

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 10 Bataryalar ve EMK

Sabit potansiyel farkı sağlayan düzeneklerden, yani bu tür güç kaynaklarından pekçok kez bahsettik.

Burada böyle bir güç kaynağımız var: potansiyel farkı V , burası artı tarafı ve burası da eksi tarafı.

Bunu bağlayacağım; burada bir R direncim var ve bunun sonucu olarak akım bu yönde, bu yönde ve bu yönde akmaya başlayacak; demek ki bu güç kaynağında akım bu yönde akar.

Direnç boyunca akım bu yönde akar.

Elektrik alanı hangi yöndedir?

Elektrik alanı daima artı potansiyelden eksi potansiyele doğrudur.

Böylece tam burada, bu dirençte, elektrik alanı bu yönde, artıdan eksiye doğrudur.

Fakat kaynağın içerisinde de artıdan eksiye doğru olmalıdır.

Böylece kaynağın içerisinde elektrik alanı akıma zıt yöndedir

Böylece bir tür pompa mekanizması, akımı, elektrik alanına karşı, kaynağa girmesi için zorlamalıdır.

Bir kaya, kendi başına, tepeye doğru hareket edemez. Onu yukarı itecek bir şey ihtiyacı vardır.

Van de Graaff'tan hatırlıyorsunuz; bir kayışa yük püskürtüyorduk ve sonra kayışı döndürdüğümüzde, kayış yükü tepeye çıkarıyordu.

O, tepenin aşağı itme gücünü yenmek zorundadır. Böylece iş yapılmalıydı.

Yani bir yerlerden enerji gelmeliydi.

Ve Van de Graaff olayında kayışı hareket ettiren şey açıkça bir motordur.

Windhurst olayında kolu çeviren bendim, yani işi ben yapmıştım.

Basit bataryalarda, yani marketten satın aldıklarınızda, enerjiyi sağlayan kimyasal enerjidir.

Ve şimdi size özel bir tür kimyasal enerji göstereceğim ve bunu sizinle tartışacağım. Bu, içinde bir çinko ve bir bakır levha olan bir çözeltiye olacak.

Böylece burada H_2SO_4 'ümüz var ve burada çinko levha ve burada bakır levha var.

Bu taraf pozitif olacak ve bu taraf negatif.

Bu iki levha arasında bir potansiyel fark elde edeceksiniz.

Bunu tam olarak anlamak için kuantum mekaniği gerekiyor; ama o bu dersin kapsamı dışında. Elde edeceğiniz potansiyel farkı, normalde 1 volt kadar bir şey.

Buradaki gizem, aslında mutlaka çözeltide değil. Çünkü eğer iki iletken, iki farklı iletken alırsanız ve onları dokundurursanız, metali metale; gene bir potansiyel fark olacaktır.

O zaman biraz daha ayrıntıya girelim.

Burada iyonların serbestçe bir taraftan diğer tarafa akabileceği gözenekli bir engel var. Ve burada onları bir dirençle bağlarız ve böylece bir akım geçer.

Direnç boyunca bu yönde, bataryanın artı tarafından eksi tarafına doğru bir akım geçiyor. Bu demektir ki, bataryanın içinde akım böyle akıyor ve burada elektrik alanı bu yöndedir, artıdan eksiye. Fakat bataryanın içinde de elektrik alanı artıdan eksiye doğru olmalıdır. Böylece, burada gördüğümüz gibi, gene görüyorsunuz ki elektrik alanı akıma zıt yöndedir.

Burada SO_4 negatif iyonlarınız var; bu çözeltide bakır artı iyonlarınız ve burada çinko artı ve SO_4 eksi'ler var.

Akım geçmeye başlayınca, bataryanın içerisindeki akım taşıyıcıları olan SO_4 negatif iyonları, sağ taraftan harekete geçiyorlar -- sağdan sola gidiyorlar.

Şimdi, SO_4 eksi iyonları neden onlara zıt olan bir elektrik alanında hareket ederler?

