



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 6 Yüksek-Gerilim Atlaması ve Şimşek

Geçen sefer size yüklerin katı iletkenlerin yüzeylerine yerleştiğinden, fakat düzenli olarak dağılmadıklarından bahsetmiştim.

Belki de hatırlarsınız, o bir küre olmadığı sürece böyledir.

Ve bugün onu sürdürmek istiyorum.

Bu şekle sahip bir katı iletkenim varsa; sizi, tam buradaki yüzey yük yoğunluğunun oradakinden daha yüksek olduğuna ikna edeceğim.

Çünkü eğrilik burada oradakinden daha şiddetlidir. Ve buna şöyle yaklaşacağım:

Burada  $R_A$  yarıçaplı katı bir A iletkenimin var olduğunu ve ondan çok çok uzakta, belki de onlarca metre uzakta,  $R_B$  yarıçaplı bir katı B iletkenimin bulunduğunu ve onların birbirlerine iletken bir telle bağlı olduklarını düşünelim. Bu gereklidir.

Onlar iletken bir telle bağlıysalar, o zaman eşpotansiyel dedirler.

Hepsi aynı potansiyele sahiptir.

Burada bir  $Q_A$  yük dağılımı ve orada bir  $Q_B$  yük dağılımı elde edinceye kadar, onları yükleyeceğim.

A'nın potansiyeli, B orada olmasaydı da, yaklaşık olarak aynı olurdu.

Çünkü B öylesine uzak ki, eğer sonsuzdan cebimde bir yük ile gelseydim, A'ya ulaşmak için birim yük başına yapmam gereken iş B'nin orada olup olmadığından bağımsız olurdu. Çünkü B uzaktadır, onlarca metre uzaktadır. İsterseniz onu bir mil bile yapabilirsiniz.

Ve o zaman A'nın potansiyeli, A üzerindeki yük bölü  $4\pi\epsilon_0$  kere A'nın yarıçapıdır.

Fakat o bir eşpotansiyelli olduğundan, çünkü o tamamen iletkendir, bu aynı zamanda B küresinin potansiyeli olmalıdır ve bu eşit, B üzerindeki yük, bölü  $4\pi\epsilon_0$  kere  $R_B$  olur.

Böylece, B üzerindeki  $Q_B$  yükü, bölü B'nin yarıçapı, eşittir A üzerindeki  $Q_A$  yükü bölü A'nın yarıçapı olduğunu hemen görürsünüz.

Örneğin B'nin yarıçapı, A'nın yarıçapından 5 kez büyük olsaydı, B üzerinde A üzerindeki 5 kat daha büyük yük var olurdu.

Fakat B, 5 kat daha büyük bir yarıçapa sahip olunca, onun yüzey alanı 25 kez daha geniş olur. Ve sigma yüzeysel yük yoğunluğu, küre üzerindeki yük bölü kürenin yüzey alanı olduğundan, B üzerindeki yük A üzerindeki yükten 5 kez daha büyüktür; fakat B üzerindeki yüzeysel yük yoğunluğunun, A'nın yüzeysel yük yoğunluğunun ancak beşte biri olduğu açıktır. Çünkü B'nin yükü 5 kez, ama alanı 25 kez daha büyüktür: Böylece siz A'da, B'de sahip olduğunuz en yüksek yüzeysel yük yoğunluğundan 5 kez daha büyük bir yüzeysel yük yoğunluğuna sahipsinizdir.

Buradaki yüzeysel yük yoğunluğu oradakinden 5 kez daha büyüktür. Ve umuyorum ki, birbirinden uzak bu iki küre kadar ideal olmasa da, böyle bir katı iletken için, buradaki yüzey yük yoğunluğunun şuradakinden daha büyük olacağına herhalde ikna olmuşsunuzdur, çünkü bu daha küçük yarıçapa sahiptir.

Temeldeki fikir budur.

Bu nedenle, eğriliğin en yüksek olduğu, yani eğrilik yarıçapının en küçük olduğu yerde, yüzeysel yük yoğunluğunun en büyük olmasını beklersiniz; ve bu da elektrik alanının orada daha güçlü olacağı anlamına gelir.

Bu, hemen Gauss Yasasından elde edilebilir.

Eğer bu herhangi bir katı iletkenin yüzeyi ise, iletkenin içinde E alanı 0'dır ve burada yüzeyde yüzeysel yük vardır; şimdi burada şu Gaussian kutuyu alacağım. Bu yüzey iletkene paraleldir, iletkenin içine giriyorum ve bu şimdi benim Gaussian yüzeyimdir, bu alan büyük A olsun ve elektrik alanı çizgilerinin yüzeyden çıkıp yüzeye dik olarak bu şekilde yayılması için yükün pozitif olduğunu varsayalım.

Alan çizgileri daima eşpotansiyele diktir. Şimdi Gauss Yasasını uygularsam, o bana, tüm kapalı yüzeyden geçen elektrik akısının, sadece bu A yüzeyinden çıkan akı olduğunu söyler. Bu yüzeyi, istediğim kadar bu iletkenin yüzeyine yaklaştırabilirim.

Neredeyse iletkene dokunacak kadar yaklaştırabilirim.

Böylece her şey sadece bu yüzeyden dışarı çıkar ve dolayısıyla dışarı çıkan akı, A yüzey alanı çarpı E elektrik alanıdır.

A ve E aynı yöndedirler; E'nin eşpotansiyel yüzeylere dik olduğunu hatırlayın.

Ve böylece yüzey entegrali bundan ibarettir ve bu da içerdeki yüke eşittir, yani yüzeysel yük yoğunluğu çarpı A alanı, bölü epsilon 0'a ; ki bu da Gauss Yasasıdır. Buradan elektrik alanını hemen sigma bölü epsilon 0 olarak bulursunuz.

Böylece bir iletkeniniz varsa, ve onun üzerinde yerel yüzeysel yük yoğunluğunu biliyorsanız, hemen dışındaki elektrik alanını söyleyebilirsiniz.

Ve yüzeysel yük yoğunluğu burada en yüksek olacağı için, bütün bu cisim eşpotansiyel olsa bile, buradaki elektrik alan oradakinden daha büyük olacaktır.

Bunu size çok basit bir yoldan göstereceğim.

Burada bir pişirme tencerem var; bu tencerede eskiden ıstakoz pişirirdim, öyle kocaman bir tencere.

Tencereyi yükleyeceğim; tenceremin belki 20 santimetrelilik bir yarıçapı var, fakat kulpuna bakın. Yarıçapı ne kadar küçük. Böylece onu yükledikten sonra, buradan, yani yarıçapın daha küçük olduğu bu yerden daha fazla yük boşaltabileceğime sizi ikna edeceğim.

