

MIT Açık Ders Malzemeleri

<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 19 Sihirbazlar Kadınları Nasıl Havaya Kaldırır

Yapacağınız motor için 10 gününüz kaldı; dolayısıyla İlbahar Tatili için güzel bir proje.

Size bazı ipuçları vereceğim.

Pervanenizin sürtünmesini elinizden geldiğince düşük tutun.

Herhangi bir yağ kullanamazsınız; elbette buna izin yok.

Pervanenin denge ayarını elinizden geldiğince iyi yapın.

Ve pervanenin sıçramasını, titreşmesini önlemeye çalışın; çünkü pervane titreştiği zaman, akıma ihtiyaç duyduğunda akımla bağlantısını kaybeder, böylece tork olmaz.

Motorlarınızı nasıl test edeceğiz?

Bunu stroboskopa yapacağız; bunu nasıl yapacağımızı size göstermeye karar verdim.

Yapılacak en iyi şey, herhalde budur.

Burada bizim bir diskimiz var; onu 1000 devir bölü dakika (DBD) ile döndüreceğiz.

Farzedelim ki, bu sizin motorunuz olsun.

Onu bir stroboskop ışığıyla hareketsiz görünene kadar ışıklandıracağız.

Bu durumda, stroboskopu öyle ayarladım ki disk, kabaca hareketsiz görünüyor. Şimdi stroboskop dakikada 500 kez yanıp sönüyor, motor ise dakikada 1000 devir yapıyor.

Bu yüzden, bunun sizin motorunuzun dönme hızı olmadığı açıktır.

Gerçekte motorunuz, her iki ışık parıltısı arasında iki kez dönüyor.

Ve bunu bilmemizin herhangi bir yolu yok; bu yüzden frekansı iki katına çıkarırız.

Şimdi stroboskop ışığının yanıp sönme frekansını iki katına çıkarmaya çalışıyorum.

Ve Şimdi o, yine hala hareketsiz.

Bu yüzden sizin motorunuzun dakikada 1000 devir yaptığını düŐünebiliriz; ama henüz bilmiyoruz.

Belki o, 2000 DBD yapıyordur. Belki de 3000 DBD'dir.

Şimdi ne yapacağız; frekansı iki katına çıkaracağız.

Stroboskop ışığını 2000 DBD'ye çıkacağız.

Ve Şimdi gördüğümüz, çift görüntüdür.

Böylece 2000 DBD dıŐlanmıŐ oldu; ve 2000 DBD'nin katları da dıŐlandı.

Bu yüzden 4000 DBD dıŐlandı, 6000 ve 8000 de dıŐlandı.

Fakat henüz dıŐlanmamıŐ olanlar 3000, 5000 ve 7000'dir.

Dolayısıyla bunları da sınamalıyız.

Diğer taftan, ben zaten bu motorun 1000 DBD olduğunu söylemiştim; Şimdi bunu sınamak saçmalık diyebilirsiniz.

Fakat elbette gerçek yarıŐma esnasında, motorunuzun doğru DBD'ye sahip olduğumuza ikna oluncaya kadar, yolumuza devam edeceğiz.

Bu yüzden onu Şöyle yapacağız:

Pervanenizin bir tarafına küçük bir parça beyaz boya süreceğiz; yapılacak Şey bu.

Kuşkusuz, motorunuz dönme hızı açısından son derece kararsız ise, tam doğru sayıya ulaŐmak kolay olmayacaktır.

Sizinle kalpten söz etmek istiyorum. Kalbimiz dört odacığa sahiptir.

O bu Şekilde görünür. Sol kulakçık ve sağ kulakçık.

Belki de onun kalp olarak isimlendirilmesinin nedeni budur.

Ve burası sol ve sağ karıncık. Ve burası aorttur.

Kalbin tek görevi vardır: kanı pompalamak.

Yaklaşık olarak dakikada 5 çeyrek ki o saatte 75 galon eder; o da günde 70 fiı eder, ve bu da 75 yıl içerisinde yaklaşık 2 milyon fiı kan demektir.

Ve o, dakikada ortalama 70 kez pompalar.

Eğer sizin beyninize giden kan 5 saniye durursa, bilincinizi kaybedersiniz.

Bu süre kalbinizin 5 kez atışıdır ve siz yere düşersiniz.

Ve 4 dakika sonra kalıcı bir beyin hasarı oluşur.

Kalp kesinlikle kafa karıştırıcı bir yolla çalışır. Oldukça karmaşıktır.

Tabiat onu bir milyar yılda tasarladı. Fakat yine de o hala etkileyicidir.

Her bir kalp hücresi küçük bir kimyasal pildir. Ve o iyonları içeriye veya dışarıya istediği gibi pompalar.

Normal durumda her bir kalp hücresi, dışarıyı referans aldığımızda, içerisi eksi 80 mili voltur.

Bazı hücreler vardır, onlar kalp pili olarak adlandırılır.

Onlar sağ kulakçığın yanında yaklaşık 1 milimetrekarelik çok küçük bir bölgeye yerleştirilmiştir ve potansiyellerini eksi 80 milivolttan artı 20 milivolta kadar değiştirirler.

Bunu neden yaptıklarının farklı bir hikâyesi vardır. Şimdi onu anlatmayacağım.

Onlar artı 20 milivolta çıkınca, komşu hücreler de onları izler ve kalp üzerinde bir dalga yayılır.

Size biraz sonra bir çizim yapacağım.

Dalga ilk önce kulakçık odacıkları üzerinden ve sonra karıncık odacıkları üzerinden hareket eder.

Ve hücreler dışarıya göre içeride artı 20 mili volt olduğunda, onlar kasılırlar.

Bu yüzden onlar bir kası oluşturur. Tüm kalp büyük bir kastır.

Ve yaklaşık saniyenin 10 de 2'si kadar sonra, hücreler eksi 80 mili volta geri dönerler ve dalga aşağıdan yukarıya gider.

