belli bir kutuplanmayı nasıl belirleyeceğini öğrendiniz.

Yağ içerisindeki çim tohumları ile elektrik alanını inceleyebilirim.

Çim tohumları uzundur ve bir çim tohumunu elektrik alanına koyduğum zaman kutuplanacaktır. Yapacak bir şey yok.

Bu bir çim tohumu ve elektrik alan da böyle.

Ve böylece elektronlar indüklenmeyle bu yönde olabildiği kadar gitmek isterler.

Ve böylece bu taraf pozitif kalır. Şimdi çim tohumları ne yapacaklardır?

Döneceklerdir. Elektrik alan ile aynı yöne yönleneceklerdir.

Şimdi size bir dipolün etrafındaki alan şekillenimlerini bu yolla göstereceğim.

Ve daha sonra eşit kutuplu iki yük civarındaki alan şekillenimini de göstereceğim.

Bunu lisede manyetik alanlar, demir tozları konusunda görmüş olabilirsiniz. Çocuk işiydi. Bu yapılacak en basit şeydir.

Bu ise gerçek bir şey, bu elektrik alanı; sizinle bahse girerim ki bu gizemli tohumların izini sürdüğü elektrik alanlarını daha önce hiç görmemişsinizdir.

Gösterimi iyileştirecek şekilde ışıkları ayarlayayım.

Başlangıçta bu tohumların karmaşık bir şekilde olmaları gerekir.

Gördüğünüz ilk şey, bunun bir dipol olduğuna inanıyorum.

Hemen hemen kesin.

Şimdi birini pozitif diğerini negatif yükleyeceğim.

Ve sonra bu çim tohumlarının birbirlerini nasıl şekillendireceklerini görebiliriz.

Yakından izleyin. Orada. Görüyorsunuz.

Aman Allah'ım. Bu harika bir dipol alanı.

Tabii ki hangisinin artı hangisinin eksi olduğunu bilmiyoruz. Çünkü çim tohumlarının üzerlerinde oklar yok

Fakat her bir yük üzerindeki bu inanılmaz içeri veya dışarı doğru ışımsal çizgileri açıkça görüyorsunuz ve aralarındaki yayları görüyorsunuz.

Kimler kolayca görebiliyor?

Tamam, 20 bin dolarlık öğrenim harcın karşılığında değerli bir şeyler elde ettin.

Belki biraz daha fazla yük koyabiliriz. Çok açık.

Ve şimdi daha ilginç olan şeyi, şu iki yük etrafındaki alanı size göstermek istiyorum, fakat şimdi yükler aynı işaretle.

Şimdi çim tohumlarının hafızasını silmeliyiz.

Tamam, şimdi her ikisini de aynı kutuplu yapmaya çalışacağım.

Ve o zaman daha önce bahsettiğim bu hava üflecinin etkisini izleyebilirsiniz.

Galiba temas etmiyorlar, temas ettiklerinden emin değilim.

Tamam, tekrar deneyeceğiz.

Haydi.

Bu çok komik, biliyorsunuz, orada bir yerde gizlenmiş biraz yük var gibi görünüyor. Çünkü daha önce gördüğümüz Maxwell grafiğindeki kadar güzel görünmüyor grafik.

Yeğlenen tarafta bir şeyler var gibi görünüyor.

Ve bu yüzden elektrik alan bozuluyor. Onun yükünü boşaltmayı deneyelim.

Ben epeyce iyi bir iletkenim, bu yüzden başıboş yükleri alabilmeliyim.

Ooo, bir dakika bekleyin. Bunu ters koymuşum. Aman Tanrım!

Herkesin başına gelebilir. Tamam.

Onlar aslında iyi temas etmiyorlardı, şimdi hazır mıyız?

Aaaah, şuna bakın. Harika.

Şimdi bu alan çizgilerini net bir şekilde görebiliyorsunuz ve hava üfleçlerinin birbirleriyle nasıl yarıştığını orada görüyorsunuz. Çok etkileyici.

Tamam, alan çizgilerini, burada elektrik alan çizgilerini görmeyiz bir yolu işte budur.

Ve bazılarınız demir tozları ile manyetik alan çizgilerini görmüş olabilirsiniz.

Eğer bir Van de Graaff'ım varsa, evet burada bir Van de Graaff'ım var; bunun pozitif olduğunu varsayalım; pozitif veya negatif olup olmadığını bilmiyorum, öyle varsayalım. Oradakilerden birini kullanacağım ve burada yerde duracağım. İşte bu ben, Walter Lewin. Bana ne olacak?

İndükleme yoluyla, yerden elektronlar çekilecek ve yukarı gelecekler, çünkü elektronlar pozitif yüke yaklaşmak isteyecekler.

Böylece negatif yüklenmiş olacağım.

Alan çizgileri ne yapacak? Onlar aşırı derecede karmaşıklar

Ooh, onlar çok karışık olacaklar. Çok karmaşık.

Belki şunun gibi bir şey. Belki de şöyle. Bazıları buraya gelebilir.

Bazıları benim boynumda sonlanabilir. Bazıları buraya gidebilir. Bunun gibi.

Çok karışık alan şekillenmeleri.

Fakat bu alanı incelemek istiyorum. Bir şekilde biraz incelemek istiyorum.

Bu alanın nasıl ve ne gibi bir şey olduğunu hissetmek istiyorum.

Ve bunu yapmamın bir yolu buraya yüklü bir balon koymaktır.

Burada balonu görüyorsunuz. Bu bir iletken balon.

Bir yüklü balon koyacağım; diyelim ki buraya koyduk.

Eğer pozitif yüklenmiş bir balon ise bu yönde yükselecektir. Doğru mu?

Kuvvet her zaman alan çizgilerine teğettir.

Balon alan çizgilerini terk edecek, alan çizgilerinde kalmayacaktır,. Balon üzerinde yavaşlamalar söz konusudur. Balon seçmemin sebebi budur ve bu yüzden göreceli olarak yavaş hareket edecektir ve eninde sonunda kafamda, tam burada sonlanacaktır.

Burada, kafamda son bulmak üzere, belki şöyle gelecek, şimdi kafamdan biraz negatif yük alacak ve anında negatif yüklenecektir Böylece kuvvet şimdi ters dönecektir ve bu yönde olacaktır, bu alana teğet olacak ve geri gidecektir.

Van de Graaffa tekrar çarptığında pozitif yükü yükleneyecek, zıt işaretli olacak ve geri gidecektir.

Benimle Van de Graaff arasında ileri geri sıçrayacaktır. Yükün tam olarak alan çizgilerini takip etmediğini hatırlatmama rağmen, bu size alan şekillenimi hakkında bazı kaba fikirler verecektir.

Burada oturacağım ve bunun bir parçası olacağım, bu muhtemelen pozitif olacak, ben de otomatik olarak negatif; hiçbir şey yapmayacağım, sadece Van de Graaff'ı çalıştıracam ve bu arada balon üzerine de çok küçük bir yük koymalıyım.

Muhtemelen kendi başına gidip gelecektir, fakat ben daima Van de Graaffa gitmesi için küçük bir itme vereceğim, işte gidiyor.

Ooh Gözlüklerim çok iyi bir yalıtıcıdır, bu nedenle daima bana çarpması için gözlüklerimi çıkarsam iyi olur.

Kutbunu değiştiriyor.

Böylece bu, fizik yapmanın ve aynı zamanda eğlenbilmenin bir yoludur.

Gelecek derste görüşürüz.