Burada küçük bir düz kaşığı var; bu kaşığı burada yüzeye dokunduracağım ve orada dokunduracağım. Ve en çok yükü nereden çıkarabileceğimi göreceğiz.

Bu önceki dersten hala yüklü !

Daha önce gördüğünüz elektroskop da burada, görüyorsunuz.

Benim gözde tekniğim elektroforusla tencereyi yükleyeceğim.

İşte kedi kürkümüz ve cam düzlemimiz de burada.

İlk önce camı kedi kürküyle ovacağım, sonra bunu camın üzerine koyacağım; parmağımı ona değdireceğim, birazcık çarpılacağım, tencereyi yükleyeceğim. Parmağımı gene ona değdireceğim, gene biraz çarpılacağım, tencereyi yükleyeceğim ve bir kez daha tencereyi yükleyeceğim. Tencereyi yeterince yüklediğimden emin olalım. Camı tekrar ovacağım, onu üzerine koyacağım, parmağımı ona değdireceğim, yükleyeceğim.., bir daha,.. bir daha.

Şimdi orada yeterince yükümüz olduğunu varsayalım.

İşte küçük kaşığı. Tencerenin dışına burada onu dokunduruyorum.

Ve elektroskopa gidiyorum, işte biraz yük görüyorsunuz. Apaçık.

Şimdi size çok nitel olarak göstermek istediğim şey; işte buraya, tencerenin çok küçük yarıçaplı kulpuna dokunduğum zaman, oradan çok daha fazla yük alabilmemizdir.

İşte başlıyoruz. Oldukça daha çok yük.

Size göstermek istediğim şey buydu.

Böylece şimdi ilk defa, gözlerinizin önünde göreceksiniz ki; bu, eş-potansiyel anlamında bir iletken olduğu halde, tam buradaki yüzeysel yük yoğunluğu, oradaki yüzeysel yük yoğunluğundan daha yüksektir.

Ancak o bir küre olsaydı, şüphesiz ki küresel simetriden dolayı yük yüzeye düzgün dağılmış olurdu.

Elektrik alanı çok yüksek hale gelirse, elektrik boşalması dediğimiz şeyi elde ederiz.

Havaya bir boşalma elde ederiz. Ve bunun sebebi gerçekten oldukça basittir.

Burada bir elektronum varsa ve bu bir elektrik alanıysa, elektron bu yönde ivmelenmeye başlayacaktır.

Elektron havada azot ve oksijen molekülleri ile çarpışacak ve elektron bu molekülü iyonize etmeye yetecek kadar kinetik enerjiye sahipse, o zaman bir elektron iki elektron olacaktır.

Orijinal elektron artı, iyondan gelen elektron.

Ve bunlar şimdi bu elektrik alanında ivmelenmeye başlayıp moleküllerle çarpışır ve iyon oluştururlarsa, o zaman her biri iki elektron olacaktır ve böylece bir çığ elde edeceksiniz.

İşte bu çığ bir elektrik boşalmasıdır; böylece bir kıvılcım elde edersiniz.

Oluşan iyonlar tekrar nötr hale geldiği zaman, onlar ışık üretirler ve gördüğümüz de işte budur. Bu, kıvılcım şeklinde gördüğümüz ışıktır.

Ve böylece kıvılcımlar tipik olarak sivri noktalarda, eğriliğin çok fazla olduğu bölgelerde meydana gelecektir; yarıçapın çok küçük olması nedeniyle, oralarda elektrik alanı en yüksek değerlerdedir.

Elektrik alanı ne kadar güçlü olmalıdır? Bu konuda, kabataslak bir hesap yapabiliriz.

Oda sıcaklığında, 1 atmosferlik bir hava düşünürsek; yani kuru hava, o zaman ortalamada bir elektron, moleküllerle çarpışmalar arasında yaklaşık 1 mikron, 10 üzeri eksi 6 metre, ilerlemek zorunda kalacaktır.

Ortalama olarak. Bazen biraz daha çok, bazen biraz daha az.

Çünkü şüphesiz, bu bir rastgele süreçtir.

Azotu iyonize etmek için, oksijeni iyonize etmek için, enerji gereklidir.

Bir oksijen molekülünü iyonize etmek için 12,5 elektron-volt enerji gereklidir.

Ve azotu iyonize etmek için yaklaşık 15 elektron-volt enerji gerekir.

Bir elektron-volt nedir?

Bu, bir elektron-volt, ufacık, az bir miktar enerji demektir; 1.6 çarpı 10 üzeri eksi 19 joule dır.

Elektron-volt aslında çok hoş bir enerji birimidir.

Çünkü bir kere bir elektronunuz varsa ve o bir voltluk bir potansiyel fark boyunca hareket ederse, kinetik enerji kazanır. Bu, bir elektron-voltun tanımıdır. O bir elektron-volt kazanır.

O, 1.6 çarpı 10 üzeri eksi 19 coulomb olan elektronun yükünün 1 volt ile çarpımıdır.

Ve bu o zaman size 1 elektron-volt'luk enerji verir.

Ve bu durumda onun anlamı – bu sayının 10 elektron-volt olduğunu var sayalım.

Biz sadece kabataslak bir hesap istiyoruz.

Böylece, elektronun kabaca 10 voltluk bir delta V potansiyel farkı altında hareket etmesini istiyoruz ; bunu da, 10 üzeri eksi 6 metrelik, yani 1 mikronluk delta x mesafesi boyunca yapın diyoruz.

Ve bu olursa; elektronda, bir iyon oluşturmaya yetecek kadar kinetik enerji elde edersiniz.

Böylece bunun için gerekli olan elektrik alanı, bu delta V potansiyel farkı bölü delta x'tir; bu da 10 bölü 10 üzeri eksi 6'dır; yani yaklaşık 10 üzeri 7 volt bölü metredir.

Bu çok güçlü bir elektrik alanıdır.

Gerçekte, boşalma yakınlarında elektrik alanlarını ölçersek; bunu, 3 milyon volt bölü metre kadar buluruz. Oldukça yakın bir değer.

Yaptığımız sadece kabataslak bir hesaptır.

Demek ki kabaca, 1 atmosferlik havada, oda sıcaklığında, hava kuruyken, yaklaşık olarak 3 milyon volt bölü metrede elektrik boşalması elde ederiz.

İyonlar nötrleştiği zaman, ışığı görürsünüz, kıvılcımların görülmesinin nedeni budur.

Onlar havayı ısıtırlar, küçük bir basınç dalgası üretirler, bu yüzden gürültü de duyabilirsiniz.

İki paralel plakanız varsa ve bu plakaları birbirine yaklaştırırsanız ve aralarında 300 voltluk bir potansiyel farkı olduğunu varsayarsanız, d mesafesi yaklaşık olarak milimetrenin onda biri olduğu zaman, 3 milyon volt bölü metrelik bir elektrik alanına ulaşırsınız.