Bu onların hareketlerine karşı değil mi?

Evet, karşıdır; çünkü bunu yaparken, bir elektrik engelini tırmanmak için harcanacak enerjiden daha fazla enerji veren bir kimyasal reaksiyona katılırlar.

Bir akım akarken, SO_4 eksi'ler sağdan sola doğru akarken, burada daha az SO_4 iyonları olur; buradaki sıvı nötr kalır, böylece bakır artılar yok olmalıdır.

Ve onlar bakır çubuğun üzerine çökeler. Böylece orası sanki bakır kaplanır.

Bu tarafta ise SO_4 eksi'lerde bir artış olur; bu yüzden, ayrıca sizin çinko artı'larınızın da artması gerekir; çünkü, yine, bu sıvı nötr kalır ve bu demektir ki çinkonun bir kısmı çözünür; böylece çinko konsantrasyonunda bir artış olur.

Böylece pil içerisindeki yük taşıyıcıları, yani SO_4 eksi iyonları, bu engel boyunca hareket ederler ve buradan buraya giderler; yani hareketlerine zıt yöndeki elektrik alanı boyunca hareket ederler.

İşte bu, kimyasal enerjinin harcama pahasına meydana gelir.

Şimdi, tüm bakırların bakır üzerine kaplanmasıyla bakır çözeltisi çok seyreltiğinde ve çinko artı yoğunluğu iyice arttığında, artık pil çalışmaz. Bu durumda yapabileceğiniz şey, zıt yönde bir akım geçirmektir. Yani akımı, şimdi, şu yönde geçirebilirsiniz. Bir başka güç kaynağı ile akımın geçmesini zorlayabilirsiniz ve bu kez kimyasal reaksiyon tersine dönecek; yani şimdi bakır, çözeltiliye geri gidecektir. Böylece bakır çözünür ve çinkolar ise, çinko üzerine çökeler. Böylece bunu yeterince uzun süre yaparsanız, pili tekrar çalıştırmayı başarabilirsiniz; burada yapıldığı gibi.

Bir araba aküsü, bakır ve çinko yerine kurşun ve kurşun oksit kullanılması dışında, tam olarak bu tür bir pildir. Fakat ayrıca, burada olduğu gibi, arada sülfürik asit vardır. Nikel-kadmiyum pili de iyi bilinir; onu da şarj edebilirsiniz. Bunları marketlerde kolayca bulabilirsiniz; el fenerlerinizi bu nikel-kadmiyum pilleri ile çalıştırabilirsiniz.

Devrelerimizde kullanacağımız pil için sembol budur. Burası pozitif ve burası negatif taraf. Bu bizim bir pil ile uğraştığımızı sembolize eden bir sembol.

O zaman şu noktaya B diyelim, buna da A ve burada R dediğimiz bir direnç var.

Ve bir akımımız var. Şu yönde akan akımımız, I akımıdır.

Bu bir ampul olabilir, diz üstü bilgisayar olabilir, saç kurutma makinesi olabilir; her ne ise.

Burada bu R'nin olmaması, bu direncin sonsuz büyük olduğu anlamına gelir; bu durumda, akım 0 demektir. O zaman pilin ölçeceğimiz voltajı, ki bu V_B eksi V_A 'dır – ona, basitçe bataryanın V 'si diyeceğim -- bu voltajı kıvrık \mathcal{E} olarak yazacağım; bu, **elektromotor kuvveti** olan **EMK**'dir.

Bunu size daha sonra göstereceğim.

Eğer buraya sonsuz büyüklükte olmayan bir R direnci koyarsam, o zaman akım akmaya başlar. Ama şimdi, unutmamız gereken, A noktası ve B noktası arasında insan gözüyle görünemeyen r_i olarak ifade ettiğim bir iç direnç vardır. Yani eğer bir akım akmaya başlarsa, bu sadece büyük R üzerinden değil, aynı zamanda küçük r

üzerinden de olacaktır. Böylece, Ohm Yasası'na göre, EMK, I çarpı iç direnç artı dış dirençtir.