Ve sonra bütün bu şeyler, yine kalp pili hücrelerinden gelen yeni mesajlar için beklerler. Bu yaklaşık 1 saniye sürer ve sonra tüm süreç yeniden başlar.

Şimdi daha kesin olmak istiyorum.

İşte bir kalp hücresi. Bu yaklaşık olarak 10 mikron büyüklüğündedir.

Ve bu hücre dışarıya göre eksi 80 milivolta sahiptir.

Böylece bu onun pozitif iyonları dışarı ittiği ve bu yüzden içerinin negatif olduğu anlamına gelir.

Ve dışarıda, burada E alanı yoktur. Çünkü buraya bir yere Gaussian bir yüzey koyarsanız, içeride net yük yoktur.

Fakat elbette burada duvarları geçerken artıdan eksiye bir elektrik alanı vardır.

Şimdi artı 20 milivoltluk duruma değişim demek olan kutupsuzlanma başlar; bu yukarıdan başlar.

Ve şimdi onun artı 20 milivolt değil de 0 milivolt olduğunu farz edeceğim; bunu böyle görmek daha kolay.

Eğer biz bu hücreye sahipsek ve dalga, diyelim ki, alt yarı-yoldadır ve şimdi burası 0 milivolttur; o zaman artık burada negatif yük yoktur ve artık burada pozitif yük vardır. Çünkü 0 milivoltlar dış dünyayla ilgilidir.

Böylece artık buradan geçen bir elektrik alanı yoktur.

Başka bir deyişle, hücrelerin yaptığı şey pozitif iyonları geriye içeri taşımaktır.

Fakat burada durum hala önceki gibidir. Bu yüzden bu hala eksi 80 mili voltur.

Eğer şimdi bakarsanız, burada pozitif tabakanın üzerinde negatif bir tabaka vardır.

Burası pozitifdir, üstü negatiftir.

Ve bu, kabaca elektrik dipolün alan şekline sahip bir elektrik alan oluşturur.

O, bu şekle sahiptir.

Böylece dalga hücrelerden geçerken, ancak o zaman onlar bir dipol oluştururlar.

Biz bunu kutupsuzlanma olarak adlandırırız.

Bir az sonra, bu dalga geçtiği zaman, her şey artı 20 mili voltur.

Ben burayı 0 seçmiştim, aslında o artı 20 milivoltur.

Bu sadece açıklamada daha kolaydı.

Böylece demek oluyor ki, şimdi içerisi artıdır, bu yüzden pozitif iyonlar içeridedir, negatif iyonlar dışarıdadır ve E alanı burada tekrar sıfırdır.

Şimdi o eksi 80 milivolta geri döndüğünde, aşağıdan gelen yeniden-kutuplanma dalgası vardır.

Önceden yaptığım gibi, yine aynı hileyi yapacağım; şimdi dalganın yarım olduğunu farz edeceğim. O eksi 80 değil, 0 milivolt.

Böylece burada yükler yoktur, fakat buradaki yükler değişmemiştir.

Böylece şimdi burada neyiniz var?

Pozitif tabakanın üzerinde negatif tabakaya sahipsiniz.

Tamamen daha önceden sahip olduğunuz şeye sahipsiniz.

Böylece, gene aynı şekle sahip olan bir elektrik alanı, bir dipol elektrik alanı elde edersiniz.

Böylece ne olacaktır? Kasıldığı zaman, kutupsuzlanma dalgası aşağıya akacak ve burada arkada artı 20 milivoltta hücreler bırakacaktır; böylece kalbin bu kısmı zaten pompalamayı yapmıştı ve o artık aşağı doğru hareket eder.

Ve sadece kutupsuzlanmanın olduğu yerdeki hücreler, yani sadece halka üzerinde olanlar, elektrik dipol alana katkıda bulunurlar.

Eğer kalbin büyük bir kısmı olan, dolaşımın büyük bir kısmı olan dalga yoksa, o zaman elektrik dipol alanı yoktur.

Ve yeniden-kutuplanma diğer yöne gittiği zaman, kalp rahatlar. Çünkü hücreler eksi 80 milivolta geri gider. Sonra tekrar bir elektrik dipol alanı oluşur; fakat bu alan, sadece üzerlerinden yeniden-kutuplanma dalgasının hareket ettiği hücrelerden oluşur.

Tüm bu hücrelerin elektrik dipol alanlarının, birbirini burada desteklediğini kolayca görebilirsiniz. Böylece kalbin ürettiği bir dipol alanı elde edersiniz.

Haydi kalbinize bakalım -- bu sizsiniz, bu sizin vücudunuz, bacaklarınız ve bunlar kollarınız ve burası sizin kalbinizdir. İşte bu dalga gidiyor.

İşte sizin, kutupsuzlanma dalgası aşağıya giderken, ya da yeniden-kutuplanma dalgası yukarı çıkarken üretilen elektrik alanınız.

Bir elektrik alanı varsa, vücudunuzun farklı parçaları arasında bir potansiyel farkı olacaktır.

Buradaki göbek deliğinize bakınız ve bu elektrik alan çizgisini başınıza kadar takip ediniz. Bir E alanı var.

Entegral E nokta $d\ell$ size potansiyel farkını verir.

Vücudunuzun çeşitli parçaları arasında potansiyel farkları olacağını görebilirsiniz.

Bu, elektrokardiyogramın ardındaki düşüncedir.

Tipik olarak kalbimizle ilgili daha fazla bilgi elde edinebilmemiz için kollarımıza, bacaklarımıza, kafamıza ve göğsümüze bağlı 12 elektrot vardır.

İki elektrot arasındaki maksimum potansiyel fark, genelde, yaklaşık 2-3 milivolttan daha fazla değildir.