Böylece bu, bu iki plaka arasında kendiliğinden yük boşalması beklediğimiz durumdur.

Bununla beraber, uygulamada bu, muhtemelen plakalar bir milimetrenin onda birinden daha uzaktayken meydana gelir. Ve bunun nedeni, mükemmel plaka diye bir şeyin olmamasıdır. Plakaların kusurları vardır.

Bu, burada gördüğünüz gibi, plakalarda her zaman küçük yarıçaplı, pürüzlü bölgelerin var olmasıdır. Ve şüphesiz ki, bunlar, elektrik alanının daha büyük olacağı yerlerdir ve yük boşalması buralarda daha önce olur.

Yine de, kapı tokmağına dokunursanız ve bir kıvılcım çakarsa; kapı tokmağından 3 milimetre uzaktayken kıvılcım oluşmuş, onu o zaman hissetmiş ve ona bakmışsanız, sizinle kapı arasındaki potansiyel farkının 10.000 volt mertebesinde, en azından birkaç bin volt, olduğundan iyice emin olabileceğinizi görürsünüz.

Çünkü 3 milimetrenin üzerinde, 3 milyon volt bölü metreye ulaşmak için 10.000 volta ihtiyaç olur.

Saçınızı tararken veya gömleğinizi çıkarırken, küçük kıvılcımlar oluşur. Onları duyabilirsiniz ve eğer ortam karanlıksa onları görebilirsiniz. Bu durumda saçlarınızın ve kumaşın keskin uçlarında 3 milyon volt bölü metre mertebesinde elektrik alanları geliştirdiğinizden emin olabilirsiniz.

Ve o zaman otomatik olarak bir boşalma elde edersiniz.

Kuşku yok ki, sadece yüksek voltaj insanı muhakkak öldürür diyemeyiz.

Öldürmek için voltaj bu kadar önemli değildir; esasen vücudunuzdan geçen akım sizi öldürür. Ve akım birim zamandaki yüküdür.

Ve böylece SI birimlerinde akım, coulomb bölü saniye olacaktır.

Bu birim, bu alanda oldukça çok sayıda araştırmalar yapmış olan Fransız bilim adamı Amper'e izafeten, büyük A ile gösterilir.

Ve böylece eğer kapı tokmağına dokunursanız, ani akım aslında çok yüksek olabilir.

Hatta bir amper bile olabilir, ancak o sadece 1 milisaniye sürer.

Ve böylece bu sizi öldürmeyecektir.

Hepimiz biliyoruz ki, saçınızı taradığınız zaman ölmezsiniz ve yine biliyoruz ki gömleğinizi çıkarırken kıvılcımları duysanız bile, bu ölümcül değildir.

Bu yüzden belki de ileriki derslerden birisinde, aslında hiç hoş olmayan elektrikle insan idam etmek için ne gerektiğini detaylarıyla tartışabiliriz. Ancak yine de akımın ne kadar sürmesi gerektiğini, ne kadar güçlü akım olması gerektiğini ve sonra da vücudun hangi bölümünden geçerken öldürücü bir etkiye sahip olduğunu değerlendirmek zorunda kalacağız.

Böylece şimdi biraz daha fazla nicel olmak ve Van de Graaff bilgilerimizi derinleştirmek istiyorum.

Yavaş yavaş Van de Graaff'ın nasıl çalıştığını anlayacağız.

Bugün sizinle Van de Graaff'ın üzerine ne kadar yük koyabildiğimizi ve yüzeyindeki maksimum potansiyelin ne olduğunu hesaplamak istiyorum.

Q yüküyle Van de Graaff'ı yüklersek, eş-potansiyel olan yüzeyin potansiyeli,  $Q$  bölü  $4\pi\epsilon_0 R$ 'ye eşit olur.

Ve yüzeyin tam burasında elektrik alanı,  $Q$  bölü  $4\pi\epsilon_0 R^2$  kareye eşit olacaktır.

Böylece, küresel simetri durumunda, bu  $V$  potansiyeli,  $E$  çarpı  $R$  'ye eşittir .

Fakat  $E$ 'nin 3 milyon volt bölü metreyi aşamayacağını biliyoruz.

Böylece bu, Van de Graaff'a verebileceğimiz potansiyele bir sınırlama getirir.

Buraya 3 milyon volt bölü metre koyarsanız, yarıçapı verilen bir küre için ulaşabileceğiniz en yüksek potansiyeli hesaplayabilirsiniz.

Burada yarıçapımız var ve burada voltajımız; eğer kürenin yarıçapı 3 milimetreyse, o zaman siz 10 kilovoltluk bir voltajı aşamayabilirsiniz.

Bunu yapsaydınız, bu kendiliğinden elektrik boşalmasını elde ederdimiz.

Kıvılcım elde ederdimiz.

3 santimetrelilik bir küreniz varsa, voltajınız 100 kilovolt olacaktır; 30 santimetre yarıçaplı bu Van de Graaff'ımız için ise, maksimum voltaj 1 milyon volt olacaktır.

Ve bu değeri aşamazsınız.

Aslında uygulamada, bu yarıçap bile onu 1 milyon volt yapamayacaktır.

Küre mükemmel değildir. Kürenin kusurları vardır.

Söz yerindeyse, sivri noktalara sahip bölgeler vardır ve bu yüzden biz onu 1 milyon volt yapamayız. Belki birkaç yüz bin, belki de 300.000 voltta boşalma elde ederiz.

Şimdi Van de Graaff üzerinde maksimum yükün ne olduğunu da hesaplayabilirsiniz.

Çünkü eğer maksimum potansiyel 300.000 voltsa, yarıçapın 0.3 metre olduğunu bilirsiniz. Bu yüzden şimdi bu denklemi kullanarak Van de Graaff üzerine koyabileceğiniz maksimum yükü hesaplayabilirsiniz; bu size 10 mikro coulomb verecektir.

Ve böylece Van de Graaff'ımız için maksimum potansiyel 300.000 volt mertebesindedir.



Böylece bunlar, size sayılar hakkında bir fikir verir, nicel bir fikir... – – Bunu aşağıya koyabilir miyim?

Böylece bunlar size Van de Graaff'ımızın neler yapabileceği fikrini verir; daha sonra orada yükün nasıl oluştuğunu anlayacağız.

Fakat hiç olmazsa şimdi potansiyeller için ve oluşturulan yükler için bir fikrimiz var.

Burada bir Van de Graaff'ım varsa – topraklanmış ve pozitif yükle yüklenmiş bir küreyle ona yaklaşırsam, o zaman bu küre indüklemeye yoluyla negatif yüklenecektir. Ve böylece Van de Graaff'tan bu cisme giden, daima eşpotansiyel yüzeylere dik olan, alan çizgilerine sahip olacaksınız. Onlar böyle giderler ve dolayısıyla elektrik alanı burada muhtemelen en güçlü olur. Ve böylece yeterince yakın olmaları koşuluyla, bu küre ile Van de Graaff arasında kıvılcımlar oluşacaktır.