B noktası ile A noktası arasında ölçeceğimiz voltaj şimdi değişecektir.

Bu voltaj, Ohm Yasası'na göre, $I R$ 'dir ; yani EMK eksi I çarpı r_i 'dir.

Ve görüyorsunuz ki, bu voltaj, EMK değerinden biraz daha küçüktür.

Bunun nedeni, buradaki iç dirençtir.

Bataryayı kısa devre yaparsam -- aptalca bir şeydir -- fakat R eşittir sıfır yaparsam -- böylece bataryayı alıyorum ve kısa devre yapıyorum-- ; o zaman çekebileceğim maksimum akım – böylece R şu an 0, bu yüzden görebildiğiniz gibi, elde edebileceğiniz maksimum I -- \mathcal{E} bölü r_i 'dir – ve şimdi B ile A noktası arasında ölçeceğimiz voltaj, V_B , 0 olur.

Bu, buradan geçen bir akım olmadığı anlamına gelmez; fakat burada, bu noktalar arasındaki potansiyel farkın 0'a düştüğü anlamına gelir.

Bataryayı kısa devre yapmak, elbette akıllıca bir iş değil.

Bataryaları seri bağlayarak daha yüksek potansiyel farkları elde edebilirsiniz – burası negatif taraf ve burası da pozitif; bir bağımsız batarya var, negatif uç– pozitif uç. Bir tane daha var, negatif-pozitif; her biri \mathcal{E} EMK'li ve her birinin negatif tarafını diğerinin pozitif tarafına bağlayabilirim; sadece bir iletken tel ile bunun negatif tarafı ile diğerinin pozitif tarafını ve şimdi bu iki nokta arasındaki potansiyel fark $3\mathcal{E}$ olur, açık bir devre, eğer herhangi bir akım çekmiyorsam..

Bir akım çekersem, o zaman elbette, gene iç dirençle uğraşmak durumunda kalırım.

Sizinle beraber, az önce tartıştığımız türden bir bakır-çinko pili yapacağız.

Onu burada görüyorsunuz.

İşte bakır sülfat çözeltisi, yani H_2SO_4 ve burada benim levhalarım var; bu benim çinko levham ve bu da bakır levha ve voltajı yansıda göreceksiniz. İşte orada, sanırım bu doğru -- şimdi bir potansiyel fark yok, çünkü henüz yerlerinde değiller ve işte çinko geliyor ve bakır geliyor ve çözeltinin içerisine giriyorlar ve yaklaşık 1 volt görüyorsunuz.

Genelde bu potansiyel farklar 1 volt civarındadırlar. 0.95.

Ve şimdi yapacağım şey, bir ikili yaratmak olacak. Yani burada iki bağımsız pil var; birisi bu ve bunun bakır ve çinko levhaları ve bu da diğeri ve bunun da bakır ve çinko levhaları işte şurada.. Ve bunları seri bağlayacağım. Ve şu anda EMK'nin iki katına çıkacağını göreceksiniz.

Eğer buna hazırsak -- bu benim ikinci pilim, bu tamamen bağımsız olacak; böylece buraya diğer iki levha gelir, bakır ve çinkoyu karıştırmadığınızdan emin olun -- işte başlıyoruz -- ve şimdi potansiyelin iki katına çıktığını görüyor olmalısınız.

Ve bunu görüyorsunuz. Bu açık bir devre, akan bir akım yoktur.

Evet, volt metreden geçen çok küçük bir akımın olduğunu görürsünüz.

Ama bu o kadar küçük ki, her zaman göz ardı edilebilir.

Ve EMK'nın iki katına çıktığını görüyorsunuz.

Şu an yapacağım şey şu: Seri bağlı bu iki pil, bu iki levha arasında yaklaşık 2 volt'luk gerilim var; şimdi onunla bu ampulü yakacağım.