Size sağlıklı bir insanın, sağlıklı bir kalp kardiyogramını göstermek istiyorum.

Burada bir tane var.

Zaman burada 1 saniyedir. Ve buradan buraya ortalama 1 milivolttur.

P dalgası – buna P dalgası deriz : kulakçık kutupsuzlandığında, bu gözlenir. Böylece kutupsuzlanma dalgası kulakçığın üzerinde gider.

Dalga biraz sonra karıncığın üzerinde ilerler; karıncık içerisinde çok daha fazla kas olduğundan, büyük bir potansiyel farkı elde edersiniz.

R dalgasının daha yüksek olmasının nedeni budur.

Dalga karıncık üzerine geri döndüğünde, T dalgası yeniden-kutuplanmadır.

Dipol alanının aynı yönde olduğunu hatırlayınız. Bu T dalgasıdır.

U dalgasına neyin sebep olduğu son zamanlara kadar bilinmiyor.

MIT de kalp uzmanı Profesör Cohen ile bu konuda konuştum; U dalgasının ne ile ilgili olduğunun bilinmediğini öğrendiğimde şaşırdım.

Herkesin kardiyogramı bu kadar sağlıklı gözükmez.

Birleşik Devletler’de her yıl 4000 insanın öldüğü, karıncık çarpıntısı olarak bilinen berbat bir hastalık vardır; ani ölüm olarak da bilinir.

Karıncıklar, atış dalgası ya da kalp pili dalgasından herhangi bir mesaj almaksızın çalışır; rastgele, senkronize olmamış kutupsuzlanma söz konusu olur.

Kalp artık pompalayamaz; 5 saniye içerisinde, yerde bilincinizi kaybedersiniz ve 4 dakika içerisinde kalıcı beyin hasarınız olur.

Hastanelerde, kalp hastaları sürekli izlenir; çarpıntı, karıncık çarpıntısı gibi şiddetli bir kusurun farkına varılır varmaz, elektrik şok tedavisi uygulanır.

Hızlı olmak zorundasınız; beyin zarar görmeden önce sadece birkaç dakikanız vardır. Onda bir saniyede 1 amper, 3000 volt uygulanır.

Göğsün her bir tarafı için büyük plakalar kullanılır. Bu, kuşkusuz, hastayı öldürmek için yeterlidir. Ne farkedebilir ki; hasta zaten ölmek üzeredir.

Kalp hastaları senkronizasyon problemleri yaşayabilirler; bu durumda onlara bir kalp pili takılır; bu bir devredir.

Ve bu kalp pili, kalp pili hücrelerinin rolünü üstlenir.

Kalp atışı hızı belirli bir hızın altına düştüğü zaman, suni kalp pili görevi devralır.

Yarım milisaniye için yaklaşık 10 miliamper akım verir ve bunu dakikada 60 kez tekrarlar. Böylece kutupsuzlanma dalgasını başlatır.

Bu kalp pilleri dış dünyadan etkilenme konusunda çok hassastırlar; örneğin, bir kişinin kalp pili, polis arabalarının radar tarama sisteminden her 10 saniyede yayılan sirenden dolayı durmuştu.

İçeriye bir çarpıntı giderici, başka bir deyişle, ani ölüm durumuna gelindiğinde elektrik şokları veren bir sistem yerleştirmek mümkündür.

Bu sistem ters bir şeyler olduğunu, karıncıkta çarpıntı olduğunu algılar ve tamamen kendi kendine yaklaşık 5,5 mili saniye içerisinde 5 amperden 10 ampere kadar 650 volt uygular.

Hastayı öldürecek kadar yüksek değildir. Bütün düşünce, kalbi senkronize hale geri döndürmek için bir tür canlandırmadır; bu kutupsuzlanma dalgasını tekrar senkronize etmedir.

Şimdi size bir öğrencinin kalp kardiyogramını göstermek istiyorum; bazı zorluklardan kaçınmak için, sağlıklı birini tercih edeceğim.

Kendini güçlü hissediyor musun? Sağlıklı bir kişi misin? Gönüllü olmak ister misin?

Dar pantolon giymiş; neyse, bir şeyler yaparız.

Tamam, niçin oturmuyorsun?

İyi, bir şey yok gel, gel. Biz, biz, bir yol bulacağız.

Pekala, şimdi elektrotları takmak zorundayız-- bizim 12 elektrotumuz yok, yalnızca 3 elektrot kullanacağız.

Birincisi -- sizin sıkı pantolonunuz nedeniyle endişeliyim.

Paçalarını biraz yukarıya kıvrabilir misin? Tamam. Tamam, birisini buraya takalım. Umut edelim ki o iyi temas etsin.

Diğerleri de kollarına. Çok iyi bir elektriksel kontakta ihtiyacımız var. Dolayısıyla buraya biraz iletken yağ süreceğiz.

Çok az süreceğim -- biraz kolunu kirletecek. Biraz sonra temizleme fırsatı vereceğim.

Böylece önce bunu koyalım -- rahat ol, tamam mı? Evet, elbette.

Kıyafetinin kolunu kıvrabilir misin? Çok güzel.

Ve belki bunu kolunun üzerine koyabilirsin, evet, daha yukarı, evet bu iyi.

Daha yukarı. Oh dostum, harika, kaslısın.

[gölüşmeler].

Evet, şimdi rahatla Eğer biraz acıtırsa, oh iyi, bunun yapılış şekli böyle.

İyi temasa ihtiyacımız var.

Tamam, şimdi diğer koluna. Gene iletkenliği artıran pis sıvıdan biraz.

Senin başka bir lastik banda ihtiyacın var, onu kolunun yukarisına koy.

Çok iyi, evet. Pekala.

Şimdi senin rahat olman çok önemli, çünkü sen hareket ettiğin zaman, diğer kas hücreleri de elektrik dipol alanları oluşturacaklar.

