



MIT Açık Ders Malzemeleri

<http://ocw.mit.edu>

8.02 Elektrik ve Manyetizma, Bahar 2002

Lütfen aşağıdaki alıntı biçimini kullanın:

Lewin, Walter, *8.02 Elektrik ve Manyetizma, Bahar 2002*
(Massachusetts Teknoloji Enstitüsü: MIT Açık Ders Malzemeleri).
<http://ocw.mit.edu> (accessed MM DD, YYYY). License: Creative
Commons Attribution-Noncommercial-Share Alike.

Not: Alıntılarınızda lütfen bu materyalin gerçek tarihini kullanınız.

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

MIT Açık Ders Malzemeleri

<http://ocw.mit.edu>

8.02 Elektrik ve Manyetizma, Bahar 2002

Transkript – Ders 8 Kutuplanma ve Dielektrikler

Elektrik alanları yalıtkanlarda dipoller indükleyebilirler.

İletkenlerde özgürce hareket edebilen elektronlar, yalıtkanlarda atomlara ve moleküllere bağlıdır. Örneğin, moleküller veya atomlar tamamen küresel olsalar bile, bu yönde bir dış alan uygulandığında, birazcık uzamış olacaklar ve elektronlar orada alışık olduklarından biraz daha fazla zaman harcayacaklardır. Dolayısıyla bu kısım negatif ve bu kısım ise pozitif yüklenmiş olur; bu da bir dipol demektir.

İlk derste bunu sizinle zaten tartışmıştık; çünkü bununla ilgili epeyce önemli bazı şeyler söz konusuydu; eğer bir yalıtkanınız varsa, --artıların ve eksilerin nötr atomları belirttiklerine dikkat edin-- ve eğer şimdi yukarıdan aşağıya yönelmiş bir dış elektrik alan uygularsam, o zaman elektronların hafifçe kaydığını görürsünüz: onlar yukarda aşağıya göre biraz daha fazla zaman harcarlar ve şimdi gördüğünüz şey şudur: üst tarafta oluşturulmuş bir negatif yük tabakası ve alt tarafta pozitif bir yük tabakası.

Bu, indüklemenin bir sonucudur; bazen bunu **kutuplanma** olarak da adlandırırız.

Bir bakıma, elektrik yükünü kutupluyoruz.

Bunu yapan maddeleri **dielektrikler** olarak adlandırırız ve bugün, dielektrikler hakkında epeyce konuşacağız.

Dersimin ilk bölümü internette bulunmakta; Elektrik ve Manyetizmanın web sayfasına girerseniz, orada, şu an anlatacaklarımı ayrıntılı şekilde tanımlayan bir dosya görürsünüz.

Bir düzlem kondansatörümüzün olduğunu varsayalım: belli bir potansiyelle yüklediğim iki düzlem – burada, diyelim ki, artı sigma yükü var ve burada da eksi sigma yükü.

Bunu “serbest” olarak niteleyeceğim, --neden “serbest” dediğimi biraz sonra göreceksiniz-- ve buna da “eksi serbest” diyeceğim.

Böylece plakalar arasında bir potansiyel fark vardır; onların üzerine yük akar; plaka alanı A ‘dır, “sigma serbest” ise yük yoğunluğu, yani birim alana düşen yüküdür.

Böylece, bu yönde giden bir elektrik alan elde ederiz; onu E_{serbest} olarak adlandıracağım.

Plakalar arasındaki uzaklık, diyelim ki, d olsun. Bu veriliyor.

Belirli bir potansiyel fark oluşturmak için kullandığım güç kaynağını şimdi devreden çıkarıyorum. Onu tamamen ayırdım.

Bu, yükün burada tutulduğu anlamına gelir, o artık değişemez.

Fakat şimdi araya bir dielektrik sokuyorum. Şu maddelerden birini.

Şimdi üstte negatif-indüklenmiş bir tabaka ve altta ise pozitif- indüklenmiş bir tabaka göreceksiniz.

Buna “artı sigma indüklenmiş” ve buna da “eksi sigma indüklenmiş” diyeceğim.

Ve diğerlerini serbest olarak tanımlamamın tek nedeni, onları indüklenmiş olanlardan ayırmak için.

Yeşil olarak gösterdiğim bu indüklenmiş yükler, zıt yönde bir elektrik alan üretir ve bunu $E_{\text{indüklenmiş}}$ olarak tanımlıyorum.

Ve kuşkusuz E_{serbest} , serbest yüzeysel yük yoğunluğunun epsilon sıfıra bölümüdür ve $E_{\text{indüklenmiş}}$ ise, indüklenmiş yüzey yük yoğunluğunun epsilon sıfıra bölümüdür.

Ve böylece net E elektrik alanı bu ikisinin vektörel toplamıdır, böylece E_{net} –vektör işareti koyayım-- E_{serbest} ile $E_{\text{indüklenmiş}}$ ’in toplamıdır, vektörel toplamıdır.

Ben zaten yönü biliyorum. Büyüklüklerle ilgilendiğimden, bu yüzden net E alanının şiddeti, serbest yükler tarafından oluşturulan E alanının şiddeti, eksi indüklenmiş yükler tarafından oluşturulan E alanının şiddeti olacaktır, eksi çünkü bu E vektörü aşağı ve bu da yukarı yönlü.

Ve böylece, eğer şimdi serbest yükün belli bir kesrinin indüklendiğini varsayarsam böylece “sigma indüklenmiş”, bir b kesri çarpı “sigma serbest” olur; şimdi, indüklenmiş için t ve serbest için f yazıyorum.

$b, 1$ 'den küçüktür.

Eğer b , 0.1'e eşit olsaydı, “sigma indüklenmiş” “sigma serbest”in % 10'u olacaktı – bu, b 'nin anlamıdır.

Ve açıkça, durum böyleyse, o zaman, ayrıca, E_t de b çarpı E_f olmalıdır.

Onların birbirleri ile ilişkili olduklarını hemen söyleyebilirsiniz.

