



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 OpenCourseWare).
<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 OpenCourseWare

<http://ocw.mit.edu>

8.02 Elektrik ve Manyetizma, Bahar 2002

Transkript – Ders 1

Ben Walter Lewin.

Derslerim genel olarak kitabınızın tekrarı olmayacak, fakat kitabın tamamlayıcısı olacaktır.

Kitap derslerimi destekleyecektir. Derslerim de kitabı.

Derslerimde canınızı sıkacak türetmeler göremezsiniz.

Bunun için kitabımız var.

Fakat kavramları vurgulayacağım; kavramların ve denklemlerin arkasını görmenizi sağlayacağım.

Sevin ya da sevmeyin fiziğin güzel olduğunu göstereceğim size.

Ve onu sevmeye bile başlayabilirsiniz.

Bir gün bile aksatmamanızı öneririm, bu ders sekiz sıfır iki (8.02) kolay değildir.

Her hafta yeni kavramlar anlatacağız ve fark etmeden çok geride kalabilirsiniz

Elektrik ve manyetizma etrafımızda her yerdedir. Etrafımızda, her yerde elektrik ve manyetizma var!

Elektrikli ışıklarımız, elektrikli saatlerimiz var.

Mikrofonlarımız, hesap makinelerimiz, televizyonlarımız, videokaset kaydedicilerimiz (VCR, videocassette recorder), radyolarımız, bilgisayarlarımız var.

Işığın kendisi, bir elektromanyetik olgudur; radyo dalgaları da öyle

Mavi gökyüzündeki gökkuşağının renkleri elektrik nedeniyle oradadır.

Ve bu derste size bunu öğreteceğim.

Arabalar, uçaklar, trenler sadece elektrikten dolayı çalışabilir.

Atlar elektriğe ihtiyaç duyar, çünkü kas kasılmaları elektrik gerektirir.

Sinir sisteminiz elektrikle yönetilir.

Atomlar, moleküller, tüm kimyasal tepkimeler elektrik sayesinde oluşur.

Elektrik olmadan göremezsiniz.

Kalbiniz elektrik olmadan atmaz.

Ve hatta elektrik olmadan düşünemezsiniz, gerçi, bazılarınızın elektrikle problemi olabileceğini fark ettim.

Modern atom resmi şöyledir: Ortada atomun boyutuna kıyasla çok küçük olan bir çekirdek.

Çekirdek pozitif yüklü protonlara ve yüksüz olan nötronlara sahiptir.

Protonun kütlesi yaklaşık olarak nötronun kütlesiyle aynıdır ve yaklaşık altı nokta yedi çarpı on üzeri eksi yirmi yedi kg'dır.

Hayır, bir nokta yedi.

Pozitif yükler, nükleonlarla, nötronlarla buradadır ve onun etrafında bir elektron bulutumuz var.

Ve eğer atom nötr ise, elektron sayısı proton sayısı ile aynıdır.

Eğer atomun bir elektronunu çıkarırsanız pozitif bir iyon elde edersiniz.

Eğer ona bir elektron eklerseniz negatif bir iyonunuz olur.

Elektronun yükü protonun yüküyle aynıdır.

Bu nedenle nötr atomlar için onların sayıları da aynıdır.

Elektronun kütlesi protonun kütlesinden yaklaşık 1830 kez daha küçüktür.

Bu nedenle, elektron kütlesi çoğu durumda ihmal edilebilecek kadar küçüktür.

Bir atomun neredeyse tüm kütlesi çekirdekte toplanmıştır.

Eğer altı milyar atomu birbirine dokunacak şekilde sıralarsam, dünyadaki insanların yaklaşık sayısı olduğu için altı milyarı alıyorum,

o zaman sadece 60 cm kadar bir uzunluk elde edersiniz.

Bu size atomların ne kadar küçük olduğuna dair bir fikir verir.

Çekirdek yaklaşık 10^{-12} santimetre boyutundadır.

Ve atomun kendisi yaklaşık 10 bin kez daha büyüktür.

Elektron bulutu yaklaşık 10^{-8} santimetredir.

Ve eğer onların 6 milyarını dizerseniz sadece bu kadar bir uzunluk elde edersiniz.

M.Ö. 600'de bile, kehribarı ovduğunuzda kuru yaprak parçalarını çekebildiği biliniyordu. Ve kehribar kelimesi Yunanca elektron demektir.

Bu da elektriğin ismini nereden aldığı gösterir.

16. yüzyılda bunu yapmak için bilinen birçok madde vardı.

Örneğin cam ve kükürt.

Ve bu biliniyordu, yazılıyordu. Kadınlar, partilerde sıkıldıkları zaman, kehribar takılarını ovalar ve sonra kurbağalara dokunurlardı. O zaman umutsuz atlayışlar başlar, insanlar da böylece eğlenirlerdi. Aslında ne kehribarda ne olduğunu, ne de kurbağalarda ne olduğunu anlamıyorlardı.

On sekizinci yüzyılda iki tür elektrik olduğu keşfedildi.

Biri camı ovaladığınızda diğeri kauçuk veya kehribarı ovaladığınızda ortaya çıkar.