Ve biz bunu istemiyoruz, çünkü o zaman bu baskın olur.

Pekala. Sizin buna göz atmanızı sağlayacağım.

Evet. Her şey tamam mı?

Işığın durumunu değiştireyim ki, biraz sonra orada olacakları görebilesiniz..

Ohh dostum. Ohh, vay anasını şuna bakın. Ohh, vay canına.

Ohh bakın! Senin P dalganı göremiyorum.

Fakat T dalgan şaşırtıcı, doğru -- şaşırtıcı bir R dalgan var ! O, R dalgasına benziyor, R dalgan yanlış yönde.

İyi hissediyor musun?

Rahatsın, değil mi?

Evet, senin P dalganı göremiyorum.

Bazı insanlar P dalgası olmaksızın da yaşayabilirler.

Bu kesinlikle olağan dışı nadir bir kalp; fakat bana sağlıklı olduğunu söylersen, o zaman senin sözüne inanacağım.

Sanırım şimdi bunu sınıfa gösterirsen, güzel olacak. Niçin kısa bir süre için ayağa kalkmıyorsun? Diğer kaslarını hareket ettirmeye başla ve onlar görecekler, şimdi ayağa kalk.

Kollarını hareket ettir. Görüyor musunuz?

Şimdi vücudundaki diğer kasılan kaslardan elektrik dipol alanı elde ediyorsun.

Hatta bu senin kalbinden daha ilginç, dostum.

[gülüşmeler].

Pekala. Tekrar otur ve onları çıkar. Ve sonra temizlenebilirsin.. İyi görünüyor. Evet.

Kalp kardiyogramını yorumlamak o kadar kolay değildir.

Fakat bence iyi görünüyorsun. İyi hissediyorsun, değil mi?

Önemli olan bu.

Gönüllü olduğun için sana çok teşekkür ediyorum, çok cesursun.

Maddenin temizlendiğinden emin ol.

Suda eridiği için o kadar kötü değildir.

Aklıma gelmişken adın neydi? Dan. Harikaydın Danny.

Ve şimdi Aurora Borealis yani Kuzey Işıkları'ndan bahsetmek istiyorum.

Bir manyetik alanımız ve bir yüklü parçacığımız olsun; diyelim ki artı yüklü bir parçacık ve hızı bu yönde. Bu durumda yüklü parçacığa etkiyen kuvvet, Lorentz kuvveti, eşit q kere V , vektörel çarpım B dir.

Şimdi bu hızı, manyetik alana paralel ve dik bileşenlerine ayıracağım; böylece bu ikisinin vektörel toplamı V 'dir.

Bunu yeniden q çarpı V_{paralel} artı V_{dikey} çarpı B olarak yazabilirim.

Fakat V_{paralel} vektörel çarpım B sıfırdır. Çünkü aralarındaki açı ya 0 derece ya da 180 derecedir; bu yüzden açının sinüsü sıfırdır.

Böylece kuvvet, sadece bu terim ile belirlenir. O, dikey bileşendir.

Bu durumda ne olacak? Yüklü parçacık B etrafında dönecektir.

Ama sonra bu hız, V_{paralel} ile birlikte, bu yönde gitmeye devam eder.

Ve böyle bir yol göreceksiniz: Bir spiral

Bu çemberin R yarıçapı -- ben bunu işlediğimiz derslerden hatırlıyorum -- R eşitti $m V$ bölü $q B$, fakat V şimdi elbette dik bileşendir. Paralel hız bileşeniyle de değişmeden bu yönde devam eder.

Dünyanın manyetik alanı düz bir çizgi değildir, kavislidir. Bu yüzden, yüklü parçacıklar manyetik alanın etrafında sarmal şekilde hareket ederek manyetik alan çizgilerini izlerler ve manyetik alan çizgilerinin sonlandığı manyetik kutuplara yakın yerlerde dünya üzerine gelirler.

Güneş bir plazma yayar.

Plazma, büyük ölçüde iyonlaşmış elektronlar ve protonlardır.

Biz ona güneş rüzgârı deriz. Bazı zamanlar güçlü, bazı zamanlar ise zayıftır.

Bunlar dünyaya ulaştıklarında, dünyanın daha yukarısındaki atmosferi iyonlaştırır ve bu, bir ışık oluşturur.

Işık çok zayıftır, sadece gece görülebilir.

Bu ışığa Aurora denir; biz onu Kuzey Işıkları olarak adlandıracağız. Eminim ki güney yarımküredeki insanlar bunu Güney Işığı olarak adlandırırlar.

Güneş çok aktif olduğu zaman, Aurora çok heyecan vericidir, gerçekten seyri çok keyiflidir. Aurora dakika ile saniye arasında bir ölçekte çok hızlı değişebilir.

Kuşkusuz, kuzey ışıkları manyetik kutup yakınında en güçlüdür ve siz bu ışıkları Boston'da çok nadir olarak görebilirsiniz.

Çok parlak renklere sahiptir; kırmızı, yeşil gibi; beyaz en yaygın renklerdir.

Göreceğiniz renkler, gelen yüklü parçacıkların enerjilerine bağlıdır.

Aynı zamanda atmosfer içerisindeki azot ve oksijen moleküllerinin uyarılıp uyarılmamalarına da bağlıdır.

Ayrıca yüksekliğin ne olduğuna da bağlıdır. İyonlanma atmosferin yüksek kesimlerinde meydana gelir.

Hayatımda birçok kez aurora gördüm. Adirondack'ta yürüyüş yapıyorken gördüm.

Kanada'daki Calgary'de gördüm.

Avrupa'ya her ne zaman uçsam, gece uçarım ve daima uçağın solunda, pencere kenarında bir koltuk isterim; bunun nedeni kuzeye bakabileyim dindedir.

Ve uçaktan kuzeye baktığımda, birkaç kez mükemmel Aurora'lar görmüştüm.