Ve böylece şimdi E_{net} için, aynı zamanda, E_{serbest} çarpı 1 eksi b yazabilirim ve bu 1 eksi b 'yi şimdi, bir bölü kapp olarak isimlendiriyoruz.

Ben bir bölü kapp olarak tanımlıyorum, kitabımız ise bir bölü K olarak tanımlıyor.

Fakat ben sürekli kapp'ı kullandığımdan, burada da kapp kullanacağım.

Ve bu kapp veya K, ne dersiniz deyin, **dielektrik sabiti** olarak adlandırılır.

O boyutsuz bir sayıdır.

Ve şimdi genel olarak yazabilirim ki E-- şimdi "net" kelimesini atıyorum, bundan sonra bu ders boyunca ne zaman E yazarsam, o, her ikisini de hesaba katan net elektrik alan demek olacak.

Böylece şimdi E eşittir, serbest elektrik alanı bölü kapp yazabiliriz, çünkü 1 eksi b, 1 bölü kappadır.

Ve gördüğünüz gibi, kafamda yaptığım bu deneyde, ilk olarak belirli bir potansiyel farkı altında plaka üzerine yük getiriyorsunuz, sonra güç kaynağını çıkarıyorsunuz, E alanının bir kapp çarpanıyla azalacağı dielektriği araya itiyorsunuz.

Cam için kapp yaklaşık 5'tir.

Bu önemli bir azalma olacak; size bunu daha sonra göstereceğim.

Bu deneyde elektrik alan azalır, plakalar arasındaki potansiyel farkın da azalacağı açıktır, çünkü plakalar arasındaki potansiyel fark V, her zaman plakalar arası elektrik alanın d katıdır.

Böylece, eğer bu kapp çarpanı kadar azalır; d'yi değiştirmeden dielektriği soktuğum zaman, elbette plakalar arasındaki potansiyel de azalır.

Bunların hiçbiri sezgisel değildir, fakat bunu daha sonra da göstereceğim.

Şimdi bir soru ortaya çıkıyor, Gauss Yasası hala geçerli midir?

Cevap tabii ki evettir, Gauss Yasası hala geçerlidir.

Gauss Yasası bana, kapalı döngüde -- kapalı yüzey demeliyim kapalı döngü değil-- E çarpı dA'nın kapalı yüzey entegralinin 1 bölü epsilon sıfır çarpı kutumdaki tüm yüklerin toplamı olduğunu söyler.

Tüm yükler! Net yükler. Bu hem indüklenmiş yükü hem de serbest yükü hesaba katmalıdır. Ve buraya, size hatırlatmak için, net yazayım.

Fakat Q-net kuşkusuz, Q serbest artı Q indüklenmiştir.

Ve bunun eksi bunun da artı olduğunu size hatırlatmak isterim.

Serbest yük orada pozitifdir, artıdır ve aynı plakada, eğer yukarıda bir Gauss yüzeyiniz varsa, negatif Q_{indüklenmiş} yüküne sahip olursunuz.

Bu nedenle, Gauss yasası basitçe, her ikisini de dikkate almanız gerektiği anlamına gelir. Böylece 1 bölü epsilon sıfır çarpı toplam Q_{serbest} yazabilirsiniz. Fakat şimdi indüklenmiş yükü dikkate aldığınızdan emin olmalısınız ve bu yüzden tamamını kappaya bölersiniz.

O zaman otomatik olarak indüklenmiş yükü dikkate almış oluyorsunuz.

Böylece Gauss Yasasını çok kolay bir şekilde, basitçe bu kappa çarpanı ile düzeltebilirsiniz.

Daha önce de bahsettiğim gibi, dielektrik sabiti boyutsuzdur. Tanımdan, bu sabit vakum için 1'dir.

1 atmosferlik gazların dielektrik sabiti, tipik olarak, 1'den sadece bir saç teli kadar büyüktür. Çoğunlukla bunu 1 olarak kabul edeceğiz.

Plastiğin dielektrik sabiti 3'tür ; oldukça iyi bir yalıtkan olan camın dielektrik sabiti ise 5'tir.

Bir dış elektrik alanınız varsa, o, moleküllerde dipoller indükleyebilir: Bununla beraber, elektrik alan olmadığına bile, zaten kendileri dipol olan maddeler de vardır.

Böyle maddelere dış elektrik alan uygularsanız, bu dipoller elektrik alan boyunca hizaya gelmeye başlarlar; daha önce bu deneyi çimen tohumları ile yapmıştık, belki onu hatırlıyorsunuzdur.

Ve dipoller elektrik alan yönünde dizildikçe, elektrik alanını biraz daha güçlendireceklerdir.

Diğer taraftan, maddenin sıcaklığından dolayı, bu dipoller, kendileri dipol olan bu moleküller, kaotik hareketlerle hizadan çıkmaya çalışırlar; sıcaklık, bunların hizadan çıkması için uğraşır.

Böylece, hizada kalmaları için uğraşan elektrik alanı ile hizadan çıkmaları için uğraşan sıcaklık arasında bir yarış olacaktır.

Fakat elektrik alan güçlü olursa, önemli miktarda hizalanma elde edebilirsiniz.

Kalıcı dipoller, kural olarak, laboratuarda sıradan araçlarla indükleyebileceğiniz diğer dipollerden daha güçlüdür; dolayısıyla doğal dipol olan maddeler, tartışmış olduğum kendileri dipol olmayan maddelerden çok daha yüksek değerlerde kappa'ya, çok daha yüksek dielektrik sabitine sahiptirler.

Su bir örnektir, aşırı iyi bir örnek.

Elektronlar, oksijene yakın yerlerde hidrojene yakın yerlerden biraz daha fazla zaman geçirirler ve suyun dielektrik sabiti 80 dir. Bu çok büyüktür.

Ve eğer daha düşük sıcaklıklara giderseniz, eksi 40 derecede buzu alırsanız, bu, daha da yüksektir, o zaman dielektrik sabiti 100'dür.

Dört deneyle, dört gösteriyle bunu size kavratmaya çalışacağım.

Bunlardan birisini zaten gördünüz.