Böylece bu küreye yakın yaklaşık 3 milyon volt bölü metrelik bir elektrik alanı yaratılmış olur.

Biraz sonra size bunu göstereceğim. Bugün hayatınızda daha önce gördüğünüz kıvılcımlardan çok daha fazla kıvılcım göreceksiniz. Fakat bunu göstermeden önce, sizden kıvılcımları, yıldırımları biraz daha fazla takdir etmenizi istiyorum.

Böylece ondan biraz daha kolay kurtulursunuz.

Van de Graaff'a küreyle değil de, böyle çok cesurca yürüyerek yaklaşırsam ne olur?. Ben oldukça güzel bir iletkenim, yere de deşiyorum. Büyük ihtimalle kıvılcım önce benim burnum ile Van de Graaff arasında gelişecektir. Çünkü bu en küçük eğri, en keskin eğriliktir, en küçük yarıçaplıdır; ya da kafam kesinlikle ilk önce çarpılacak iyi bir adaydır.

Eğer Van de Graaff'a böyle elimi uzatarak yaklaşırsam, o zaman kuşkusuz büyük olasılıkla, kıvılcımlar önce parmak uçlarımda arasında oluşacaktır.

Çünkü onlar çok küçük yarıçaplıdır ve Van de Graaff'a daha yakındırlar; böylece burası yük boşalmasının meydana geldiği yer olacaktır.

Böylece, siz daha çok, bense daha az da olsa, bunların biraz zevkini çıkarmadan önce, sizinle yıldırım hakkında biraz konuşmak istiyorum.

Çünkü göreceğiniz şey, bir bakıma yıldırımın yapısıdır.

Yeryüzünde hergün ortalama 400.000 kadar gök gürlemesi olur.

400.000 gök gürlemesi.

Her saniyede yaklaşık olarak 100 şimşek çakar.

Gökteki bir yıldırım bulutunun üstü pozitif altı negatif olur.

Bunun fiziği öyle kolay değildir ve muhtemelen eksiktir. Fiziksel ayrıntısına girmeyeceğim, fakat su damlalarının akışıyla ilgili bazı ayrıntıları anlamak zorundayız.

Onlar ince uzun hale gelirler, sürtünme sayesinde yüklenebilirler ve kırılabilirler ve yük taşıyabilirler.

Size sadece bazı gerçekleri vereceğim.

Ve böylece bulutun yüklenebileceği gerçeğini kabul edeceğim. Bu bir bulut.

Yukarısı pozitif, aşağısı negatiftir. Ve bu yeryüzüdür.

İndüklemeyi dolaylı, şüphesiz ki, yeryüzü burada bu yüzden pozitif yüklenecektir ve böylece yeryüzünden buluta giden, her zaman eşpotansiyellere dik olan, bunun gibi bir şey olan, alan çizgileri, elektrik alan çizgileri var olacaktır.

Size bir kaç büyüklük vereceğim. Bu 5 kilometre gibi bir şey olabilir, bu dikey d mesafesi yaklaşık 1 kilometredir.

Bunlar tipik sayılardır, şüphesiz ki bunlar yıldırım-bulutundan yıldırım-bulutuna değişebilir.

Bu yükseklik tipik olarak 10 kilometre civarında bir şeydir.

Ve bütün bunlar, bulut ile yeryüzü arasındaki potansiyel farkı hakkında bir fikir oluşturmak üzere ilginç bir hesaplama yapmamıza izin verir.

Yapabileceğimiz ilk şey budur.

Varsayımımızı basitleştirirsek; elektrik alan burada aşağı yukarı sabittir, iki paralel levha gibidir; onların arasında elektrik alanı sabittir. O zaman bulutun alt-kısmı ile yeryüzü arasındaki potansiyel fark,  $\Delta V$ , basitçe elektrik alanı  $E$  çarpı  $d$  mesafesidir.

Böylece bu  $E$  çarpı  $d$  olur.

Fakat 3 milyon volt bölü metre değerinde boşalma meydana geliyorsa – sırası gelmişken, bu kuru hava içindir – gök gürlemesi varsa, büyük olasılıkla hava bu kadar kuru olmaz; ama gene de biz onu 3 milyon volt bölü metre alalım, böylece  $E$  için  $3$  çarpı  $10^6$  elde ederiz; bulut ile yeryüzü arasındaki mesafeyi de 1 kilometre alalım.

Böylece bu,  $3 \times 10^6$  metredir. Bu yüzden yeryüzü ile bulutlar arasında 3 milyar voltluk bir değer elde ederiz.

Ve tipik olarak ölçülen değerler, birkaç yüz milyondan 1 milyar volta kadardır. Dolayısıyla bulduğumuz değer, bundan çok farklı değil.

Asıl potansiyelin hesapladığımızdan muhtemelen daha az olmasını beklersiniz. Çünkü bunlar düz yüzeyler değildir. Burada yeryüzünde ağaçlar vardır, binalar

vardır, onlar sivri noktalar gibidir; o noktalarda elektrik alanı yerel olarak daha yüksek olacaktır ve böylece ilk önce bu sivri noktalarda bir yük boşalması elde edeceksiniz.

Ve bu, bulut ile yeryüzü arasındaki potansiyel farkın bizim hesapladığımız 3 milyardan daha az olacağı anlamına gelir. Bu sadece kabataslak bir hesaptır.

Elektrik boşalması fiziğinin ayrıntıları çok karmaşıktır.

Fakat ayrıntılı açıklamalar vermeksizin, bazı gerçekleri sizinle paylaşmak istiyorum.

Elektronlar buluttan yeryüzüne akmaya başladığı zaman, yıldırım oluşmaya başlar.

Bu elektronlar, çapı yaklaşık 1 metreden 10 metreye kadar olan bir boru oluşturur ve biz buna **ilerleme oluşu** yani step leader deriz.

İlerleme oluşu yaklaşık olarak saniyede 100 mil hızla hareket eder ve böylece yaklaşık 5 milisaniyede aşağıya iner.

5 milisaniye buradan burayadır ve yeryüzüne yaklaşık yarım coulomb götürür.

Yaklaşık 5 milisaniye için yarım coulomb, bu akımın yaklaşık 100 amper olduğu anlamına gelir.

İlerleme oluşu, iyonlarla, elektronlarla dolu, iyonize bir hava kanalı yaratır; burası son derece iyi bir iletkenidir.

Ve bu ilerleme oluşu yere vardığı zaman, bu yüksek iletken kanal oluşmuş olur ve elektronlar şimdi bu kanaldan yere çok çabuk bir şekilde akabilirler.