Size bazı slaytlar göstermek istiyorum.

Eğer 8.02 web sitesini ziyaret ederseniz, sizin için Aurora'nın bazı slaytlarının linklerini yaptım. Fakat şimdi size burada olan birkaçını göstereyim.

İlk slaydı görebilir miyiz?

Bu işte, beyaz Aurora, güzel bir perde gibi. Çok yaygın değil.

Dakika ile saniye arasındaki bir zaman ölçeğinde değişebilir.

Söylediğim gibi, onu sadece gece görebilirsiniz. O çok zayıftır.

Sıradaki slayt.

Aurora'nın başka bir dikkat çekici örneğini görüyorsunuz.

Garip şekiller, çok tahmin edilemeyen.

Ve hareket ediyor: Aurora'yı gördüğünüzde, sanki film izliyormuş gibi olursunuz.

Sıradaki kırmızı Aurora, aşağıya gelen harika bir perde gibi.

Manyetik kutuptan yaklaşık 500 kilometre yarıçapa sahip bir halkadan gelen maksimum ışığın nedenini anlamak öyle kolay değildir.

Sonraki slayt, dünyadan 3 dünya çapı uzakta olan bir uydudan alınmış bir resmi gösteriyor.

Bu morötesi ışıkla çekilir. Ve bu halkayı güzelce görürsünüz.

Böylece bu çap kabaca 500 kilometredir ve burası manyetik kutuplardan birisidir.

Onun Kuzey Kutbu mu, Güney Manyetik Kutup mu olduğunu bilmiyorum.

Sonraki slayt size, benzer şeyler gösteriyor.

Eğer siz yalnızca bu dördüne bakmak isterseniz, onlar 12 dakika aralıkla ve yine morötesinde çekilmiştir; siz burada yatay bir çizgi görüyorsunuz.

Bu yatay çizgiyi nasıl açıklayacağımı bilemiyorum.

Bu, Teta Aurora diye adlandırılıyor.

Açıkçası neden teta olduğunu söylemeye gerek yok, değil mi? Şaşırtıcı.

Bunlar 12 dakika aralıklıdır; bu size ne kadar hızlı değiştiğiyle ilgili bir fikir de verir.

Burası çok karanlık ve burası çok aydınlıktır. Değişimler oldukça etkileyicidir.

Şimdi de size süper iletkenlikten bahsedeceğim.

Süper iletkenlik Hollandalı bir fizikçi tarafından keşfedilmişti.

Onun adı Kamerlingh Onnes'dir.

O şunu keşfetmişti: Cıvayı 4 Kelvin derecesine kadar soğutursanız -- O, bunun için sıvı helyum kullanmıştı; işin doğrusu şu ki, o aslında sıvı helyumun nasıl yapıldığını keşfetmişti. Bu inanılmaz bir şeydi.

Ve sonra, aralarında civanın da bulunduğu, çeşitli maddeleri soğutmak için bu sıvı helyumu kullanmış ve civanın öz direncini tamamen kaybettiğini keşfetmişti.

Böylece elektrik direnci sıfıra düşüyordu. Ve 1913 de bunun için Nobel ödülünü aldı.

Süper iletkenliği yalnızca kuantum mekaniği ile anlayabilirsiniz. Bugünlerde Kuantum mekaniği bile, süper iletkenlikle ilgili bütün olayları anlamak için büyük bir problemle karşı karşıya.

Problem 1986 da başladı. Zürih'te çalışan iki bilim adamı, Muller and Bednorz, 35 Kelvin derece gibi yüksek sıcaklıklarda, bazı alaşımların süper iletken yapılabildiğini keşfettiler.

Oysa teorisyenler daha önce 35 Kelvin derecede süper iletkenlik elde etmenin imkânsız olduğunu ispatlamışlardı.

Fizik camiasında, “bu gençler, bir yıl içerisinde Nobel ödülü aldılar” gibisinden çamur atmalar olmuştu. Onlar 1987’de Nobel ödülü aldılar.

Bir yıl içerisinde Nobel ödülü verilmiş, bir başka keşif örneği daha hatırladığımı sanmıyorum.

Yüksek sıcaklık süper iletkenliği olarak isimlendirilen bu şeyin nedenini bugün hala teorisyenler tam olarak açıklayamıyorlar.

MIT’deki Profesör Lee ile bugünkü kayıtları kontrol ettim; kayıtlar şimdi 135 Kelvin derecede.

Belli alaşımlar 135 Kelvin’de süper iletken yapılabilir.

Sıvı azotun sıcaklığının 77 Kelvin olduğunu muhtemelen bildiğiniz için, son zamanlarda herkes süper iletken maddelerle, nesnelere, okullarda bile oynayabilir, çünkü sıvı azotu elde etmek oldukça kolaydır.

Eğer süper iletken malzemelerden güç hatları yaparsanız, enerji kaybı olmaz.

İnsanlar bu konuda düşünüyorlar.

Siz bunun ne kadar masraflı olduğunu düşünebilirsiniz; fakat ilkesel olarak, elektrik enerjisini herhangi bir kayıp olmaksızın, ohm kaybı olmaksızın taşıyabilirsiniz.

$I^2 R$ yok, çünkü R sıfır.

Aynı zamanda, eğer bir maddede 0 dirence sahipseniz, siz ondan son derece yüksek akım geçirebilirsiniz ve çok güçlü manyetik alanlar elde edebilirsiniz.

Süper iletken bobinler kullanarak çok güçlü manyetik alanlar elde edebilirsiniz. Ve daha önce bahsettiğimiz şu çarpıştırıcılar, Fermilab ve Cenevre’de sahip olduğumuz şu atom parçalayıcıları, 6 Tesla kadar ya da daha yüksek manyetik alanlar elde etmek için, süper iletken bobinlerden yararlanacaklardır.