Ve elinizden geldiğince onu yakından izlemeye çalışın; çünkü eğer küçük bir noktayı kaçıırırsanız, daha sonra muhtemelen daha fazlasını kaçıırırsınız.

Daha önce gördüğünüz gibi, masanın üzerinde iki paralel plakamız var, ve burada bir akımölçerim var, bunu ampermetre anlamına gelen A ile gösteriyorum.

Plakalar belli bir d aralığına sahipler.

Bu kondansatörü, uçlarına bir güç kaynağı bağlayarak yükleyeceğim. Onları 1500 volta bağlayacağım.

Işığımı ayarlayacağım, çünkü burada çok kısa bir süre onu göreceksiniz.

1 milimetrelilik bir d aralığı ile başlıyorum-- bu benim birinci deneyim olacak.. .

Ve V voltajı --her zaman plakalar arasındaki potansiyel farkı anlamına gelmektedir--, 1500 volt olacak.

Bu iki V için beni bağışlayın, buna bir şey yapamam.

Burada bu potansiyel fark demektir ve bu Volt cinsinden birimdir.

Onları yükledikten sonra, bağlantıyı keserim—bu çok önemli-- güç kaynağını devreden çıkarırım; -- güç kaynağı için PS yazdım.

İşte bu kadar.

Böylece yük hapsedilmiş oldu.

Ben onu yüklerken, geçen sefer gördüğünüz gibi, ampermetrede kısa bir dalgalanma göreceksiniz, çünkü plakaları yüklerken, yük, güç kaynağından plakalara gitmek zorundadır ve duvara yansıtacağım akımın kısa bir süre dalgalandığını göreceksiniz. Duvarda ampermetrenin yansısını görmektesiniz. Ampermetre kısa bir süre sağ tarafa gider ve hemen ardından hemen geri döner.

Bu, plakaları yüklemekte olduğunuzu gösterir.

Aralığı şimdi açıyorum, -- bu benim başlangıç durumumdur; dielektrik yok -- ve d aralığını şimdi 7 milimetre yapacağım.

Ve bu daha önce yaptığım şey.

Onu tekrar yapmamın nedeni, gelecek gösterimde buna ihtiyacım olmasındandır.

Uzaklığı 7 milimetre yaptığımda, Q_{serbest} diye adlandırdığım yük değişmeyecektir; o gerçekten plakalar üzerindeki yüküdür, çünkü o oraya hapsolmuştur.

Aralığı açtığım zaman, orada değişme olamaz.

Bu, ampermetrenin hiçbir şey yapmayacağı anlamına gelir, herhangi bir yük akışı göremeyeceksiniz.

E elektrik alanı değişmez, çünkü E, sigma bölü epsilon sıfırdır.

Eğer Q_{serbest} değişmiyorsa, sigma da değişmez.

Böylece, elektrik alanda bir değişim gözlenmez.

Fakat V potansiyeli 7 çarpanı kadar artar, çünkü V eşittir E kere d .

E sabit kalır, d artar, V artmak zorundadır.

Bu, daha önce zaten görmüş olmamıza karşın, benim size göstermek istediğim ilk şey. Daha sonra gelen gösterilerim için yeni koşullara ihtiyacım olacak.

1500 volttan yaklaşık 10.000 volta gidiyorum; bu, 7 çarpanıyla artıyor.

Ve orada bunu göreceksiniz.

Şurada ampermetreyi görüyorsunuz.

Görüyorsunuz daha önce açıklamıştık bu bir döner volt metre ve burada plakaları görüyorsunuz.

Şimdi aralık 1 milimetre, çok yakınlar.

Ve plakaları yükleyeceğim, geriye sayacağım ve siz de gözlerinizi ampermetreden ayırmayın: 3,2,1,0 ve akım dalgalanmasını gördünüz.

Böylece kondansatörü yükledim. O şimdi yüklendi.

Voltmetre 1500 volt civarında gösterir.

Bu belki biraz geçebilir, fakat çok fazla değil, fakat şimdi boşluğu 7 milimetreye arttırıyorum; ampermetreye bakıyoruz, hiçbir şey yapmıyor, yük hapsolmuştur ve plakalara giden bir yük yoktur; fakat voltmetrenin ne yaptığına bakınız.

Voltajı artırıyor, çok nicel olmamasına rağmen, 10.000 volta yaklaşmaktadır, şimdi 7 milimetre civarında bir aralığa sahibim ve bu benim istediğim şey.

Burada, şimdi sol tarafta öncekinden daha fazla aralıklı olan plakaları görüyoruz.

Böylece bu benim bir numaralı gösterimdir, daha önce yaptığımızın bir tekrarıdır.

Böylece şimdi 2 numaraya gelelim.

Şimdiki başlangıç şartlarım V 'nin 10 kilovolt olmasıdır; böylece, bu, plakalar arasında şimdi sahip olduğum potansiyel fark, d ise 7 milimetre ve bunu değiştirmeyeceğim.

Şu anda $kappa$ 1'dir.

Fakat şimdi plakalar arasına dielektrik malzemeyi sokacağım.

Bir parça cam alıyorum ve onu bu boşluğa koyuyorum.

Böylece Q_{serbest} bir yere gidemiyor, çünkü güç kaynağını kestim.

Böylece Q_{serbest} değişmez.

Eğer serbest yükte bir değişim yoksa, ampermetre hiç kıpırdamaz.

Böylece ben dielektriği araya soktuğumda, siz ampermetrede bir değer göremeyeceksiniz.

Fakat uzun uzun açıkladığımız gibi, elektrik alan, ki net elektrik alanıdır, $kappa$ çarpanı ile azalmaktadır. İşte tüm tartışma buydu.

Bu azalma, 5 çarpanı ile olacak.

Potansiyel, elektrik alan ile d 'nin çarpımı olduğundan-- fakat d 'yi 7 milimetrede tutuyorum, onu değiştirmeyeceğim-- eğer E $kappa$ çarpanıyla azalır, açıkça, potansiyel de $kappa$ çarpanı ile azalacaktır.