Birine A ve diğesine B diyelim.

A'nın A'yı ve B'nin B'yi ittiği, fakat A'nın B'yi çektiği biliniyordu.

Ve hiç elektron ve proton bilgisi olmadan, elektrik sıvısı, elektrik ateşi dediği şey ile tüm maddelere nüfuz edilebileceği fikrini ortaya atan Benjamin Franklin'di.

Ve Franklin, eğer çok fazla ateşlenirseniz pozitif yükleneceğinizi ve eğer ateşiniz yeterli değilse o zaman negatif yükleneceğinizi ifade etmişti.

O, bir işaret anlaşması sunmuş ve camı ovalarsanız bu aşırı ateştir ve bu nedenle onun pozitif olarak adlandırılmasına karar vermişti.

% 50 şansımızın olduğu bu seçimin neden son derece talihsiz olduğunu daha sonraki derslerimizde göreceksiniz, ama bununla yaşamak zorundayız.

Bu yüzden Benjamin Franklin'e göre, eğer siz bu sıvıyı alıp bir maddeden diğesine geçirirseniz, o zaman, bu aşırı pozitif yüklü olur, fakat otomatikman bunun bir sonucu olarak sıvıyı aldığınız da negatif yüklü olur.

Ve bu yüzden yükün korunumu arkasında yatan tüm fikir budur.

Yükü oluşturamazsınız.

Eğer pozitif yük oluşturursanız, o zaman otomatikman negatif yük de oluşturmuş olursunuz.

Artı ve artı birbirini iter.

Eksi ve eksi birbirini iter.

Ve artı ve eksi birbirini çeker.

Ve deneyler yapan Benjamin Franklin ayrıca, ne kadar fazla ateşe sahip olursanız, kuvvetlerin de o kadar güçlü olacağını farkına varmıştı.

Bu cisimler birbirlerine ne kadar yakınsa kuvvetler o kadar güçlü olur.

Ve Franklin, bu sıvıyı veya ateşi ileten bazı maddeler olduğunu farkına varmıştı. Böyle maddeler iletken olarak adlandırılır.

Bir cam çubuğum varsa, - buradaki gibi ve onu ovalarsam, tartıştığımız pozitif yüklerle yüklenir.

İşte buradaki çubuğu bir ipek parçasına sürttüğümde, o pozitif yüklenecektir.

Şimdi bir cismi bu çubuğa yaklaştırdığımda ne olur? Cismi bir iletken olarak almakla başlayacağım.

Ve bir iletken seçmemin sebebi iletkenlerin, atomlara bağlı olmayan fakat iletken içinde serbestçe hareket edebilen bir miktar elektrona sahip olmalarıdır.

Bu metallerin ya da bir iletkenin karakteristiğidir.

Yalıtkanlarla ilgili bir durum değildir.

Yalıtkanlarda tüm elektronlar bireysel atomlara bağlanmıştır.

Böylece burada, etrafta serbestçe dolaşabilen belli bir elektron kesrine sahibiz.

Bu pozitif yükler tarafından çekilmek istenen elektronlara ne olacak.

Artı ve eksi birbirini çeker.

Ve böylece serbestçe hareket edebilen elektronların bir kısmı bu yönde hareket edebilir ve böylece geride artı yükler kalır.

Bu olaya indükleme deriz.

Bir tür polarizasyon elde edersiniz.

Bir yük ayrılması elde edersiniz.

Çok küçük bir etkidir, belki 10^{-13} elektrondan sadece biri buraya gelecek, fakat hepsi bu.

Böylece bir kutuplanma elde ederiz ve sağ tarafta sol taraftakinden biraz daha fazla negatif yük elde ederiz.

Böylece ne olacak? Bu ikisi arasındaki çekme, bu ikisi arasındaki itme kuvvetinden daha güçlü olacaktır. Çünkü bu mesafe daha küçüktür ve Franklin zaten mesafe ne kadar küçük olursa kuvvetin o kadar güçlü olacağını ifade etmişti.

Ne olacak? Bu nesne hareket etmekte serbest ise, bu çubuğa doğru gidecektir.

Ve bu, görmenizi istediğim ilk şeydir.

Burada bir iletken balonumuz var, helyum-dolu balon.

Ve ben ipekle bu çubuğu ovalayacağım.

Ve ben balona yaklaştıkça balonun çubuğa doğru geldiğini göreceksiniz.

Şimdi bu çubuğu balona birkaç kez sürtmeyi deneyeceğim.

Bu belki biraz zaman alacaktır, çünkü çubuğun kendisi çok iyi bir yalıtıcıdır.

İkisi arasında yük alışverişi yapmak o kadar kolay değildir.

Ama yeterince uzun süre yaparsam, kesinlikle balonu pozitif yükleyebilirim.

O zaman her ikisi de pozitif olur.

Ve sonra onlar birbirlerini iteceklerdir.

Ama ilk olarak, indükleme kısmını yapayım; onun sayesinde balonun cam çubuğa yaklaştığını göreceksiniz.