Bir süper iletken içerisinde elektrik alan olmaz.

Ve bunu kolayca görebilirsiniz; çünkü bir elektrik alan varsa – bu bir süper iletken ve bir elektrik alan varsa, diyelim ki bu yönde, süper iletken üzerinde bir potansiyel farkı olur.

O zaman Ohm Kanunu, V eşittir IR , size hemen, eğer bu 0 değilse, fakat bu 0 ise, I 'nin sonsuza gideceğini söyler.

Böylece bir süper iletken içerisinde her hangi bir elektrik alana sahip olamazsın.

Eğer bir süper iletken diske ya da bir maddeye bir mıknatıs ile yaklaşırsam – diyelim ki bu kuzey kutbu bu da güney kutbudur, böylece kabaca bunun gibi bir manyetik alan desenine sahip oluruz.

Eğer süper iletken maddeye yaklaşırsam, o zaman Faraday Yasası nedeniyle, burada EMK oluşur. Çünkü oluşan manyetik akıda bir değişim vardır. EMK 0 kalmalıdır. Çünkü bir süper iletken içerisinde bir elektrik alana sahip olamazsınız.

Ve bu elbette IR 'dir. Böylece R de 0'dır.

Böylece I şimdi herhangi bir değere, tamamen mantıklı bir değere sahip olabilir.

Bu yüzden siz süper iletken içerisinde yüksek bir akıma sahip olabilirsiniz, fakat EMK'ya değil.

Ve bu mıknatısla yaklaştığınızda, süper iletkenin içerisinde girdap akımları oluşacaktır, öyle ki $d\phi/dt$, buradaki akı değişimi, her zaman sıfırdır.

Bu yüzden bu girdap akımları, asla manyetik akıya izin vermeden akarlar. Çünkü mıknatıs yukarıdayken, başlamak için manyetik akı yoktu, bu yüzden asla hiçbir değişiklik olmayabilir.

Böylece girdap akımlarını, bir manyetik alan kendi kendine oluşturur; eğer siz onları bu manyetik alana vektör şeklinde eklerseniz, süper iletken içerisinde net manyetik alanın olmadığını her zaman emin olacaksınız.

Şimdi, biri girdap akımları tarafından ve biri de süper iletkenin çok yakınına getirilen mıknatıs tarafından oluşturulan iki alanın çizimini yaparsanız; böylece burası kuzey kutbu ve burası da güney kutbudur ve burası süper iletkeninizdir. – o zaman bu iki alanın süper pozisyonu etkin biçimde, aslında manyetik alan tamamen itildiği olgusuna varır – bu, buna bir başka bakış şeklidir.

Sonuçta burada sıkıştırılmış bir alan elde ediyorsunuz.

Fakat bu, biri girdap akımlarından ve diğeri mıknatıs tarafından elde edilen iki manyetik alanın süper pozisyonudur.

Her ne zaman böyle bir sıkıştırılmış alana sahipseniz, orada bir manyetik basınç vardır.

Biz manyetik basıncın neden var olduğunu biliyoruz. Çünkü kuzey kutupları birbirlerini iterler. Ama bunu hiçbir zaman bir nicelik cinsinden açıklamamıştık.

Ve manyetik basınç, eşittir B kare -- ki bu manyetik alanın şiddetidir-- bölü 2 miydi?

Evet, 2 mü 0, bölü 2 mü 0. Bu konuya biraz sonra geri döneceğim.

Ve bu basınçtır; bu Newton bölü metre kare cinsindedir.

Bu tamamen yeni bir şey değil, basınç fikri. Çünkü insanların çalışma masalarında, bazen şöyle bir aksesuar görebilirsiniz.

Burada bir mıknatısınız var ve burada da bir mıknatısınız var ve bu bir tahta sopa.

Burada bir delik var, burada da bir delik var.

Bu kuzey kutbu, bu güney kutbu, bu kuzey kutbu, bu güney kutbu ve onlar birbirlerini itiyorlar.

İşte manyetik basınç; aynı şey.

Buraya manyetik alan desenlerini çizerseniz, şunun gibi olur. Bu, bu mıknatıstan gelen manyetik alandır; bu ise şu mıknatıstan gelen manyetik alan olacaktır.

Aynı fikri elde ederiz. Orada manyetik basınç elde edersiniz.

Bu mıknatısı burada döndürürsem, her şeyden önce, mıknatıs havaya yükselecek şekilde itilir; bunu göstereceğim.

Mıknatıs süper iletken tarafından tam yukarı itilir.

Fakat onu, örneğin, buradaki güney kutbu etrafında ya da oradaki güney kutbu etrafında veya oradaki kuzey kutbu etrafında döndürmeye başlarsanız, girdap akımları hemen bu mıknatısı hep itmeye üzere ayarlanacaktır.

Böylece siz onu döndürseniz bile, o hala dönerek havada asılı duracaktır; havada asılı, döner durumda.

Anlaşılması kolay olmayan şey, tüm bunların neden bu kadar kararlı olduğudur.

Biraz sonra göreceğiniz gibi, oldukça kararlıdır.

Böylece orada size bu süper iletken fikrini göstereceğim.

İlk önce onu tepeleme sıvı azot ile doldurmalıyım. Bunu, ışıklar tamamen açıkken yapayım. Oh, harika. İyi.

Onu tepeleme doldurmak zorundayım. 1 inç çapında olan bu disk süper iletken olacak.

Onun ne tür bir materyal olduğunu size söyleyebilirim.

O itriyum ve baryumla karışık bir bakır oksittir ve 90 Kelvin derecesinde süper iletken olur. Sıvı azot 77 Kelvin derecedir.

Böylece üzerine küçük bir mıknatıs koyacağız ve onu havaya kaldıracacağız.

Bunun için aşağıdaki ışık durumuna sahip olacağız.

Kuşkusuz, onu görmek istiyorsunuz, değil mi?