Şimdi ikinci kısmı görüyorsunuz; şimdi olduğu gibi, 7 milimetre kalınlıktaki bu camı araya sokuyorum, bunu oraya koyuyorum, ampermetrede bir değişim olmayacağını, fakat levhalar üzerindeki potansiyel farkının 5 çarpanıyla azalacağını umuyorsunuz, dolayısıyla döner voltmetrede çok küçük bir sapma olacağını göreceksiniz.

Bunun için hazır mısınız? Başlıyoruz.

Ve şimdi daha küçük bir potansiyel farkınız var, fakat plakalara giden veya plakalardan akan bir akım yoktur.

Ve dielektriği geri çektiğimde, potansiyel fark tekrar 10.000 volta döner.

Böylece bu ikinci gösterimdi.

Ve şimdi 3 numaraya geçiyoruz.

Fakat 3 numaraya geçmeden önce, kendime bir soru sormak istiyorum: Bu plakalar arasına dielektriği yerleştirdiğimde, kapasitansa gerçekten ne oluyor?

Kapasitans, serbest yükün plakalar arasındaki potansiyel farkına bölümü olarak tanımlanır. Bu kapasitansın tanımıdır.

Bu deneyde gördüğünüz gibi, voltaj $kappa$ çarpanı ile azalmış, kapasitans $kappa$ çarpanıyla artmıştı, çünkü Q_{serbest} değişmiyordu.

Ve böylece, kapasitans için, düzlem plakalı kapasitörler için daha önce türettiğimiz gibi, hala hatırlıyorum; o, alan çarpı epsilon sıfır bölü d idi, araya cam yerleştirdiğimizden beri kapasitansın kapa çarpanıyla arttığını biliyoruz, bu şimdi bizim yapmamız gereken değişikliktir.

Kapasitansı hesaplamak için, basitçe iki iletkeni ayıran ince tabakanın dielektrik sabitiyle iki levha arasındaki tabakanın d kalınlığını çarpmamız gerekmektedir.

Bizim durumumuzda, araya cam yerleştirmiştik.

Hayatınız boyunca hatırlayabileceğiniz birkaç eşitlik yazmalıyım ve onları daha sonraki iki gösterimde de kullanabilirsiniz.

Birisi şu: E , her zaman net E , E 'yi yazdığımda bu her zaman net olanıdır. E , sigma serbest bölü epsilon sıfır çarpı kappaya eşittir.

Kappa buraya geldi; bugün tartışmıştık.

Buna denklem 1 diyelim.

İkincisi, plakalar üzerindeki potansiyel farkının, daima plakalar arasındaki elektrik alanı ile d 'nin çarpımına eşit olmasıdır. Çünkü entegral E nokta $d\ell$, belli yol üzerinden potansiyel farktır.

Bu değişmeyecektir.

Ve sonra üçüncüsü, bu kullanışlı olabilir, orada var: C eşittir Q_{serbest} bölü potansiyel farktır; plaka alanı cinsinden, A çarpı epsilon sıfır bölü d çarpı kappadır.

Buna da denklem 3 diyelim.

Şimdi 3. deneyime gelelim.

3. gösteride güç kaynağının bağlantısını kesmiyorum.

Ve şimdi üç numarada, 1500 volt ile başlıyorum, birincide yaptığımız gibi; fakat güç kaynağı deney süresince orada kalacak, hiç çıkarılmayacak.

d eşittir 1 milimetre ile başlıyoruz, birinci deneyde yaptığımız gibi. Cam yok.

İlk deneyde yaptığım gibi, şimdi onu yükleyeceğim ve elbette ampermetrenin bu yükü gösterdiğini göreceğim.

Akımda bir dalgalanma görürüz.

Şimdi d aralığını 7 milimetreye çıkartıyorum.

Bu kez ilk deneyde gördüğümüzden çok farklı bir şey meydana gelebilir.

Nedeni şu: Potansiyel fark sabitlenmiştir; çünkü güç kaynağının bağlantısı kesilmemiştir, güç kaynağı yerinde duruyor.

Şimdi 2 no.lu denkleme bakınız.

Eğer bu V değişmezse ve d aralığını 7 çarpanıyla artırırsam, elektrik alan 7 çarpanı kadar azalmalıdır.

Böylece elektrik alan 7 çarpanıyla azalacaktır, çünkü aralığı 1 milimetreden 7 milimetreye çıkardım.

Şimdi elektrik alan değişti, çünkü d arttı.

Kapasitansa gelince; kapasitans da 7 çarpanı ile azalacaktır, çünkü eğer 1 no.lu denkleme bakarsanız, burada $kappa$ 1'dir.

Eğer d 'yi 7 kat artırırsam, C de 7 çarpanı kadar azalır.

Şimdi buna bakın, oldukça basit. Ve böylece C de 7 çarpanı ile azalmak zorundadır.

Dielektrikle ilgili bir şey yok. Hiçbir şey.

Ve böylece $Q_{serbest}$ de şimdi 7 çarpanı ile azalmak zorundadır, çünkü eğer potansiyel fark değişmezse, fakat $Q_{serbest}$ 7 çarpanı ile azalırsa, ardon C , 7 çarpanı ile azalırsa, $Q_{serbest}$ 7 çarpanı ile azalmak zorundadır.

Bu 7 çarpanı ile azalır; bu ise değişmez. Ve serbest yük 7 çarpanı ile azalır.

Bu, ne anlama gelir?

Bu, yükün şimdi plakalardan akacağı anlamına gelir; plakalardan uzaklaşacak ve böylece ampermetre şimdi plakalardan yük aktığını söyleyecek ve sonra bu kol [vışşı] sola doğru gidecek.

Böylece açtığımda, ne kadar hızlı açtığıma bağlı olarak, yük plakalardan diğer yönde akacaktır, yük levhalardan akacak ve onu her açtığımda ampermetre size akımın bu yönde gideceğini gösterecektir.

Bunu, ilk önce bunu yapalım; dielektriği dahil etmeden, basitçe güç kaynağını bağlı tutalım.