Bu deneyler kışın kuru havalarda daha iyi sonuç verirler.

Nemli havalarda o kadar iyi sonuç vermezler, bu yüzden bu dersi öğrenmek için en iyi mevsim kıştır.

Tamam şimdi bu pozitif yüklenmiş olmalı, oraya gidelim.

Ve balon cama doğru gelme eğiliminde..

Bunu görüyor musunuz?

Çok açık.

Haydi bebeğim.

Tamam.

Şimdi de bu balonu biraz yüklemeyi deneyeceğim, balondan cama giden bir elektron değişimi söz konusudur.

Ve camın kendisi bir iletken değildir. Bu yüzden yük alışverişi elde etmek her zaman o kadar kolay olmaz.

Tamam, şimdi cam çubuk gibi pozitif yüklü bir balon elde etmede başarılı olup olmadığımıza bakalım.

Durum öyle ise, o zaman balon beni beğenmeyecek.

Balon şimdi itici olacaktır.

Bunu çok net görüyorsunuz.

Şimdi size aslında iki farklı tür elektrik olduğunu göstereceğim.

Şimdi bunu kedi kürküne sürteceğim, bunu geleneksel olarak kedi kürküyle yapıyoruz, cam için geleneksel olarak niçin ipek kullandığımızı bilmiyorum.

Öyleyse şimdi bunu kedi kürküyle yaparsak o zaman bu negatif yüklenmiş olur.

İki tür elektrik olduğunu hatırlayın.

Balon pozitif yüklü olduğu için şimdi bana doğru gelecek.

İşte böyle. Şimdi bana geliyor.

Böylece şimdi iki farklı tür elektriğin var olduğunu ilk kez açıkça gördünüz.

Franklin, cam çubuk üzerindeki yükü pozitif ve lastik üzerindeki yükü negatif olarak seçmiştir.

Böylece yalıtkan bir balonu bir cam çubuğa yaklaştırdığımda, serbest elektronları olmadığından, balonun cam çubuğa yaklaşmayacağını düşünebilirsiniz.

Bu elektronlar serbestçe hareket edemez ve bu yüzden bu kutuplanmayı elde edemezsiniz. Bu indüklemeyi elde edemezsiniz.

Fakat durum böyle değil.

Ve bu aslında oldukça incelikli bir durumdur. Şimdi meseleye atomik boyutta bakmalısınız.

Buradaki gibi, bir atomu ele alırsam, burada pozitif yük ve bu pozitif çekirdek etrafındaki bir elektronlardan oluşmuş bir bulut var.

Bir cam çubuğu bunun yakınına getirirsem, o zaman atomlara tutunmuş olan bu elektronlar iletkenlerdeki gibi serbestçe hareket edemezler. Ancak onlar cam çubuktan dolayı bir çekim hissedeceklerinden, cam çubuk tarafında biraz daha fazla zaman harcayacaklardır, oysaki çekirdek cam çubuktan uzağa gitmek ister.

Bu yüzden göreceğiniz şey şudur: Küresel bir atomla başlarsam, varsayalım bu küresel bir atom veya molekül olsun. O zaman bunun gibi bir şekil elde edeceksiniz. Elektronlar burada buradakinin biraz daha fazla zaman harcayacaklar. Bu aslında atomun polarize olduğu anlamına gelir.

Elektronlar atomun bu tarafında bu tarafından daha fazla zaman harcıyorsa, indüklenme kavramını oluşturmuş olurum ve bu yüzden bu tarafın bu taraftan daha negatif olmasını beklerim.

Bir yansıya hoş bir biçimde size artı ve eksi işaretlerimin olduğunu ve bu artı ve eksi işaretlerimin eşit sayıda olduğunu gösterebilirim.

Bu yüzden onlar nötr atomları temsil ederler.

Orada onları görüyorsunuz.

Biraz kirli ama biraz temizlersem belki görebilirsiniz. Tamam.

İşte başlıyoruz.

Artı ve eksilerin eşit miktarda olduğuna dikkat edin, artı ve eksileri nötr bir atom gibi göz önüne alın.

Yalnızca bir temsil.

Şimdi pozitif yüklü bir cam çubuğu bu tarafta tutuyorum.

Ve böylece her bir atomun elektronları biraz bu tarafa gitmek ister ve çekirdek arkada kalır.

Her bir atom böyle yaparsa, ne olacak.?

Şimdi neyle baş başa kalacağınıza dikkat edin.

Maddenin ortasında artı ve eksiler tekrar birbirini yok ederler.

Fakat sağ tarafta negatif yüklü bir tabaka ve sol tarafta pozitif yüklü bir tabaka oluşturursunuz.

Ve böyle bir yolla tekrar indüklemeye sahip olursunuz.

Böylece yalıtkan cisimlerde bile bu taraf negatife dönüşecek ve bu taraf da pozitive; bu nedenle bir cam çubukla yalıtkan bir balona yaklaşırsam balonun da bana doğru geldiğini göreğim.

Ve bunu size kolayca gösterebilirim.

Cam ya da kauçuk seçmem hiç fark etmez. İkisiyle de bunu yapabilirim.