Ve bu, önce yeryüzünde tam burada başlar. Elektronların yere ilk gideceği bölge burasıdır.

Ve o zaman ardaşık olarak kanalda daha yükseklerde bulunan elektronlar, oluşu yeryüzüne indireceklerdir.

Ve böylece kanal boyunca yeryüzüne giden elektronları görürsünüz; fakat ilk elektronlar daha uzaktaki elektronlardan daha önce yeryüzüne varır ve sonra daha da uzaktakiler iner.

Aslında pek çok faaliyetin olduğu yer burasıdır.

Akım şimdi anormal yüksektir; 10.000'den 100.000 ampere kadar ve siz havayı ısıtırsınız, oldukça büyük miktarda ışık elde edersiniz. İyonlar yeniden birleşir ve basınç elde edersiniz. Isı basınç üretebilir ve oradan gök gürültünüz gelir.

Ve böylece eylemin çoğu ilerleme oluşunda değildir; **fakat dönüş çakması** dediğimiz ikinci olgudur.

O, yeryüzünden buluta gider.

Ve dönüş çakmasının hızı, yaklaşık ışık hızının yüzde 10 ile 20'si arasındadır.

Dönüş çakması esnasında, bulut ile dünya arasında yaklaşık 5 coulomb'luk bir yük değiş-tokuşu olur ve 5 coulomb, başlangıçta bulutta bulunan toplam yükün oldukça büyük bir bölümüdür.

Dönüş çakmasından sonra, belki 20 milisaniye sonra, tüm bu süreç tekrar başlayabilir.

Bir ilerleme oluşu dah elde edersiniz. Ve sonra dönüş çakması.

Bununla beraber ilerleme oluşu, şimdi, önceden oluşturulmuş olan aynı yolu izleyecektir; çünkü bu, havanın iyonize olduğu ve dolayısıyla iletkenliğin çok yüksek olduğu yerdir; bu yüzden, gidilecek en kolay yol budur.

Bu süreç, 5, 10, belki de 15 kez tekrarlanabilir.

Böylece size bir yıldırım gibi görünen şey, aslında bulut ile yeryüzü arasında ileri geri 10 parlama olabilir.

Ve gerçek ışık, ilerleme oluşu da değildir; o çok küçük bir ışıktır, gerçek ışık dönüş çakmasındadır.

Böylece 20, 30, 40 milisaniye aralıklarla oluşabilen 10 dönüş çakması, size ve bana sadece saniyenin onda biri kadar kısa bir sürede meydana gelen bir tek parlamaymış gibi görünür.

Ve bu 5 veya 10 dönüş çakması esnasında, bulut ile yeryüzü arasında belki toplam 25-50 coulomb'luk yük değiş-tokuşu edilir ve şüphesiz ki bu, potansiyel farkı daha düşürecek.

Ve potansiyel farkı çok düşük olunca, o zaman süreç durur.

Şimdi bulutun yeniden yüklenmesi için beklemek zorundasınız.

Ve o zaman yeniden yıldırım düşecektir. Ve bu herhangi bir yerde belki 4, 5, 10, 20 saniye sürebilecektir. Ve sonra başka bir yıldırım görürsünüz.

Bunların, bu süreçlerin, ilerleme oluşunun, dönüş çakmasının incelenmesi, "Boys fotoğraf makinesi" adı verilen bir makine ile yapılabilir.

Önce size ayrıntılarıyla, ---prensibini, nasıl çalıştığını izah edeyim.

Eğer bu, merceğinizle çekilmiş film üzerindeki alan ise; filmi sol tarafa çok yüksek bir hızla hareket ettirdiğimi varsayın ve "ilerleme oluşu"nun aşağıya geldiğini düşünün; ilerleme oluşundan biraz ışık görünür, o zaman ben bunu filmde görebilirim.

Biraz ışık.

Ve buradan buraya o zaman 5 milisaniye olacaktır. İlerleme oluşunun buluttan yeryüzüne gitmek için harcadığı zaman 5 milisaniyedir.

Şimdi, dönüş çakması daha hızlı bir şekilde gerçekleşir ve bu yüzden çok büyük miktarlarda bir ışık görürüm. Çünkü dönüş çakmasında çok ışık vardır.

Ve elbette bu çok keskindir. Çünkü o, ilerleme oluşu'nun aşağıya gelmesinden 100 kat daha büyük bir hızla yukarı çıkar.

Ve böylece bunları defalarca ölçebilirsiniz ve böylece dönüş çakmasının hızını elde edebilirsiniz.

Ve zamanla daha sonra, belki 30, 40 saniye sonra, filmde başka bir dönüş çakması görebilirsiniz. Ve başka bir tane daha görebilirsiniz.

Böylece dönüş çakmaları arasındaki zamanın ne kadar uzun olduğunu görebilirsiniz ve hızlarını da hesaplayabilirsiniz.

Gerçek bir Boys fotoğraf makinesinde aslında hareket eden film değildir; hareket eden mercektir. Ve bu resimlerin çekilme yöntemi şöyledir – size bir tane göstereceğim – Eğer bu bir fotoğraf plakası ise, bu da, çok yüksek bir hızla, yaklaşık dakikada 3000 devirle, plaka üzerinde hareket eden fotoğraf makinesidir. Ve bu yüzden, bu bilgiyi yatay olarak elde etmezsiniz de, onu filmin üzerinde dışarı yayılmış olarak elde edersiniz.

Fakat aynı bilgiyi bulursunuz; hızları ve zamanları hesaplayabilirsiniz.

Son on yılda bulutların çok üzerinde oluşan yeni yıldırım şekilleri keşfedilmiştir.

Çok daha yukarıda. Kırmızı renkler görülmüştür. Onlara kırmızı hayaletler deniyor.

Ve ayrıca mavi jetler.

Işık çok zayıftır ve sadece çok kısa bir zaman süresinde meydana gelir.

Fotoğrafını çekmek çok zordur. Bununla ilgili iyi slaytlar edinemedim.

Yine de, Web'de bazı resimler gördüm.

Ve Webe girdiğiniz zaman, bu dersin web sayfasını ziyaret ettiğiniz zaman, ki zaten ziyaret etmelisiniz, orada kırmızı hayaletlerin ve mavi jetlerin slayt resimlerine nasıl ulaşabileceğinize dair biraz izahat veriyorum.

Bunun fiziği henüz çok iyi anlaşılmamıştır. Çok yoğun bir şekilde araştırılmaktadır. Fakat o, bulutların çok üstündedir.

Bu yük boşalmasının, elektrik boşalmasının başka şekilleri de vardır.

Bunlar, bağımsız kıvılcımlar olmaması anlamında farklıdır.

Bunlarda sürekli bir yük akışı vardır. Bunlar daima çok sivri uçlarda oluşur.