İlk olarak geriye 1 milimetreye gitmeliyim; şimdi onu yapıyorum, onları kısa devre yapmadığımdan emin olmak için burada bu ince levham var, o yaklaşık 1 milimetre ve şimdi 1500 voltu bağlayacağım ve onu muhafaza edeceğim; onu yüklerken, ampermetrenin sağa doğru dalgalandığını göreceksiniz, sağa doğru!

Bu, her zaman levhaları yüklediğimiz anlamına gelir.

Böylece oraya gidiyoruz, onu gördünüz mü?

Ben görmedim; çünkü dikkatimi buraya vermeliydim. Bu öyle mi oldu?

İyi. Böylece bu şimdi yüklendi.

Bu bağlantıyı kesmiyoruz, o güç kaynağına bağlı kalacak.

Şimdi arayı açacağım ve açtıkça potansiyel aynı kalır, yani bu voltmetre beni umursamaz, kesinlikle neredeyse orada kalacak, çünkü 1500 volt, 1500 volt kalacak, fakat şimdi açarız ve açınca, plakalardan yükü alacağız ve böylece bunun sola gitmesini bekleriz.

Ona küçük bir sarsıntı verdiğim her zaman, şimdi onu yapıyorum, o sola gitti.

Şimdi tekrar ona gidiyorum, 2 milimetreye gidiyorum, 3 milimetreye gidiyorum, 4 milimetreye gidiyorum, 5 milimetre yapıyorum, 6 milimetre ve nihayet sonunda 7 milimetredeyim.

Her arttırmıştım, ibrenin sola gittiğini görürsünüz.

Her zaman biraz yük çıkarıyorum. Ve bu 3 no.lu gösteriydi.

Neden 7 milimetreye gitmiştim?

Siz bunu tahmin edin! Şimdi dielektriği yerleştirmek istiyorum.

Ve şimdi de 4 no.lu deney: 1500 volt ile başlıyorum, d eşit 7 milimetre, onu değiştirmeyeceğim.

Arada dielektrik madde yoktu; fakat şimdi, bir dielektrik koyuyorum.

Böylece işin içine kapa girecek. Şimdi ne olacak?

Peki, eminiz ki V değişmez; çünkü o bir güç kaynağına bağlı, bu yüzden değişmez.

Q_{serbest} 'e ne olacak?

Bu denkleme bakınız.

İçeriye bir dielektrik yerleştirdiğimde, kapasitansın kapa çarpanıyla artacağını biliyorum. C de kapa çarpanıyla artacaktır.

Eğer C kapa çarpanı ile artarsa ve V potansiyeli değişmiyorsa, o zaman Q_{serbest} de kapa çarpanı ile artmak zorundadır.

Bu denklem 3'ten hemen çıkarılabilir.

Böylece bu kapa çarpanı ile artmak zorunda.

Bu ne anlama gelir? Bu, yükün plakalar boyunca aktığı anlamına gelir.

Plakalar üzerindeki yükü arttırıyorum ve böylece ampermetre bana bunu söyleyecektir.

Ve böylece ampermetrem, “evet! plakalar üzerine yük koymalıyım”, diyecek ve böylece ampermetrem bunu yapacak.

İşte size göstermek istediğim şey budur.

Şimdi dikkate değer husus ise şu: bu E elektrik alanı, yani net E elektrik alanı değişmeyecektir.

Ve “fakat oraya dielektrik koydunuz!”, diyebilirsiniz, kesinlikle oraya bir dielektrik koydum.

Fakat potansiyel farkını ve d aralığını da sabit tuttum.

V potansiyeli daima E ile d 'nin çarpımı olduğundan, eğer voltajı 1500 de tutarsam ve aralığı da 7 milimetrede tutarsam, o zaman net elektrik alanı değişmez; bu tamamen öncekinin aynıdır.

Q_{serbest} 'in değiştirmek zorunda olmasının nedeni de budur; bunu düşünün.

Dielektrikte indüklenmiş yükler ortaya çıkardığınızdan dolayı, E elektrik alanını sabit tutmak için bunu telefi etmek zorundasınız. Bunu telafi etmenin tek yolu da, doğal olarak plakalar üzerindeki yükü, serbest yükü artırmaktır.

Ve şimdi size göstermek istediğim son şeye sıra geldi.

Şimdi içeriye bir dielektrik koyuyorum; bu durumda göreceğiniz şey, bu akımın plakalar üzerine akacağıdır ve voltmeter hiçbir şey yapmayacak, yerinde kalacak ve camı yerleştirdiğimde dalgalanacağını göreceksiniz.

Ve sonra tabii ki geri dönecek.

Orda sadece küçük bir yük açığa çıkar ve bu sonra geriye dönecektir.

Böylece dielektriği içeri iterken, yükün plakalar üzerine aktığını göreceksiniz.

Başlıyoruz, buna hazır mısınız? Üç, iki, bir, sıfır.

Ve plakalar üzerine akan yükü gördünüz.

Camı çıkardığımda, tabii ki, yük tekrar plakalar üzerinden ayrılır ve şimdi bunu görüyorsunuz.

Size dört tane gösteri sundum. Bunların hiçbirisi sezgisel değil.

Ne sizin için, ne de benim için.

Bunları her yaptığımda, oturup çok dikkatlice düşünmeliyim; gerçekten değişen ve değişmeyen nedir? Bunun için bir hissim yok.

İçimde “Evet, tabii ki, bu olacaktır” diyen bir sezgi oluşmaz. Asla olmaz.

Ve bunu, sizden de beklemiyorum.

Öyleyse, sizin için tek tavsiyem şu: dielektriklerin işin içine girdiği durumlarda uğraştığınızda; plakalar ayrılсын veya ayrılmasın, güç kaynağı bağlı olsun ya da olmasın, ona çok soğukkanlı bir şekilde, gerçek klasik bir MIT tavrıyla, çok soğukkanlı bir şekilde yaklaşın. Nelerin değişmediğini düşünün ve oradan ne sonuçlar çıkabileceğini görün ve onları seçin.

Kapasitansı çok büyük olan, çok büyük bir kapasitör nasıl yaparım?