Biraz daha ışık .

İşte, orada diski görüyorsunuz, şimdi süper iletken olmalı.

Küçük mıknatısım buraya geliyor.

Buradan geçen manyetik akı yoktur. Onun kendisi bir mıknatıs değildir.

Fakat şimdi bir mıknatıs ile yaklaşacağım ve girdap akımları orada çılgına dönecek ve o artık üstte yüzecek.

Şaşırtıcı değil mi?

Bu manyetik kaldırmadır. Onu etrafında döndürebilirsiniz. Girdap akımları anlık olarak ayarlanır. Ve işte.

Hepiniz onu yeterince net gördünüz mü?

Tamam, mıknatısımı kurtarayım.

Kamerlingh Onnes'in o zamanlarını düşünün; o bir şeyi süper iletken yapmak için onu 4 Kelvin derecesine getiriyordu; şimdiyse siz bunu kolayca yapabiliyorsunuz.

Manyetik kaldırmanın başka biçimleri de vardır.

Bunlardan biri, ekonomimiz için çok umut verici görünmektedir; bu manyetik kaldırma trenlerde kullanılabilir.

Bir mıknatısınız varsa ve onu bir iletken yüzey üzerinde hızlı bir şekilde hareket ettirseniz, bir kaldırma elde edersiniz.

Gerçi onu hareket ettiriyorsunuz, ama onu orada hareket ettirmek zorunda değilsiniz.

Bakın, mıknatısı sadece harekete bırakırsanız, artık onu hareket ettirmezseniz, bu durumda bir girdap akımı oluşur, fakat bu girdap akımı hiç bir zaman ısı kaybettirmez.

I kare R yoktur, çünkü R , 0'dır. Girdap akımını asla kaybetmezsiniz.

Bu, şimdi gelecek olandan farklıdır. Şimdi bir mıknatısımız var.

Burası kuzey, burası da güney kutbu.

Bu türden bir manyetik alana sahibiz.

Mıknatısı iletken bir plaka üzerinde hareket ettireceğim; plakayı buraya koyacağım.

Mıknatıs bu iletken plaka üzerine gelirken, plakadan geçen manyetik akı değişecektir.

Bay Faraday der ki – aslında Bay Lenz der ki “Ben bundan hoşlanmıyorum”. Ve böylece buradan bir girdap akımı geçirir; mıknatıs buranın üzerine gelirken, girdap akımı kuşkusuz bu yönde gidecektir.

Ve bu akım halkası, şimdi bu yönde bir manyetik alan oluşturacaktır.

Sahip olduğunuz şeye bakın.

Yine şuna sahibsiniz: bu girdap akımının kuzey kutbudur, bu ise güney kutbu.

Kuzey kutup kuzey kutbu iter.

Bu yeterince yüksek bir hıza sahipse, o zaman $d\phi/dt$ manyetik akı değişimi yeterince yüksek olur ve tren havada yüzebilir. Onlarca ton ağırlığı yüzdürebilirsiniz.

Bu durumda trenin hareketini sürdürmesinin nedeni budur; eğer tren durursa, girdap akımları sönecektir.

Artık $d\phi/dt$ yok, fakat bu iletken içerisinde direnç vardır. Dolayısıyla ohm enerji kaybı olur.

$I^2 R$ söz konusudur. Burada bir ısı çıkar. Bu yüzden tren hemen pat diye rayın üzerine iner.

Bu durum süper iletken söz konusu değildir. Çünkü süper iletkenin direnci olmadığından, süper iletken içerisinde hiç ısı kaybı olmaz.

Düşünce aynıdır; fakat burada hareket niçin sürüyor ve orada neden sürmüyor; şimdi bunu anlıyorsunuz.

Böylece yine, tıpkı oradaki gibi, sıkıştırılmış bir manyetik alan elde edersiniz ve de manyetik basınç.

Japonyada ve Almanyada - maglev—bu trenlere verilen isimdir -- hızlı tren teknolojisinde dünya liderleridir.

Birleşik Devletler de onlara yetişmek için çalışıyor.

Raylarla teması olmayan bir trene sahip olabilirsiniz, sürtünmede büyük oranda azalma söz konusudur.

Aslında hızlarındaki rekor, saatte 340 mil olarak duyurulmuştu.

Hem Almanya'da hem de Japonya'da test trenleri, prototipleri, işler durumdadır.

Birleşik Devletler, Washington'la Baltimore arasında gidip gelecek bir maglev hızlı treni yapma taahhüdünde bulundu; 2007 yılında hazır olacakmış.

Bunun maliyeti, mil başına yaklaşık 30 milyon dolar kadar olacak.

Bu size pahalıymış gibi gelebilir; fakat unutmayın ki, 4 şeritli bir oto yol yapılırsa, bu da mil başına 40 milyon dolardır.

Bu yüzden o, 4 şeritli otoyoldan daha pahalı değildir.

Ve yine 8.02 web sitesini girerseniz, oraya maglev treni için birkaç link koydum.

Bakmanızı tavsiye ediyorum.

Manyetik kaldırmanın üçüncü bir şekli vardır; burada herhangi bir hıza ihtiyacımız yok, herhangi bir süper iletkene de ihtiyaç yok. Sadece dalgalı akım kullanırız.

Şimdi bunu görmek de kolay.

İşte öyle bir bobin ve ondan dalgalı akım geçiriyoruz.

Belli bir anda manyetik alan, diyelim ki, bunun gibi olsun ve artıyor olsun.

Kuşkusuz, bu manyetik alan yukarı, aşağı, yukarı, aşağı döner; çünkü dalgalı akımdır.

Burada iletken bir plaka var; bunu bu plakanın üzerine koyuyorum.

Fakat şimdi bu sürekli manyetik alan değişimine sahibim; bu yüzden plakada sürekli bir manyetik akı değişimi var.