Böylece, aslında gerçekten akan sürekli bir akım vardır.

Burada bir karbon arki kullanmıştık, o zaman onu biraz görmüştünüz sanırım, fakat şimdi hatırlamayabilirsiniz.

İki karbon arkımız, iki karbon çubuğumuz vardı ve onlar arasında bir potansiyel farkına sahiptik. İkisinin arasında bir yük boşalması olmuş ve bu, muazzam miktarda bir ışık oluşturmuştu; biz de bu ışığı projeksiyon amacıyla kullanmıştık.

Böylece karbon arki boşalması, böyle bir yük boşalması şeklindedir; bu sayede sürekli bir akıma sahip olursunuz.

O sadece kıvılcımlardan ibaret değildir. Bu konuyla ilgili olarak, çimenleri, ağaçları veya çalıları ele alırsanız; onlar, gök gürlemesi etkinliğiyle birlikte, sivri uçlarında bu tür yük boşalmasına uğrayabilirler.

Ve biz buna fırça yük boşalması deriz, biz onu Aziz Elmo'nun ateşi diye adlandırırız.

O ayrıca korona yük boşalması diye de adlandırılır.

Normalde ben ona korona boşalması derim.

Bu olayda ışık üretilir; çünkü iyonlar nötr hale geldiklerinde ışık üretirler.

Isı, ses yani basınç yapar ve böylece korona boşalmasının bu çatırdama gürültüsünü duyabilirsiniz.

Uçan bir uçağın ya da sürülen bir arabanın havayla sürtünmesi vardır ve her türlü sürtünme nesnelere yükleyebilir.

Dolayısıyla geceleri bir uçağın kanatlarının ucundan bu korona boşalmasını görebilmeniz ender bir olay değildir.

Bunu arabalarda da gördüm. Arabalarda korona yük boşalmasını. Onlar hava içinde hızla giderken basitçe kendilerini yüklerler. Hava akışı onları yükler.

Onu, çatırdarken duyabilirsiniz ve eğer yeterince karanlıksa, bazen onu görebilirsiniz; biraz ışık görebilirsiniz. Genelde mavimsi bir ışık.

Yıldırım düşmesine, yük boşalmasına, hareketli elektronlara geri dönersek, bunun tamamıyla dışında olan başka bir şey, radyo dalgalarını etkileyebilir.

Arabanızın radyosundan alabildiğiniz şu radyo dalgalarını.

Bununla hepiniz karşılaşmışsınızdır.

Araba sürerken, çok uzaklara yıldırım düşer, onu radyonuzda duyarsınız.

Bu, bir yerlere yıldırım düşmekte olduğunu söyler size.

Bir gök gürlemesinin ardından, havada çok özel bir koku oluşur. Çoğunuz bunu tecrübe etmemişsinizdir; çünkü şehirlerde her zaman arabalardan çıkan egzoz gazları, her şeyi zıyan ederler. Fakat şehir dışındayken, bir gök gürültüsünden sonra havada çok özel bir koku olur.

Onu çok severim. İşte bu ozondur. Oksijen 2, yıldırımında oksijen 3 olur.

Ve oksijen 3 harika bir kokuya sahiptir ve bunu gerçekten koklayabilirsiniz.

O çok tipiktir. Umarım çoğunuz, er ya da geç, hayatınızda bu deneyimi yaşarsınız.

Bir gök gürültüsünden sonra kırlara giderseniz, gerçekten bu ozonu koklayabilirsiniz.

Şimdi bazı slaytlara bakalım.

Göreceğiniz ilk slayt, Arizona'da Kitt Tepesi Gözlemevinde Gary Ladd tarafından çekilmiş çok klasik bir slayttır. Bu slaytta hoşlandığım şey gözlemevleri, teleskoplar, kubbeler olmasıdır. Bir astronom olduğunuzda, kuşkusuz bu tür havaların dışında iş yapabilirsiniz. Ama yine de böyle havalar olur.

Burada dönüş çakmaları görüyorsunuz, ışık kesinlikle dönüş çakmalarından dolaydır, ışık çok parlak.

Şunlar yeryüzüne inememiş ilerleme oluklarıdır; eğer bir ilerleme oluşu yeryüzüne inmezse, bir dönüş çakması elde edemezsiniz ve böylece orada göreceğiniz ışık çok az olur.

Ve şurada sadece bir yıldırım olarak düşündüğünüz şey, muhtemelen en azından 5-10 belki 15 patlamadır.

Dönüş çakmaları.

Pekâlâ, bir sonraki slayt lütfen.

Burada Boys kamerasından çekilen sonuçları görüyorsunuz.

Önde oturanlarınız belki tanıyabilirler, bu Empire State Binasıdır.

Ve burada Empire State Binasına en uçtan yıldırım düşüyor, bu sivri kenardan... Yani yıldırım düşmesini beklediğimiz yerden.. Bu, kamera dönerken çekilmemiştir.

Bu tıpkı sizin ve benim onu görebildiğimiz gibi bir pozdur.

Hareketli kamera değil; fakat burada Boys kamerasının döndürülmesinin sonuçlarını görüyorsunuz.

Ve bu aynı parlamadır.

Böylece burada dönüş çakması görüyorsunuz, ilerleme olduğundan gelen ışık çok soluktur. Onu göremezsiniz.

Böylece işte dönüş çakması ve sonraki zaman aralığı 30 veya 40 milisaniye olabilir, başka bir kıvılcım görüyorsunuz, başka bir tane görüyorsunuz, başka bir tane daha; böylece burada 6 tane var, burada bir çift görüyor gibisiniz.

Ve böylece bu dönüş çakmalarından 6 veya 7 tane var.

Hızları ve bulutlarla Empire State Binası arasında değiş-tokuş edilen yük miktarını, bu şekilde inceleyebilirsiniz.

Bir sonraki slayt, laboratuarda bir korona boşalmasını gösteriyor. Bu çok sivri uçlu bir yüksek voltaj kaynağıdır. Uç burada sondadır, sivri noktadır ve burada tek tek kıvılcımlar görmezsiniz, buna yıldırım demezsiniz; fakat bunu aziz Elmo'nun ateşi diye adlandırırınız. Korona yük boşalması mavimsi renktedir.

Aslında bu güç kaynağına yakın olduğunuz zaman, ozonu koklayabilirsiniz.

O, aynı zamanda yerel olarak ozon üretebilir. Ve onu görebilirsiniz.

Laboratuarı karartırsanız, bazı mavimsi ışıklar görebilirsiniz.