Peki; C kapasitansı, alan çarpı epsilon sıfır bölü d çarpı k ppadır; kitabınızda bu K olarak ifade edilmektedir.

Böylece K 'yı büyük yapın, A yı büyük yapın ve d ' yi mümkün olduğunca küçük yapın.

Oh, fakat d için bir limitiniz var.

d 'yi aşırı küçük seçerseniz, iletkenler arasında kıvılcımlar elde edersiniz; çünkü elektrik alanı aşırı büyür ve boşalma değerlerini aşar.

Böylece, boşalma alanının altında kalmalısınız; bu, hava için 3 milyon volt bölü metredir.

Çok büyük bir k ppa isterseniz, diyebilirsiniz ki “peki, bunu neden araya su tabakası koyarak yapmıyorsunuz, onun k ppa sabiti 80 dir”. Problem, suyun çok düşük bir boşalma elektrik alanına sahip olmasıdır; bu nedenle suyu tercih etmezsiniz.

Eğer bir polietilen alırsanız, --burada onu kısaltılmış hali olan poly ile ifade edeceğim-- , polietilen 18 milyon volt bölü metrelik bir boşalma elektrik alanına sahiptir ve onun k ppa sabiti, sanırım 3 'tür. Aslında en iyisi mika olduğu halde, birçok kapasitör, plakalar arasına polietilen konarak yapılır.

Bu doğru olsa da, şimdi sizinle her biri 100 mikro-faradlık kapasitansa sahip iki kapasitörü değerlendirmek istiyorum.

Onlardan biri bu,.. bu bebek – üretici, onun üzerine 4000 voltluk maksimum bir potansiyel fark uygulanabileceğini söylüyor.

Ve diğeri ise şu,.. Radio Shack'tan. Orası, potansiyel farkı 40 volttan daha fazla aşmamam gerektiğini söyledi.

Peki, iletken plakalar arasında polietilen varsa, boşalmaya meydan vermeyen d kalınlığının ne olması gerektiğini önceden hesaplayabilirim.

Bu çok kolay; çünkü V eşittir E çarpı d ve bu yüzden buraya 18 milyon volt bölü metre koyarım ve 4000 volta giderim, böylece d 'nin ne olduğunu bulurum.

d 'nin minimum değeri 220 mikron çıkar; daha ince yapamazsınız..

Bunun için ise o sadece 2,2 mikrondur.

Bunu çok daha ince yapabilirsiniz, çünkü potansiyel fark 100 kat daha küçüktür.

Ve böylece tabakayı elektrik boşalması olmadan 100 kat daha ince yapabilirsiniz.

İki kondansatörün aynı kapasitansa sahip olmasını istiyorum.

Bunun anlamı şudur; onlar aynı kappaya ve aynı epsilon sifira sahip oldukları için, A bölü d her iki kapasitör için de aynı olmalıdır .

Böylece bunun A bölü d 'si, şunun A bölü d 'si ile aynı olmalıdır.

Fakat burada d bundan 100 kat daha büyükse, o zaman bu A da 100 kat büyük olmalıdır; çünkü A bölü d sabittir.

A burada 100 ise, burada 1'dir.

Fakat şimdi şunu düşünün. Kapasitörün hacmini ne belirler?

Bu, aslında plakaların alanı çarpı kalınlık'tır.

Ve şimdilik, iletken plakaların kalınlıklarını ihmal edersem, o zaman kapasitör hacmi, açıkça, kalınlık çarpı alandır. Böylece, bu, bana 100 kat daha büyük alanlı kapasitörün 100 kat daha kalın olacağını, dolayısıyla bu kapasitörden 10.000 kat daha büyük bir hacme sahip olacağını söyler.

Ve bu bebek 4000 volt, 100 mikro-faraddır; o yaklaşık 30 santimetre uzunluğunda, 10 santimetre kalınlıkta, 20 santimetre yüksekliktedir; yaklaşık 10.000 santimetreküp.

10000 santimetreküp.

Radio Shack'a gidip kendiniz için 40 voltluk, 100 mikro-faradlık bir kapasitör alırsanız, o, hacim olarak, 10.000 kat daha küçük olacaktır. Bu sadece 1 santimetreküp olacaktır.

Bunlardan biri kulağımın arkasında olsaydı, farkına bile varmazdınız, değil mi?

Burada ne yazdığını bana söyleyebilir misiniz? - 100 mikro-farad.

Kaç volt? 40 volt. Bu kadar küçük.

Bununla karşılaştırın; o, 4000 voltla çalışır. Fakat kapasitansı aynıdır.

Böylece şimdi kalınlıkla ve alanla olan bağlantıyı görüyorsunuz; hiç de önemsiz değil.

Bunların hepsi size zorlayıcı geldi. Bunun farkındayım.

Bunu kavramak zaman alır ve notlarınıza bakmak zorundasınız.

Ve bu nedenle, kalan zaman içinde, -- ki bayağı zamanımız var--, basit bir şeyle sizi eğlendirmeyi deneyeceğim.

Kavraması biraz daha kolay.

Hollanda'da Profesör Musschenbroek keşfetmiş; evet onun kapasitörü keşfettiğini söyleyebilirsiniz. Bu kaza sonucu keşfedilmiş.

O, bunu Leyden şişesi olarak isimlendirmiş, çünkü o Leyden'de çalışmıştır

Ve bir Leyden şişesi şunun gibi bir şeydir.

Bu camdan bir şişe ve tamamı cam; bir yalıtkan... ve yalıtkanın dışında, iki iletken plakası var; böylece dışında bu iletken tas var ve bu da iletken tasla kaplı.

Bu bir kapasitördür. Ancak o bunu kapasitör olarak tanımlamadı.

Q bunları yükledi ; böylece burada artı yükünüz var ve içerde de eksi Q ve o deneylerini bununla yaptı.

Kapasitörde depolanmış enerji—biz bunu daha önce tartıştık— eşittir $1 / 2$ çarpı serbest yük çarpı potansiyel farktır; $1 / 2 C V^2$ 'yi tercih edebilirsiniz, sorun yok, bu aynı şeydir, çünkü C, Q_{serbest} bölü V'dir.