Göreceğiniz şey tam burada ölçeceğimiz voltaj olacaktır. Yapabileceğiniz tek şey, sadece pilin levhalarındaki voltajı ölçmektir. Şimdi pilin iç direncinden dolayı bu voltaj düşecek, ayrıca biraz ışık göreceksiniz, fakat asıl amacım bu değil.

Siz, şu yakında oturanlar, bu ampulün yanacağını görebileceksiniz.

Bunu şimdi yapıyorum; ampule bakıyorum, çok az ışık görüyorum. Voltajın düştüğüne dikkat edin.

Böylece V_B 'nin şimdi ölçtüğünüz değeri, bu terimden dolayı, 1.9 volttan biraz daha düşüktür. Bataryanın içinde, iç dirençten ötürü, biraz potansiyel fark kaybedersiniz.

Pekâlâ. Bunu dışarı alalım; çünkü bu, çok pis kokulu duman üretir.

Peki. Bu tamam.

Bir yük, A noktasından B noktasına doğru hareket etsin; burada potansiyel V_A ve burada V_B olsun ve hareket eden yüke dQ diyelim – kolaylık olsun diye, V_B eksi V_A olduğunu düşünelim – ya da V_A 'yı V_B 'den daha büyük yapalım. Bunu, bu terimler cinsinden düşünmek çok daha kolay olur. Şüphesiz ki, zorunlu değil.

Böylece V_A 'yı V_B 'den daha büyük alalım. Böylece elektrik alanı A'dan B'yedir.

Ve yükü A'dan B'ye doğru hareket ettiriyorum, o zaman elektrik alanı iş yapıyor.

Elektrik alanın yaptığı iş, dW , yük çarpı V_A eksi V_B potansiyel farkıdır.

Yük pozitifse, bu iş pozitif olur. Yük negatifse, negatif olur. Çünkü bu durumda bunun pozitif olduğunu varsaymıştık.

Şimdi matematik öğretmenlerinizin duymaması gereken bir şey yapacağım. Ancak bunu fizikçiler her zaman yaparlar. Bunu dt 'ye böleriz ve “ Aha! Sol taraf birim zamanda yapılan iştir; yani güç; Joule bölü saniye.” deriz.

Böylece bu şimdi güçtür.

dq bölü dt akımdır: saniyede kaç coulomb akıyor, onu gösterir. Böylece bu I akımıdır.

Potansiyel fark için, kısaca V sembolünü kullanırım.

Böylece burada, bir güç kaynağı tarafından verilen gücün, potansiyel fark çarpı üretilen akım olduğunu görüyorsunuz.

Ve bu Ohm Yasasından bağımsızdır, bu daima geçerlidir.

Eğer Ohm Yasasını da dâhil ederseniz, onu kullanabilirseniz – geçen sefer Ohm yasasının sınırlarını tartışmıştık – fakat onu kullanabilirseniz, V eşittir I çarpı R olur ve o zaman elbette, güç için I kare R de yazabilirsiniz ve o, aynı zamanda V kare bölü R 'dir.

Güç, joule bölü saniyedir; joule bölü saniye için büyük W yazarız. Fizikçi Watt'a izafeten ona bu ad verilmiştir.

Bu yüzden, gücü daima Watt cinsinden ifade ederiz.

Böylece bir R direncimiz olduğunu düşünelim ve ondan bir akım geçirelim – bu dirençtir – ondan akım geçiriyoruz; örneğin, akımı $I = 1$ amper ve direnci 100 ohm alalım.

Bu dirençte harcanan güç, bataryanız tarafından sağlanmak zorundadır. Bu P gücü şimdi 100 Watt'tır.

Bunu, I kare R 'yi, kullanmak isterseniz,

Akım, 2 amperse ve direnci değiştirmezseniz, (o zaman) güç 400 Watt olur.