Yalıtkan balonlar her zaman olası bir probleme sahiptir.

Olası sorun, metal balonların kendilerini yükleyebildikleri gibi, yalıtkan balonların da kendilerini yükleyebilir olmalarıdır.

Ancak metal balona dokunursam, yükler derhal benim üzerimden toprağa akacaktır.

Bunu daha sonra anlayacağız. Çünkü bu bir iletkenidir.

Elektrik sıvısının bir yalıtkanla değil, bir metalle iletildiğini hatırlayın.

Yani bununla bu iş daha zor olacak.

Onu öpsem ve yüzüme dokundursam bile, tüm yükü alıp götürebileceğim belli olmaz.

Aslında bunu yaparak, onu daha kötü bile yapabilirim.

Çok yüklenmediğini ümit edelim ve ona bu cam çubuğu yaklaştıralım; ve onun çubuğa doğru geldiğine bakalım sizi inandırabilir miyim, görelim. Serbest elektronlar nedeniyle değil, fakat şu süreç nedeniyle. Oh, oohh. Evet...

Kauçukla da aynı şey olmalı,-- umarım. Negatif olarak yüklenseydi, öteye giderdi, uzaklaşırdı. Öteye gidiyor, öyleyse anlıyoruz ki negatif yüklenmiş

Ona dokunarak, aslında herhalde onu yükledim, bu konuda yapabileceğim çok fazla bir şey yok.

Yükleri uzaklaştırmak çok zor.

Zaten şüphem vardı, camla ona yaklaştığımda cama yaklaşmaya çok istekliydi.

Hala negatif yüklü. İşte böyle olur.

Gösteri başarısız olduğu için değil, bu balonun yüklü olmasından ve yükü bırakmak istememesinden; çünkü o bir yalıtkan.

Sürtünme elektrik yüküne neden olabilir ve bu aslında balona dokunduğum ve onu boşaltmayı denediğim zaman olan şeydi.

Sürtünme yoluyla belki de onu yüklemişimdir..

Hepinizin bildiği şu parti balonlarını alır ve gömleğinize, pantolonunuza sürtersem elime yapışacaklardır. Üzerlerinde yükleri bulunmaktadır.

Pozitif veya negatif olup olmadıklarını bilmiyorum, hatırlamıyorum bile.

Önemli değil.

Onları elime yaklaştırdığım zaman, elim iyi bir iletken değildir ama indüklemeye elde edersiniz. Bu kavramı biraz önce tartışmıştık. Böylece ikisi birbirini çeker.

Pozitif ve negatif taraflar birbirini çekerler.

Ve onları tavana yapıştırabilirsiniz.

Veya tahtaya yapıştırabilirsiniz.

Bu şekilde odanızı dekore edebilirsiniz.

Çok güzel, değil mi?

Tüm bunları şimdi bu dersten ötürü yapabiliyorsunuz.

Evet, bu ağır balonlarla biraz daha zor olabilir.

Ayrıca pamuklu giyiyorum.

Naylon veya polyester giyiyorsanız çok daha iyi olur.

Onunla çok daha kolay olur. Oh bu iyi, güzel.

Sanırım bir de maviye ihtiyacımız var. İşte bu da tamam.

Böylece elektriğe neden olan sürtünmeyi görüyorsunuz.

Bir cisim üzerinde yük oluşturmak için, camı ipeğe ve kauçuğu kedi kürküne sürtmenizin sebebi tabii ki budur.

Tabii ki camı pozitif yüklerseniz, ipeğiniz otomatik olarak negatif yüklenecektir.

Kuru havada saçınızı taradığınızda, bazı çatırtı sesleri duyduğunuzu fark etmiş olabilirsiniz. Çatırtı sesleri kıvılcım anlamına gelir.

Bu derste kıvılcımlarla ilgili her şeyi öğreneceksiniz, ama bugün değil.

Ama çok sessiz olursanız işitebilirsiniz. Ve siz bunu yaparken tarağı yüklersiniz.

Çatırtıyı duyabiliyorum. İlginç. Tarak şimdi yüklenmiş oldu.

Muhtemelen ben de yüklendim; ve işte geliyor! Bakın.

Camdaki kadar iyi değil, ama aynı düşünce.

Bunu yurttan karanlıkta yaparsanız, aynanın önünde; şaşırtıcı bir deneyimdir...

Sizin için onu yaptığımdan dolayı mutluyum, fakat size pamuklu giydiğimi söyledim ve pamuklu giysiyle bu o kadar iyi olmaz.

Aslında onu bir naylon gömlekle yapmalısınız.

Ve naylon gömleği çıkardığınızda sadece çatırtı duymazsınız, ayrıca bu küçücük, ufacık kıvılcımların parıltısını da görürsünüz.

Aslında bir ampul gibi olursunuz. Bu kaçırmamanız gereken bir deneyimdir.

Bu hafta sonu denemenizi öneririm.

Bunu bir arkadaşınızla yapın; bu daha da eğlenceli olur!