Yapacağım şey, bir Leyden şişesine belirli bir potansiyel fark uygulamaktır. Bizim Leyden şişemizi size göstereceğim, burada görebilirsiniz. Üzerine bir potansiyel fark uygulayınca, dış yüzeyine ve iç yüzeyine biraz yük geliyor, burada dış yüzeyi görebilirsiniz, iç tabakayı görmek daha zordur, fakat daha sonra onu da size gösterebilirim.

Böylece burada camı görüyorsunuz ve burada dış iletkeni görüyorsunuz ve çok iyi göremediğimiz buradaki de içte olanıdır.

Bunu yaptıktan sonra, parçalarına ayıracağım.

Önce onu yüklüyorum ve böylece orada, içerde, enerji var; bu kadar enerji.

Ve sonra camı çıkaracağım; dış iletkeni buraya, iç iletkeni de buraya koyacağım, yüklerini tamamen boşaltacağım.

Bunları elimde tutacağım, onları yüzüme dokunduracağım, bunları yalayacağım, yükü boşaltmak için her şeyi yapacağım.

Ve daha sonra onları tekrar bir araya getireceğim.

Eğer bütün bu yükü boşaltırsam, tüm Q_{serbest} [vışışt] uzaklaşır; artık orada hiçbir potansiyel fark yoktur.

Eğer bu bebeği tekrar bir araya getirirsem, açıkça, orda hiçbir enerji olmayacaktır.

Ve bunu size göstermenin en iyi yolu, şurada duran kısaçları, iletken kısaçları almak ve iç parçayla dış parçayı bağlayarak hala bir kıvılcım oluşturup oluşturamayacağımı görmektir.

Bir şey görmeyi beklemiyorsunuz.

Pek heyecan verici değil.

Fakat her neyse, haydi bunu yapalım.

Ve burada bir Leyden şişesi var ve onu yüklemek için Windhurst'u çeviriyorum.

Bu bağlantıyı ayıracağım; bağlantıyı ayırıyorum, bunu dışarı çıkarıyorum, bunu dışarı çıkarıyorum; hadi inanın bana, üzerinde artık hiç yük yok.

Ve buna dokunayım. Onun hepsi gitti. İnanın bana.

İşte başlıyoruz.

Ve haydi şimdi dış iletken ile iç iletkeni kısa devre yaptırdığımda neler olduğunu görelim.

Onu izleyin. Bu şaşırtıcı. Bu kapasitör üzerinde hiç enerji olmamalı.

Hiçbir şey.

Ve kocaman bir kıvılcım gördüm, küçük de değil.

Bunu ilk gördüğümde --şaka etmiyorum--, tamamen şaşırmıştım.

Ve bunu düşünüp durmuştum; tüm gece boyunca uyuyamamıştım.

Hiçbir mantıklı açıklama düşünememiştim.

Ve size için tavsiyem, birkaç uykusuz gece geçirmeniz ve bunun neden olduğunu düşünmeye çalışmanızdır.

Bu nasıl mümkün olur? Önce bu iki plaka üzerine yük getirdim; sonra onları parçalarına ayırdım, tüm yükü tamamen aldım ve tekrar onları birleştirdiğim zaman, yine de, bu iki plaka arasında büyük bir potansiyel farkı vardı, aksi halde bir kıvılcım göremezdiniz.

Bunu biraz düşünün ve derste daha sonra, bunu açıklama girişiminde bulunacağım.

En azından bulabildiğim tek açıklama bu; en iyisi olmayabilir, fakat tek ileri sürebileceğim bu.

Kalan 8 dakikada, size borçlu olduğum, Van de Graaff üzerindeki son gizemden bahsetmek istiyorum.

Bu, elde edebileceğimiz potansiyel ile ilgili.

Büyük Van de Graaff'ı hatırlayın! Biz onu yaklaşık 300.000 volta getirebilirdik.

İletken bir küreyi nasıl yükleriz?

Peki, bu içi boş küreyle başlayalım--- bu bir Van de Graaff'tır; birkaç kilovoltluk bir voltaj kaynağının olduğunu varsayın. Onu satın alabilirim.

Ve yalıtkan çubuklu bir kürem var; bu küreyle birkaç kilovoltluk güç kaynağının çıkışına dokunurum ve burada diyelim pozitif yükler oluşur; bunu Van de Graaff 'ın yakınına getiririm; burada yüklü küre ile Van de Graaff arasındaki elektrik alan oluşacaktır ve ne kadar çok yaklaşırsam, elektrik alan o kadar güçlü olacaktır.

Ve dış kabuğa dokunduğumda yük Van de Graaff üzerine akacaktır.

Güç kaynağıma geri dönerim, tekrar birkaç bin volta dokunurum ve yükü Van de Graaff üzerine kaşık kaşık aktarırım.

Van de Graaff'ı 300.000 volta kadar yükleyebilir miyim?

Asla, çünkü bir an gelecek güç kaynağından gelen bu cismin potansiyeli Van de Graaff'ın potansiyeli ile aynı olacak ve artık yükte bir değişim oluşturamayacaksınız.

Bu iletkenle geldiğinizde ve Van de Graaff'a yaklaştığınızda neler olacaktır? Artık ikisi arasında bir elektrik alan olmayacaktır.

Ve burada artık potansiyel fark olmayacaktır.

Ve daha fazla yük aktarımı yapamazsınız. Böylece hızla durma noktasına gelinir.

Birkaç bin voltun üzerine çıkamazsınız.

Peki, şimdi ne yaparsınız?

Ve işte MIT Profesörü Van de Graaff'tan çözüm geliyor ve diyor ki "Ahaa.

Yükü illa ki bu yolla getirmek zorunda değildim, şu yolla da getirebildim." Böylece şimdi güç kaynağına, birkaç bin volta, gidersiniz ve onu başlangıçta elektrik alanın olmadığı bu kürenin içerisine getirirsiniz.

Dışından yüklediğinizde, bu cisimden dolayı bir elektrik alan oluşacaktır, bu cisimden kaynaklı bir elektrik alan oluşur ve arada net sonuç sıfır olacaktır.