Ben yüksek lisans öğrencisiyken, yüksek voltaj güç kaynakları yapmak durumundaydım. Lehimleme işini çok iyi yapamadığımda, yani havayı çekerken, küçük sivri bir uç, bir lehim parçası kaldığını hatırlıyorum. Ve bu bana daha sonra korona yük boşalması problemleri yaratmıştı. Dolayısıyla lehim kaynaklarının yarıçapı daha büyük olsun diye, yani hiç sivri nokta olmasın diye, bu lehimlemeyi yeniden yapmak zorunda kalmıştım.

Şimdilik bu kadar slayt yeter.

Benjamin Franklin paratoneri keşfetmişti.

Onun düşüncesi, bulut ve bina arasındaki paratoner vasıtasıyla sürekli bir yük boşalması, korona yük boşalması meydana getirmektir.

Ve dolayısıyla potansiyel farkını düşük tutabilirdiniz. Böylece yıldırım tehlikesi olmayacaktı.

Kral Üçüncü George'a kraliyet sarayına, baruthanelere, mühimmat, cephane deposu olan yerlere bu sivri uçları koymayı önerdi.

Franklin'e karşı çok muhalefet oldu. Onlar paratonerin sadece yıldırımını çekeceğini iddia ettiler.

Ve bu yük boşalmasının etkisi, potansiyel farkı düşürmek, önemsiz olacaktı.



Fakat Kral, yine de Franklin'in tavsiyesine uydu ve sivri çubuklar, paratonerler yerleştirildikten sonra, bir yıldırım çarpması oldu. Yıldırım, Pearl Filosundaki cephaneliklerden birine çarptı; fakat çok az hasar oldu.

Artık biliyoruz ki yük boşalması bir bakıma önemsizdir. Böylece muhalefet haklıydı.

Aslında Franklin'in umduğunun aksine, yıldırımını çekiyordunuz.

Bununla beraber, eğer sizin paratoneriniz yüksek akımı, 10.000 veya 100.000 amper kadarlık akımı, geçirebilecek kadar kalınsa, o zaman akım paratonerden geçecek ve böylece bir patlama olmayacaktır. Dolayısıyla binaya çarpmayacaktır.

Böylece yıldırım paratonere hapsedilecektir.

Ve böylece paratoner, Franklin'in aklındaki nedenle değil de, başka nedenlerden dolayı çalıştı; ancak o doğru sezgilere sahipti. O çok büyük bir bilim adamıydı ve ayrıca büyük bir devlet adamıydı. Böylece onun paratoneri bu güne kadar var oldu.

Şimdi Van de Graaffa dönmek ve tartıştığımız bazı şeyleri size göstermek istiyorum.

İlk yapmak isteyeceğim şey, bazı kıvılcımlar oluşturmaktır.

Yıldırım.

Van de Graaff çalıştırıyorum ve bu küçük yarıçaplı, küçük küreyle ona yaklaşacağım. Ve giderek daha çok yakınlaştıkça, aradaki elektrik alanı büyüyecek ve sonunda kıvılcımlar oluşunca, tahmin ediyorum ki onlar bu küre ile Van de Graaff arasında gidecekler.

Bu küre topraklanmıştır.

Ve böylece akacak hiç bir akım, Walter Lewin'in üzerinden geçmeyecek, fakat doğrudan toprağa gidecektir. Böylece benim için tehlikeli bir durum olmayacaktır.

En azından şimdilik olmayacaktır.

Siz zaten bazı çatırtı sesleri duydunuz. Bu, içeride orada zaten uçuşan kıvılcımlar olduğu anlamına gelir.

Sakınmak çok zordur, orada daima yok edemediğimiz bazı sivri noktalar vardır.

Bu ideal bir araç değildir. Fakat ben hala size bir kaç yıldırım gösterebileceğimi düşünüyorum. Daha yakına gelerek. İşte başlıyoruz.

Böylece düşündüğünüz şey, sadece bir tek kıvılcımın, yıldırım diye tanımladığım şekil olan birkaç dönüş çakması gibi olabileceğidir.

Böylece burada şimdi görmekte olduğumuz şey şudur: elektrik alanı yerel olarak 3 milyon volt bölü metreden daha büyük hale gelmiştir ve artık tanımladığımız bu yük boşalması aşamasına geçilir; bu da size yıldırımını verir.

Şimdi de, sizin için çok büyüleyici olmasa da, buradaki bu aşırı sivri uç ile Van de Graaff arasında bir korona yük boşalmasını sizin deneyiminize katmak istiyorum.

Bu uç ile Van de Graaff arasında gerçekten bir yük boşalması olacağına sizi inandırmanın tek yolu, Van de Graaff'a yaklaşmak ve şimdi duyduğunuz bu çatırdama seslerinin yok olacağını göstermektir.

Ve seslerin yok olmasının nedeni şudur; eğer bu uç ile Van de Graaff arasında bir korona yük boşalması elde edersem, bu, akımı tüketecek, potansiyeli düşürecek ve böylece çatırtı sesleri yok olacaktır. Böylece şimdi uçuşan kıvılcımlar artık uçuşmayacaktır.

Muhtemelen burada, bu uçta bu mavi ışığı ben görebilsem bile, siz göremeyebilirsiniz. Burada çok fazla ışık var.

Şimdi Van de Graaff'a yaklaşacağım.

Neredeyse bir paratonerim varmış gibiyim; hiç endişelenmiyorum, çünkü eğer her hangi bir akım akmaya başlarsa, o, yeryüzüne paratoner gibi olan bu çubuktan akıp gider. Bu yüzden hiç endişelenmiyorum.

Van de Graaff'a tam bir kahraman gibi, cesaretle yaklaşıyorum; şu çatırdama seslerini duymanızı istiyorum. Bu sivri uç üzerinden akım çektiğimde, çatırdama sesi yok olacak.

Oooh, işte oraya gidiyorum. Ve çatırtı duruyor.

Ve gerçekten burada parlayan, mavimsi bir yük boşalması görebiliyorum.

Sizin görmeniz olanaksız. Daha yakına gelebilirim, endişelenmiyorum.

Ve böylece şimdi Van de Graaff'ın yükünü boşaltıyorum, böylece Van de Graaff'ın potansiyelini düşürüyorum ve bu nedenle, burada oluşan şu çılgın kıvılcımlar artık oluşamayacaklar.

Fakat şimdi oluşacaklar.

Onları duyabiliyor musunuz? Ve şimdi duyuyorsunuz.

Eğer ben biraz çılgın olsaydım; kendim ile Van de Graaff arasında bir korona yük boşalması geliştirebilirdim.

Bunun bir yolu, daha önce de bahsettiğim gibi, parmak uçlarımla ona yaklaşabilmek olacaktır. Fakat bu biraz tehlikeli olur; çünkü bir kıvılcım çekebilirim, yıldırım tarafından çarpılabilirim, bu da bugün isteyebileceğim en son şeydir.

Belki de bu gelin tellerini kullanırsam, korona yük boşalması daha az tehlikeli olabilir.