Belki şunların hepsini hatırlarsınız: Gün boyu normal işlerinizi yapıyorsunuz, etrafta yürüyorsunuz, odalarda halılar var, sonra odadan çıkmak istiyorsunuz, kapı koluna dokunuyorsunuz ve şiddetle çarpılıyorsunuz.

Uçup giden bir kıvılcım. O elektriktir.

Birine dokunduğunuz zaman bile çoğu zaman, bu çarpılmayı, bu şoku hissedersiniz.

Yemek pişirdiğiniz zaman rulo halinde streç filimler alırsınız. Bu lanet şeyler açılmak istemezler, çünkü siz onu sararken sürtünme olmuştur ve o yüklenmiştir ve çoğu zaman buruşur ve çok kötü olur, onu tutmak çok zordur.

Siz hepimiz bunu denemişsinizdir.

Çikolata kutuları etrafındaki şeffaf ambalaj kağıtlarında da aynı şey olur.

Onu çıkarırken ister istemez sürtünmeyle onu yüklersiniz.

Şimdi bir deney yapmak istiyorum ve bir gönüllüye ihtiyacım var.

Aslında tercihen tamamen pamuklu giymeyen bir öğrenciye ihtiyacım var, ama zannedersen Simon senin harika bir naylon parkan var.

Bilim uğruna biraz fedakârlık yapmaya gönüllü isen buraya gel ve buraya otur.

Rahat ol. Ayaklarının yerden yukarda olduğundan emin ol. Tamam.

Peki Simon şimdi ne yapacağım, kedi kürküyle Seni döveceğim.

Ve kedi kürküyle sana vururken yükleneceksin ve bu deneye maruz kalan tek kişinin sen olmanı istemediğim için, ben de yalıtılmış bir tabure üzerinde duracağım. Böylece örneğin sen pozitif yüklenirsen, onun pozitif ya da negatif olup olmadığını bilmiyorum, ben de diğer türden yük edinirim.

Yani yükü paylaşıyoruz.

Ben sana vurduğumda, daha çok yükleneceksin ve ben de daha çok yükleneceğim ve sonra her ikimizin de yüklenmiş olduğumuza sınıfı ikna etmek zorunda kalacağız.

Umarım oldukça inandırıcı bir şekilde bunu yapacağız.

İzin verirsen sana biraz vurmaya başlayacağım.

Kendini evinde hissetmen için, birimizi daha iyi tanımamız için.. Tamam.

Şimdi tabii ki size bahsettiğim gibi bu deneyler kuru havada iyi sonuç verir, fakat bak, sen çok fazla terliysen o zaman işe yaramaz.

Hazır mısın?

Burada elimde bir neon flaş tüp var.

Ve henüz voltajın ne olduğunu bilmesek de, çünkü onu bu derste öğreneceğiz, bununla iyi bir patlama yani flaş elde etmek için yaklaşık birkaç bin voltaja ihtiyacınız var.

Ve böylece göreceğiz, burayı birazdan karanlık yapacağız ve bir elimle neon deşarj tüpünün bir ucunu tutacağım ve sonra Simon onun diğer tarafına dokunacak.

Başarılı olursak, o zaman biraz ışık görebilirsiniz.

Simon ilk önce bana bak, henüz ona dokunma. Çünkü onu tamamen karanlıkta yapacağız.

Nerede olduğunu biliyorsun, orada, tamam, Marcos ortamı karart.

Ona dokun. Ona dokun.

Tamam, tekrar dene, tekrar dokun. Tamam. Teşekkür ederim.

Işığı açabilir miyiz? Çok teşekkür ederim.

Aynı yükler birbirini iter.

Bunu göstermiştim, balonlu gösteriyle.

Burada Van de Graaff denilen bir aletimiz var.

Onu icat eden Profesör Van de Graaff'a izafeten bu adı aldı. O bir MIT profesörüydü.

Ve şu anda ayrıntısını tartışmayacağım bu aleti sonraki derslerimizde anlatacağım.

Daha sonra size onun hakkında her şeyi anlatacağım.

Bu aleti süper bir kehribar çubuk gibi düşünün.

Henüz voltajın ne olduğunu bilmememize rağmen, Simon ve benim aramdaki yirmi bin volttan biraz önce bahsettim, bu alette birkaç yüz bin volt mertebesinde düşünmelisiniz. Bu yüzden bu alet tehlikesiz değildir.

Ama bu tabii ki onunla çalışmayı daha heyecanlı hale getirir.

Bu süper bir kehribar çubuktur. Ve şimdi yapacağımız şey üzerine biraz konfeti koymaktır. Van de Graaffı çalıştırdığımız zaman konfetiler önce yüklü içi boş iletken küreye çekilecek, zaten onun üzerindeler ve bir miktar yük topladığında dışarı savrulacaklar; çünkü itileceklerdir.

O halde burada biraz ışık olsun, bu onu biraz daha iyi görmeyi sağlayacaktır.

Üstüne biraz bundan koyalım. Sadece sıradan konfeti. kâğıt parçaları.

Peki, şimdi nasıl başlatıldığını hatırlamam gerekiyor.

Eylemin çoğu şimdiden oluştu.

Üzerine biraz daha koyacağım.