Çünkü o, I kare R 'dir. I iki katına çıkınca güç de dört katına çıkar.

Bu enerji ısı halinde yayılır ve yeterince ısınırsa, o zaman belki de ışık üretebilirsiniz. Ampulün ışımmasının arkasında yatan temel fikir budur.

Bir ampuldeki akkor hale gelmiş tungsten flaman çok yüksek, 2500 belki de 3000 santigrat derece olur -- daha yüksek olamaz; yoksa tungsten erir -- ve böylece siz ışığı görmeye başlarsınız.

Örneğin, 100 Wattlık bir ampul– oh, burada başka şeyler var – evet, eğer yurttan 100 Wattlık bir ampulünüz varsa ve voltaj 110 voltsa; onu prize taktığınızda, geçecek akım yaklaşık 0.9 amper olur.

P eşittir $V I$. Bu çarpım 100 olmalıdır.

Bu durumda, direnciniz yaklaşık 120 ohm'dur. V eşittir $I R$ 'dir.

Böylece ampul epeyce sıcak olsa bile, ürettiği ışık miktarı genelde bu gücün %20'sinden daha fazla değildir.

Bir akkor ampul, çok verimli bir şey değildir.

Bir floresans lamba daha iyidir.

Dolayısıyla, eğer 40 Wattlık bir flüoresans lambanız varsa, ondan, 40 Wattlık bir akkor ampulden elde ettiğiniz ışıktan daha fazla ışık elde edersiniz.

Yurtta sahip olduğunuz ısıtıcıları ele alırsak – onlar tipik olarak 2 kiloWattır; fakat haydi onu 2200 Watt yapalım, çünkü bu kolayca 110 volta bölünür – böylece 20 amper akım çeker – bu da çok fazla amper demektir.

Eğer yatakhaneleriniz eskirse, sigortalarınız atma olasılığı yüksektir..

20 amper pek çok evin çekebileceğinden çok fazladır.

Fakat son zamanlarda, sanırım prizlerin çoğu 25 ampere uygun.

Fakat daha fazlası için değil.

Demek ki ısıtıcınızda yaklaşık 5.5 ohm olan bir direnciniz var.

Bunlar sadece bazı sayılar hakkında size bir fikir vermesi içindi.

Şimdi, ısıtıcınızın ısı vermesini istiyorsanız ve ampulünüzden ışık almak istiyorsanız, ısıtıcınızın sıcaklığını makul derecede tutmak istersiniz; ışık almak için çok yüksek ısıya çıkmasını istemezsiniz.

Onu 2000 ya da 2500 derece yaparsanız, o zaman ısıtıcınızdan çok ışık elde edersiniz.

Ve böylece bu gücün yarısının ışık olarak çıktığını düşünelim; gece ısıtıcınızı açarsanız; yatakhanelerde 1000 Wattlık bir ampulünüz varmış gibi olacaktır; siz de bunu istemezsiniz.

Öyleyse nasıl yaparsınız, ne yaparsınız?

Peki, basitçe sıcaklığı, belki, yaklaşık 1000 santigrat derecede tutarsınız; o birazcık kızarır, çok az ışık üretilir. Sıcaklığı nasıl düşük tutarsınız?

Şey, onu havayla soğutabilirsiniz; bu ısıtıcıların bazılarının kendilerini soğutacak fanları vardır.

Ya da direnci tam şöyle yaparsınız: çok büyük, çok kocaman direnç yüzey alanı; küçük değil, büyük; büyük bir yüzey alanına sahip oldukları için, ısılarını kolayca yayabilirler ve sıcaklıkları düşük kalır.

Evinizdeki elektrikli aletlere bakarsanız, 40 ile 200 Watt arası ampulleriniz, 300 Watt kadar olan tost makineniz vardır.

Elektrikli tencereniz ve ısıtıcılarınız 2 kiloWatt kadardır; TV birkaç yüz Watt, elektrikli diş fırçanız muhtemelen sadece 4 Watt'tır... çok makul değerler.