Böylece bu manyetik akı artarken, aşağı doğru B alanı artarken, bu yönde akan girdap akımları elde edeceksiniz; o da şu yönde manyetik alan oluşturacak.

Ve önceden olduğunuz yerdesiniz.

Yeniden kuzey kutbu, kuzey kutbu, güney kutbu, güney kutbuna sahipsiniz.

Böylece yine iletken plaka içindeki girdap akımları bir manyetik alandan sorumludur. Ve ikisi birbirlerini iterler.

Ve kısa bir süre sonra, manyetik alan şiddeti azalacaktır.

Bu olay meydana geldiğinde, girdap akımları yön değiştirecektir ve ikisi birbirlerini çekecektir.

Böylece şimdi, zamanın yarısında onların birbirlerini çekecekleri ve diğer yarısında birbirlerini itecekleri size makul görünecektir.

Ancak durum böyle değildir. Burada net itme kuvveti olacaktır.

Ve neden böyle olduğunu gelecek derste açıklayacağım.

Şimdi onun gösteri deneyini yapmak istiyorum.

Burada yaklaşık 1 foot karelik bir alana sahip böyle bir bobinim var.

İçerisinden 110 volt, 60 hertzlik bir alternatif akım geçirebilirim.

Düğmeyi çeviriyorum. Bu 110 voltluk prize gidiyor; akımı artırıyorum.

O havada yüzmeye başlıyor.

Yüksek hızlı tren yok, hiçbir şey süper iletken değil.

Onu ters çevirirsem, ne olacağını düşünüyorsunuz?

Af edersiniz. Tabi ki o yine havada yüzecektir.

Girdap akımları her an kendilerini ayarlarlar, onlar her zaman onu havada yüzdürürler.

Böylece bu, manyetik kaldırmanın başka bir ilginç şeklidir.

Bir süper iletim yoluna sahibiz. Disk içerisinde herhangi bir enerji kaybı yoktur, böylece bu akımlar asla sönmezler.

Sonra tren durumuna sahibiz; buna tren manyetik kaldırma, dersem, ki orada hızı sürdürmek zorundasınız; çünkü hız yoksa, o zaman yüzeyde yeteri kadar manyetik akı değişimi olmayacak ve bu yüzden girdap akımlarınız olmayacaktır.

Girdap akımları sönecektir, ısı kaybı olacaktır.

Ve o zaman burada üçüncü durum söz konusudur; bu durumda, basitçe dalgalı akımla bobin içerisinde değişen bir manyetik alanınız olur; bu da, değişen girdap akımları oluşturur.

Şimdi bir kadının havaya kaldırılmasına geldik.

Bir kadını havaya nasıl kaldırırız? Bunun sırrı, bu denklemin içerisinde olmalı.

V eşittir B kare bölü 2 mü 0.

Bir ayak karelik bir bobine sahibiz. Böylece bu bobinin alanı yaklaşık olarak 0,1 metrekaredir.

Böylece amacımız, kendimize biraz hareket olanağı sağlamak için, diyelim ki 200 librelük bir şeyi kaldırabilmek.

Eğer B manyetik alanı yaklaşık olarak 1500 Gauss ise, ki bu ortalama 0,15 tesla'dır; bunu başarabileceğimizi hesaplamıştık.

SI birimlerinde, mü 0'ın 4 pi çarpı 10 üzeri eksi 7'ye eşit olduğunu biliyoruz.

Böylece bu yüzey alanı üzerindeki kuvvetin ne olduğunu şimdi hesaplayabilirsiniz.

Manyetik alanın düzgün olduğunu varsayarsak, tabii ki, kuvvet eşit basınç çarpı yüzey alanıdır.

Kuvvet eşit, B kare --ki 0,15'in karesidir-- bölü 2 çarpı 4 pi, çarpı 10 üzeri 7 çarpı yüzey alanı --ki o da 0,1 metre karedir. Bunun da yaklaşık olarak 900 Newton olduğunu bulacaksınız.

90 kilogram, dediğim gibi 200 librelük bir şey.

Evet, bu manyetik alanı elde etmeye çalıştık; inanın ki, Marcos, ben ve Bill gerçekten çalıştık, fakat bir problem vardı. Çünkü bu manyetik alanları elde etmek için çok yüksek akımlara ihtiyacımız vardı.

Ve bu çok yüksek akımlarda, devre kesicilerimiz her seferinde gittiler.

Fizik atölyesine telefon ettik, onlar şunu dedi: "Evet ne bekliyordunuz ki, dostum?"

Sizin birkaç yüz ampere ihtiyacınız var.

Sistemin çıkışında 700, hatta birkaç yüz amper elde edebileceğinizi mi düşünüyorsunuz?

Bunun için MIT'yi yeniden tasarlamalısınız." Böylece bu bizim için büyük hayal kırıklığıydı.

Gene de, oluşturabileceğimiz en güçlü akımla en iyisini yaptık; sadece 4 kat daha düşük olan 350 Gauss'luk bir manyetik alan elde edebildik.

Bu bir trajedi; manyetik basınç B kareyle orantılı; bu yüzden, bu onu 16 kat daha düşük kılıyor.

Düşündüğümüz 200 librelük ağırlık, şimdi 12 libreye inmiş oldu.

Dün kadınların bana hoş e-mailler atmalarının nedeni, onların gönüllü olmalarıydı. "Teşekkürler.", demeliydim; ama teşekkürle olmuyor, sözümü tutmak istiyorum.

Bir kadını havaya kaldıracağımı söylemiştim; yapacağım.

Ve işte, o hanım burada.



Bildiğimiz kadarıyla, o bir hanım.

Ona biraz yer verin.

O bunu hak ediyor -- bunun için hazır mıyız?.

Ve işte başlıyor.

Bir kadını havaya kaldırdım.

İyi bir ilkbahar Tatili dilerim size.