Kıvılcımları görürseniz endişelenmeyin. Şimdilik

Üzerine biraz daha koyalım.

İkinci ders için hiçbir şey kalmadı.

(Biraz daha karanlık hale getir.

Oh, çok karanlık oldu. Tamam.

Bir kere daha deneyeceğim. Ona biraz enerji ver. Üstteki konfetilere bakın.

Ve bunun oldukça inandırıcı olduğunu düşünüyorum.

Konfetin birazı orada kalacak. Bu onların iyi iletken olmamasındandır. O önce Van de Graaffın yükünü soğurur ve bunu yapamazsa etrafa saçılmaz.

Tamam.

Öyleyse şimdi ilk kez biraz daha nicel olarak deneyelim.

İki yük alayım; genellikle yük için Q sembolünü kullanıyoruz

Yani burada q_1 yükümüz var.

Ve burada q_2 yükümüz

Ve aralarındaki uzaklık r olsun.

q_1 den q_2 yönündeki birim vektöre, r şapka 1-2 diyelim.

Şapka birim vektörü temsil eder.

Bu yükler özdeş ve her ikisi eksi veya her ikisi artı ise, o zaman birbirlerini itecekler ve böylece burada F_{12} ile göstereceğim bir F kuvveti oluşacaktır.

O q_1 'in q_2 üzerine etkidiği kuvvettir. Tepki, etki kuvvetinin negatif işaretlisine eşit olduğu için, büyüklük olarak aynı fakat yüz seksen derece zıt yöndedir.

Coulomb, 18. yüzyılda bu konuda araştırmalar yapan bir Fransız fizikçisiydi.

Coulomb şu ilişkiyi bulmuştu: kuvvet, iki yükün çarpımıyla doğru orantılıdır.

Yani q_1 çarpı q_2 , çarpı günümüzde Coulomb sabiti dediğimiz bir sabit, K , bölü bu yükler arasındaki uzaklığın karesi.

Ve bu kuvvet, q_1 'den q_2 'ye giden birim vektör yönündedir.

Bu, q_1 'in q_2 üzerine etkidiği kuvvettir.

Ve bu denklemin işarete duyarlı olduğuna dikkat edin.

Çünkü q_1 ve q_2 her ikisi de negatif ise, kuvvet bu yöndedir ve eğer onların her ikisi de pozitif ise yine bu yöndedir.

Ancak biri pozitif ve biri negatif ise, bu yönde eksi elde edersiniz; böylece bu kuvvet ters döner ve açıktır ki bu kuvvet de o zaman ters dönecektir.

Bu derste SI birimlerinde (Uluslararası Birim Sisteminde) yük birimi için, bu büyük insana izafeten, Coulomb birimini kullanacağız.

Bir Coulomb'luk yük korkunç büyüklükte bir yük miktarıdır.

Dahası, bu kadarını yaşamınızda asla göremezsiniz.

Genellikle mikrocoulomblarla, bazen ondan bile daha az miktarlarla çalışırız.

Bir protonun yükü tam olarak bir elektronun yüküyle aynıdır ve yaklaşık olarak bir nokta altı on üzeri eksi on dokuz Coulomb'dur.

Böylece bir Coulomb, altı çarpı on üzeri on sekiz proton, veya yük negatif ise elektron, gibi bir şeydir.

Bu K sabiti SI birimlerinde dokuz çarpı on üzeri dokuzdur.

Ve birimini bulabilirsiniz. Çünkü biliyorsunuz ki bu Newton, bu Coulomb kare ve bu da metrekaredir.

Böylece birimi, Newton metre kare bölü Coulomb karedir.

Fakat bu çok önemli değildir.

Şimdiye kadar hiç kimse onu bu şekilde ele almamıştır.

Tarihsel nedenlerden dolayı o bazen sizin için bir sıkıntı oluşturabilir. K için bir bölü dört pi epsilon sıfır yazarız.

Bununla ilgili hiçbir büyü yok. Bu sihirli bir şey değil. Bu sadece bir tarihsel neden.

Ve böylece bir bölü dört pi epsilon sıfır, dokuz çarpı on üzeri dokuzdur.

Önemli olan budur.

Bu epsilon sıfır, serbest uzayın elektriksel geçirgenliği adını alır.

Fakat onu unutabilirsiniz. İsmi önemi yoktur.

Burada kütle çekimi ile açık bir benzerlik olduğuna dikkat ediniz.

Newton'un kütle çekimi kanununda kuvvet, her zaman çekici olmuştur, hiçbir zaman itici değildir; iki kütlenin çarpımıdır ve sonra burada bir yerçekimi sabitiniz vardır ve tekrar uzaklığın karesi.

Böylece ikisi arasında çok büyük bir benzerlik vardır.

Kütle çekimi ve elektrik arasında işleyiş bakımından büyük bir güzellik vardır.

Eğer üçüncü bir yük eklersem, mesela buraya, q_3 yükünü koyarsam ve sonra q_2 üzerine etkiyen kuvvetin ne olduğunu öğrenmek istersem, o zaman 8.01 Klasik mekanik dersinde birçok kez kullandığımız üst üste gelme ilkesini kullanırım ve iki numara üzerindeki net kuvvetin birinciden ve üçüncüden kaynaklı kuvvetler olduğunu söyleyebilirim.