Vücudunuz yaklaşık olarak 100 Wattlık ısı üretir – şüphesiz ki, bu da enerjidir.

Vücudunuzun çok geniş bir yüzeyi var; bu yüzden 100 Wattlık bir ampul kadar sıcak olamazsınız. Çünkü yüzey alanınız çok geniştir. Dolayısıyla, ateşiniz olmadığı müddetçe, sadece 37 derecelik bir sıcaklığa sahip olursunuz.

Bu yüzden ışık üretmezsiniz, çünkü bunun için yeterince sıcak değilsiniz. Ama kızılötesi radyasyon üretirsiniz ve bu çok fark edilebilir değerdedir.

Birisini kollarınızın arasında kucaklarsanız; bu güzel bir duygudur, vücudunuzda sıcaklık hissedersiniz. Bu kızılötesi radyasyondur.

Yaklaşık saniyede 100 joule kadarlık bir radyasyon yayma. 100 Watt.

Bir elektrikli battaniye sadece 50 Watt'tır.

Böylece bir eş ya da arkadaş yaklaşık olarak bir elektrikli battaniyenin iki katı kadar etkilidir. Ayrıca, belki daha eğlenceli de.

Bataryanın sağladığı güç, bataryanın akımı çarpı \mathcal{E} , yani EMK'dır.

Bir akım geçtiğinde, güç, I^2 kare çarpı iki direncin toplamıdır.

Dış direnç ile iç direncin toplamı. Ondan asla kaçınamayız.

Dış dirençte üretilen ısı, $I^2 R$ kare büyük R'dir. Fakat bataryanın içinde üretilen ısı $I^2 r_i$ kare küçük r_i 'dir; bundan kaçınamazsınız.

Böylece bataryayı kısa devre yaparak, R'yi 0 yaparsanız, o zaman elde edebileceğiniz en büyük akımı elde edersiniz. Bu maksimum akım, EMK bölü r_i 'ye

eşittir – büyük R 'yi yok ettiniz, o şimdi sıfır – ve böylece maksimum güç olan bir güç elde edersiniz. Bu maksimum güç şimdi \mathcal{E} kare bölü r_i 'ye eşittir.

Maksimum güç, I_{maksimum} kare çarpı r_i 'ye eşittir.

Bunlar aynı şeydir: maksimum akımın karesi çarpı r_i . Bunun hepsi bataryanın içinden gelir. Onun dışından bir şey gelmez.

Hepimizin bildiği 9 voltluk bir Duracell piliniz varsa, \mathcal{E} yani EMK yaklaşık 9 voltur, böyle bir bataryanın iç direnci yaklaşık 2 ohmdur ve bir Duracell pilden elde edebileceğiniz maksimum akım, yani I_{maks} , yaklaşık 4.5 amperdir ve bu yüzden P_{maks} yaklaşık 40 Watt olacaktır.

Böylece 9 voltluk bir pil alıp onu kısa devre yaparsanız, pil ısınmalıdır; çünkü bütün bu ısı, bütün bu 40 Wattlık ısı, pilinizin içinde üretilir.

Eğer onu gerçekten, 0 dirence sahip bir dirençle kısa devre yaparsanız, ölçtüğünüz V_B 'nin değeri 0'a düşecektir.

Şüphesiz ki, pili kısa devre yapmak, oldukça aptalca bir iştir; fakat tehlikeli değildir.

40 Watt, bu nesne biraz ısınır, çok önemli değil... Haydi yapalım.

Burada, gördüğünüz gibi, 9 – Volt'luk Duracell pilimi ölçebileceğim voltajım var. Pilim burada. Ve burada onu okuyabilirsiniz.

Umarım ondalık bölmeleri de var; o, yaklaşık 9.6 voltur.

Ve şimdi aptalca, ama gene de tehlikeli olmayan bir şey yapacağım – arabamın anahtarını alıp, pili kısa devre yapacağım.