Böylece şimdi maalesef paratonerden değil de, doğrudan vücudumdan geçen sürekli bir akım söz konusu olacak.

Ve sizi temin ederim ki, bunu hissedebilirim.

O muhtemelen çok düşük bir akımdır. Sadece birkaç mikroamper.

Fakat hiç de eğlenceli değildir. Hiç hoş değildir.

Fakat öğrencilerim için, canım feda. İşte gidiyoruz. Ya ya ya ya .

Gelin tellerini görüyorsunuz, şimdi korona yük boşalmasıdayım ve parmaklarımdan geçen akımı hissedebiliyorum, o şimdi sürekli bir yük boşalması.

Bu aziz Elmo'nun ateşidir.

Duy....Aaah, ah, yıldırım çarptı !

Harika, 27.000 dolara karşılık bir şeyler elde ettiniz.

Oh, tanrım. Tamam.

Hem korona yük boşalmasını gördünüz, hem de yıldırım düşmesini...

Bu arada, birinci sınıftan daha şanslıydınız.

Açıkçası, yıldırım tehlikeli olabilir: bir yangına sebep olabilir, tahrik edebilir, gazları patlatabilir. Arabanıza gaz verirsiniz, benzin akışı hortumun başını yükleyebilir, sürtünme nesnelere yükler; bunun yaratacağı bir kıvılcım da büyük bir patlamaya sebep olur; hortum başının daima topraklanmış olmasının nedeni budur.

Bir balonu hidrojen ile doldururken, hidrojen akışı bir sürtünme oluşturduğundan, balon yüklenebilir ve bir kıvılcım hidrojeni tutuşturabilir.

İşte bu olay, uzun zaman önce klasik bir trajik kazaya yol açmıştı.

Fakat bu öylesine klasikti ki, gerçekten bunu size göstermeliyim.

Hitler büyük hava gemileriyle gurur duyuyordu.

Onlar Graf Zeppelin'e izafeten bu ismi almıştı. Almanlar onları Zeplin diye adlandırdılar. Biz onları motorlu balon veya keşif balonu diye adlandırıyoruz.

Hitler Almanya'sının inşa ettiği en büyüklerinden birisi Hindenburg'tu. Bu balon, 803 feet uzunluğundaydı ve 7 milyon fit küplük hidrojen hacmine sahipti.

Almanlar Zeplinlerini helyum ile dolduramadılar, çünkü onların helyumları yoktu.

Ve Amerikalılar onlara, çok haklı olarak, helyum satmayacaktı.

Bu yüzden onlar da hidrojen ile doldurmak zorunda kaldılar.

Böylece 1937 Mayıs'ında Hindenburg adlı bu Zeplin deniz-aşırı yolculuğa çıktı ve New Jersey'de Lakehurst'a vardığında, onda dev gibi bir yangın başladı.

O Atlantik-ötesinde 35 saat yol gelmişti.. ve burada patlamayı görüyorsunuz.

6 Mayıs, saat 7:25, öğleden sonra. 45 yolcusu vardı ve 35'i bu yangında öldü.

Bunun bir sabotaj olabileceği spekülasyonu yapıldı. Hala da mümkün görünüyor.

Resmî soruşturma kurulu onun bir Aziz Elmo ateşi olduğuna karar verdiyse de, gemi burada şu direğe bağlanınca, bir kıvılcım sıçradı ve bu, patlamaya, yangına sebep oldu.

Almanya için bu olay hava gemilerinin sonu oldu.

Yeryüzünün en nazik adamı olmayan Napolyon da, pek çok askeri Mısırdaki hastalanınca bunun bataklık gazının yani metan gazının sonucu olduğu konusunda şüpheye düşmüştü.

Askerler bataklığın yakınındayken, kokladıkları bu kötü havanın hastalığa sebep olduğundan şüphelenilmişti. Fransızcada kötü hava “mal air”dir ve bu yüzden bu hastalığa malarya yani sıtma dendi.

Ve böylece, askerlerin malarya'ya yakalanıp yakalanmadıklarından emin olmak için, havayı test etme yolu, küçük bir tüfek yapmaktı; şunun gibi; bu bir iletken namludur.

Tüfeğin içine biraz bataklık gazı girmesine izin verdiler ve buraya bir mantar koydular, onu kapattılar. Ve burası bir sivri pimdi; bu pim namludan, iletken namludan tamamen izole edilmişti ; sonra buraya biraz yük koydular, öyle ki kıvılcım oraya atlayabilsin.

Bu, gerçekte arabalarımızdaki buji ateşleyicisidir. Ondan farklı değil.

Ve böylece eğer gerçekten orada metan gazı varsa, bir patlama olur ; bu, askerler için tehlike olduğu konusunda bir uyarıdır.

Evet, bu sabah bina boyunca yürüyordum; tam Lobi 7'deydim ki burnuma acayip bir koku geldi, çok acayip bir koku. Kimbilir, “acaba MIT'de bir şey mi oluyor; burada olmaması gereken bir gaz olabilir mi?” diye meraklandım.

Ve böylece, buraya, Napolyon örneğine göre yapılmış şu özel silahımı getirdim; üzerindeki şu küçük küreyi görüyorsunuz. Buradaki mantarı açıp içeriye biraz Lobi 7 havası girsin istedim ve sonra orada tehlike yaratacak bir gaz olup olmadığını görmek için sizinle bir test yapmaya karar verdim.

Dolayısıyla, burada, bu namlunun içinde bir yük boşalması yaratmalıyım, namlu burada.

Bunu saçlarımı tarayarak yapmaya çalışabilirim, fakat bu yük yeterli olmayabilir; bu yüzden, bu silahın içinde mutlaka bir kıvılcım yaratılacağından emin olabilmek için, üzerinde daha fazla yük olan bu diski kullanabilirim.

İşte Lobi 7 gazı bunun içinde.

Kuşkusuz havanın içinde kötü bir şey olmaması ihtimali var; ki bu durumda, hiçbir şey görmeyeceksiniz.

Ve havanın yeterince temiz olmaması ihtimali de var; o zaman burada küçük bir patlamamsı darbe görebilirsiniz. Ve o taş çatlasa çok küçük olacağı için, siz çok sessiz olmalısınız, aksi halde hiçbir şey duyamazsınız.

Önce tarağımla deneyeyim. Saçımı tarıyorum.

Namlunun içinde bir kıvılcım üretilip üretemeyeceğimi görmek için saçımı tarıyorum; bu, çalışmayabilir; çünkü bu tarak üzerinde yeterince yük olacağından emin değilim.

Hayır, bu hiç çalışmıyor.

Peki, bu aleti kullanabilir miyiz, ona bakalım.

Tüm kalbimle umarım ki sıtma olmayız.

Yarın görüşürüz.