Eğer üç numara, eğer bu pozitif ise ve bu pozitif ve bu da negatif ise, bu kuvvetin bu yönde olması beklenir, F üç-iki ve sonra iki numara üzerindeki net kuvvet bu ikisinin vektörel toplamıdır.

Bu üst üste gelme ilkesinin işlediğini açıkça gösterir mi?

Kesinlikle hayır. O kadar da açık değil.

Buna inanmalı mıyız? Evet inanmalıyız.

Neden buna inanmalıyız?

Çünkü yaptığımız tüm deneylerle uyuşmaktadır.

Fakat çok güçlü olan üst üste gelme ilkesi gerçekte doğal bir sonuç değildir.

Fakat işlemektedir.

Onu her zaman kullanabiliriz. Ve kullanacağız.

Mekanik dersi ile elektromanyetizma dersini karşılaştırırsanız, bu elektrik ile kütle çekimini karşılaştırmak demektir, elektrik kuvvetlerinin kütle çekimi kuvvetlerinden çok daha güçlü olduğunu görürsünüz.

Ve bunu size göstermemin en iyi yolu, aralarında d uzaklığı bulunan iki proton almaktır.

Bir proton burada, bir proton şurada ve birbirlerinden d kadar ayrılmışlar. Onlar birbirlerini iterler. Ve birbirlerini itme kuvvetinin hesaplanması elbette oldukça kolaydır.

Coulomb kanununu biliyoruz; Coulomb'a izafeten böyle adlandırılmıştı.

Ve böylece kuvvet, onların birbirlerini ittikleri elektrik kuvvetidir. Bu, kuvvetin büyüklüğüdür. Protonun yükü, bir nokta altı çarpı on üzeri eksi on dokuz; ancak karesini almalıyım.

Coulomb sabiti ile çarpmalıyım, ki bu da dokuz çarpı on üzeri dokuzdur ve bunu d'nin karesine bölmeliyim.

Bu elektrik kuvvetidir.

Eğer onların birbirlerini çektiği yerçekimi kuvvetini bilmek istiyorsam, yani birbirlerini çektikleri kuvvet; buradakiler itici kuvvetlerdi. Ancak burada sadece büyüklüğünü istiyorum; o zaman protonun kütlesini almalıyım. O, bir nokta yedi çarpı on üzeri yirmi yedidir.

Bunun karesini almalıyım.

M1 çarpı M2 çarpı kütle çekim sabiti olduğunu hatırlayınız.

SI birimlerinde kütle çekim sabitinin değeri altı nokta yedi çarpı on üzeri eksi on birdir ve bunu d'nin karesine bölerim.

Eğer şimdi elektrik kuvveti ile yerçekimi kuvvetini karşılaştırırsam, birini diğerine bölerim, d'lerin yok olduğuna dikkat edin. Her ikisinin paydasında d'nin karesi var.

Ve bu oranın kabaca on üzeri otuz altı olduğunu kolaylıkla gösterebilirsiniz.

Böylece elektrik kuvveti, kütle çekiminden on üzeri otuz altı mertebesinde daha güçlüdür.

Bu belki size 8.02 Elektrik ve manyetizma dersine biraz daha fazla saygı duymayı öğretir.

Eğer protonlar üzerine etkiyen kuvvetler sadece bunlar ise ve onları, boyutu sadece on üzeri eksi 12 santimetre olan çekirdeğe götürürseniz, o zaman protonun kazanacağı ivme, elektrik kuvvetinin protonun kütlesine bölümüdür.

F eşittir M çarpı A. Mekaniğin temeli

Ve d, on üzeri eksi 12 santimetre olduğunda, ki bu on üzeri eksi on dört metredir, elektrik kuvvetini alır ve bu oranı hesaplırsanız, onun dünyadaki yerçekimi ivmesinden büyüklük olarak yirmi altı mertebe daha şiddetli olduğunu bulursunuz.

On üzeri yirmi altı kez daha büyük ve itici.

Bu durumda, çekirdekleri, hangi gücün bir arada tuttuğunu tabii ki merak edersiniz. Protonlar üzerinde böylesine devasa bir kuvvet varken.

Evet, onları bir arada tutan şey, tam olarak anlayamadığımız nükleer kuvvetlerdir. Çok şükür, nükleer kuvvetler elektrik ve manyetizmanın konusu değil. Dolayısıyla onu şimdilik kendi başına bırakalım.

Peki, dünyamızı bir arada tutan ne?

Aslında nükleer boyutlarda, yani on üzeri eksi on iki santimetrede, çok önem kazanan nükleer kuvvetlerdir.

Atomik boyutlardan binlerce kilometreye kadar ölçeklerde, dünyamızı bir arada tutan elektriksel kuvvetlerdir.

Fakat çok daha büyük ölçeklerde, gezegenler, yıldızlar ve galaksilerde, evrenimizi bir arada tutan şey yerçekimidir.