İçerde elektrik alan yoktu.

Eğer pozitif yüklü küreyi buraya getirirsem, bunlar gibi E alan çizgileri elde ederim, problem 2-1 ve böylece şimdi bu cisimle küre arasında bir potansiyel fark vardır.

Onu buradan içeriye sokarak ne yapmış oldum, farkına varmadan pozitif bir iş yapmış oldum ve bu nedenle bu potansiyeli küreninkinden daha yükseğe getirdim.

Şimdi Van de Graaff'ın içine dokunuyorum ve şimdi yük dış kabuğa doğru gidecektir.

Ve bunu yapmaya devam edeceğim. İçine dokun. İçine dokun. İçine dokun.

Ve her ne zaman buraya gelsem, burada hiç elektrik alan yok.

Ve bunu suratım yeşil oluncaya kadar yapabilirim.

Gene de, Van de Graaff'ın potansiyelini artık arttıramayacağım bir an gelir; bu an, Van de Graaff'ın elektrik boşalmasına gittiği zamandır.

300.000 volta ulaştığım zaman, o tamamen bitmiştir.

Potansiyeli artırmayı deneyebilirim, fakat yük havaya kaçacaktır.

Ve böylece bu, Van de Graaff'ın potansiyelinin en üst limitidir.

Peki, Van de Graaff nasıl çalışır?

Motor tarafından hareket ettirilen bir kayışımız var-- işte bir Van de Graaff -- ve tam burada, korona boşalması ile yükü kayış üzerine koyarız.

Bunlar çok sivri uçlar; korona boşalmasını oldukça düşük bir potansiyel farkta elde ederiz, boşalma bu kayış üzerine gider, kayış buraya gelir ve tam burada korona boşalmasıyla yükü alan iki sivri uç vardır.

İçerde, burası önemli.

Ve sonra yük bu kubbeye geçer ve kubbe yüklenir; kıvılcımları duymaya başladığınız ana, elektrik boşalmasının başladığı ana kadar yüklenme sürer.

Ve bunu size gösterebilirim. Kendi Van de Graaff'ımı yaptım.

Ve sizin için yaptığım Van de Graaff bu boya kutusudur.

Ve bu boya kutusunu durmadan bir iletkenle ona dokunarak yükleyeceğim ve iletkeni sürekli birkaç bin voltluk bir güç kaynağına dokunduracağım. Bu güç kaynağıdır, bunu şimdi açıyorum ve Van de Graaff'ın potansiyelini orada göreceksiniz.

Bu, Van de Graaff üzerindeki potansiyelin çok kaba bir ölçümüdür; fakat çok kabaca, 1'i gösterdiğinde, yaklaşık 10.000 volta sahip oluyorum; --bunun için kullandığım sonda budur--, 2 için de 20.000 volt.

Benim güç kaynağım sadece birkaç bin voltluk. Bu çok iyi değil.

Peki, size göstermek için, onu önce dışarıdan yüklemeye başlayacağım. Böylece biraz önce bahsettiğim duvara kısa sürede çarpacağımı göreceksiniz; aynı potansiyele geldiklerinde, artık yük aktarımı yapamayacağım.

Fakat sonra taktiğimi değiştireceğim ve içeriden yükleyeceğim.

Ve o zaman da daha da artacağını göreceksiniz.

Böylece önce yükü dış tarafa getirdiğimizde ne olacağını görelim.

Orada, artıyor.

Bu yaklaşık 1000 volt, yaklaşık 2000 volt, 2000 volt, gözünüz üzerinde olsun, 3000 volt, 3000 volta gidiyor, 3000 volt, 3000 volt, 3000 volt, başka bir yere

gitmiyor, doyuma ulaşmaya başladı, belki 3500 volt, 3,5, çok yavaşça 4'e gidiyor, 4'ün üzerine çıkıp çıkamayacağımızı görelim, çıkabileceğimizi düşünmüyorum.

Ve böylece bu Profesör Van de Graaff'tan önceki hikâyenin sonudur.

Fakat sonra Profesör Van de Graaff gelmiş.

Ve demiş ki, "Bak, adamım, içeriye girmek zorundasın."

Şimdi onu izleyin.

Şimdi bu aktarma üzerine yoğunlaşıyorum, böylece ben 5000 e ulaştığımda söylemenizi istiyorum, sadece çığlıkla.

Adamım, biz zaten 5.000 i geçmişiz; yalancılar sizi! 10.000, 10.000'i gördüğünüzde çığlık atın.

15.000 gördüğünüzde çığlık atın.

15.000 gördüğünüzde çığlık atın.

Çok güzel, gözleriniz üzerinde olsun, 20.000 gördüğünüzde söyleyin.

Hiçbir şey duymuyorum! Şimdi her 1000'de söylemenizi istiyorum, çünkü çok hızlı bir şekilde kenara varacağımızı düşünüyorum.

21?

22'yi duymak istiyorum.

Zaten 23'te.

Böylece bu kutunun şimdi çok hızlı bir şekilde deşarj olacağını sanırım, bunu görmeyeceksiniz, fakat korona yük boşalması elde edersiniz ve sonra ne kadar çok çalışırsam çalışayım, potansiyeli daha fazla arttıramam.

Fakat haydi devam edelim.

2500 de miyiz zaten?

Pardon, 25.000?

25.000 volt.

25,6.

27.

27.

28.

28.

Korona boşalmasına girmeye başlıyoruz gibi görünüyor.

28! Harika, 28! Bu bir rekor.

28, gözlerinizi ayırmayın.

29? 29?

Farkında mısınız, bütün işi ben yapıyorum.

Bunun için para istemeliyim, sanırım sınıra ulaştık.

Kendi sınıırıma ulaştım ve yüklemenin sınırına ulaştım.

Şimdi, 30.000 voltumuz var ve sadece birkaç bin volt ile başlamıştık.

Başlangıçta, bu çok tehlikeli bir cisim değildi.

Fakat şimdi, 30.000 volt... dokunayım mı?

Tamam, gelecek hafta görüşürüz.