Ve şimdi şunu sorabilirsiniz: “ Ama bu çok tutarsız, eğer yerçekimi ile elektrik kuvvetini karşılaştırıyorsanız d’lerin birbirini yok edeceğini”, bize siz söylememiş miydiniz?

Evet, ancak, birçok cisim nötrdür veya nötre çok yakındır; ve böylece eğer dünyayı ele alırsanız, bir bütün olarak yeryüzünün 10 Coulomb’dan daha fazla yüke sahip olması olanaksızdır.

Bu bile muhtemelen abartılıdır.

Eğer yeryüzünü ve Ay’ı ele alır ve her ikisine de 10 Coulomb’luk yük koyarsam, burası yeryüzü ve burası Ay, ; ve buraya keyfi olarak sadece 10 Coulomb ve buraya eksi 10 Coulomb koyuyorum; böylece bunlar birbirlerini çekeceklerdir; fakat verilen mesafe için bu neredeyse hiçbir şeydir. Kuvvet ihmal edilebilecek kadar küçüktür.

Fakat elbette ki kütleleriyle orantılı yerçekimi kuvveti kazanır ve bu özel durumda yeryüzünü ve ay’ı alırsanız, çekim kuvveti on üzeri yirmi beş mertebesinde elektrik kuvvetini yener.

Yakın çevremiz elektrik kuvvetleri tarafından sarılmış olduğu halde, buna kendi vücudumuz da dâhil, büyük boyutlarda evrenin davranışı yerçekimi ile yönetilir.

Yükü nicel olarak ölçmek için çeşitli araçlar kullanabiliriz ve bu araçlardan birisi gelecek derslerde sıkça kullanacağımız elektroskoptur.

Bu çok basit bir alettir. Genel olarak bu iletken bir çubuktur.

Alüminyum, metal olabilir ve uçlarında iki ince levha, iki parça alüminyum yaprak vardır. Ve burada çoğunlukla bir topuz olur.

Ve eğer buraya yüklü bir cisimle dokunursam, o zaman bu elektriği iletir, bu Benjamin Franklin’in tanımladığı gibi ateşi iletir.

Pozitif yüklü bir cisimle dokunursam, o zaman bu cisim pozitif yüklenecektir.

Negatif yüklü bir cisimle dokunursam, negatif yüklü olacaktır.

Ve şimdi burada bu iki çok hafif alüminyum parçanın birbirini iteceğini görürsünüz.

Ve aralarında bir açı olacağını göreceksiniz ve yükü ne kadar artırırsanız açı o kadar büyük olacaktır.

Bu bize bazı nicel ölçümler yapmanın yolunu verir.

Çok farklı olmayan başka elektroskoplar da vardır.

Burada bir merkezi çubuk ve burada asılı bir yaprağı olabilir ve bunu bir kere yüklediğinizde bu yaprak dışarı gidecektir ve eğer yük fazla ise daha fazla açılacaktır.

Şu anda burada bir elektroskopum yok. Fakat kendimi yükleyip ellerimde bu gelin tellerini tutarsam, bir şekilde kendimi yeterince yüklediğimde, bu tellerin ayrıştığını size göstermek istiyorum.

Belli bir miktar yük almanız gerçeğini takip eden bir fikir, benden ister negatif yük ister pozitif yükle yüklenmiş olsun bu fark etmez, bu teller ayrışacaktır.

Ve elbette ki bunu yapmamın en iyi yolu Van de Graaff ile kendimi yüklemektir.

Daha önce de söylediğim gibi, bu tür deneyler tamamen risksiz değildir.

Ve böylece elbette ki her zaman benim bu gösteriden kurtulamama olasılığım vardır.

Ancak endişelenmeyin, çünkü bu durumda bu dersi, herhalde bu gösteriyi tekrar yapmaksızın, verecek bir başkası çıkacaktır.

Böylece olabildiğince dikkatli bakın, çünkü görebileceğiniz tek sefer olabilir.

Size Van de Graaff üzerinde güzel bir ışık vereceğim.

Ve bu her zaman benim için korkunç bir andır. Van de Graaff ile geçen uykusuz geceler.

Şimdi onu açayım mı, Marcos senin veya sizin bunu açmak için cesaretiniz var mı?

Açabilir misiniz? Tamam, dur hele Marcos, rahat olmak için çok yakın.

Hazır mısınız? Endişeli misin?

Görüşürüz.

Ve tellere bakın ve bana bakmamayı deneyin lütfen.

Devam edin. Şimdi bir canlı elektroskopum.

Eğer bugün hava bizimle işbirliği yapsaydı ve uzun saçlarım olsaydı, saçlarımın bir elektroskop gibi davranmaya başladığını görebilirdiniz.

Aslında bunu da deneyebiliriz.

Niçin onu atmıyorsun?

Çalışıyor mu?



Evet, bu hafta sonu aynanın karşısında naylon gömleğinizi çıkardığınızdan emin olun ve eğlenin, evdeki deneyinizden zevk alın.

Ama bunu asla denemeyin.

Gelecek derste görüşürüz.