Basitçe A ile B noktalarını birleştireceğim ve göreceksiniz ki voltaj düşecek – belki tam 0'a gitmeyecek; çünkü anahtarım 0 dirençli olmayabilir; fakat çok düşecek – ve benim deneyip sizin yapamayacağınız şey, bu pilin ısınacak olmasıdır.

Bu 40 Watt içeride üretilecektir.

Pil ısındığı zaman, iç direncin biraz yükselmesi olasıdır. Çünkü ısı arttığında direncin artacağını, bu durumda gücün azalacağını hatırlayın. Bu yüzden o tam 40 Watt olmayabilir.

Fakat size bu nesnenin ısındığını hissedebildiğim garantisini verebilirim.

Şimdi onu kısa devre yapayım. Şimdi bunu yapıyorum.

Ve voltajı okuyorsunuz, onu buradan görebiliyorum – oh, onu anahtarla yapmak her zaman böyle kolay olmayabilir – işte o çok düşük; hey, şuna bakın.

O yaklaşık olarak bir voltun onda biridir ve bu nesnenin ısındığını hissediyorum.

O şimdi gerçekten ısınıyor.

Böylece bu bataryayı mahvediyorum.

Bu yapılan korkunç bir iştir; bataryalar bundan hoşlanmazlar.

Fakat dış direnci çıkardığım zaman, birazı geri gelebilir.

O kalıcı olarak hasar görmeyebilir ve onun şimdiden 8,5 volt olduğunu görüyorsunuz.

9 voltluk bir Duracell pil ile bir arabayı çalıştırmanın imkânı yoktur. Çünkü sizin marş motorunuz için gereken akımı elde edemezsiniz.

Çünkü marş motorunuzun birkaç yüz ampere ihtiyacı vardır.

Bir araba aküsü alırsanız, bu yaklaşık olarak 12 volttur.

O çok düşük bir iç dirence sahiptir, yaklaşık bir ohm'un 1/50'si kadar.

Böylece bu demektir ki, onu kısa devre yaparsanız, çekebileceğiniz maksimum akım 600 amper kadar olur.

Böylece onu kısa devre yapacak kadar aptal olsaydınız, bataryanın içinde maksimum 7 kiloWatt'lık bir güç üretmiş olurdu.

Arabanızın motor bölümünde tamirat yaparken, kullandığınız İngiliz anahtarını kazara akünün üzerine düşürmeyeceğinizden daima emin olun.

Çünkü bunu yaparsanız, bataryanın içinde ısı cinsinden yaklaşık 6 kiloWatt, yani saniyede 7000 joule'lük enerji üretilecektir; sülfürik asit kaynar; kap eriyebilir ve bu hiç iyi olmaz.

Bu sadece aptalca değildir; ayrıca tehlikelidir de.

Öyleyse haydi bunu gerçekleştirelim.

Burada bir batarya var ve burada bir İngiliz anahtarı.

Ne olur ne olmaz.

Bu bataryayı kısa devre yapacağım ve bunu yaparken açıkça bataryanın bundan hoşlanmadığını göreceksiniz.

Bu İngiliz anahtarını uzun süre tutmamak için çok dikkatli olacağım. Çünkü oraya kaynayabilir, gerçekten oraya kaynayıp orada kalabilir; akım çok yüksek çünkü. Akım 600 ampere yükselebilir, anahtar onun üzerine kaynayabilir ve siz artık onu oradan çıkaramazsınız.

Bu olursa, buradan dışarıya kaçacağım.

Ve size de aynı şeyi yapmanızı tavsiye ederim.

Hazır mısınız? Başlıyorum.

Görüyor musunuz? İşte olan bu.

Çok yüksek bir akım; bunu bataryalara sık sık yaparsanız, onlar çok uzun yaşamazlar, bundan hoşlanmazlar.

Fakat bunu söylerken şaka yapmıyordum; arabanızda çalışırken, bundan sakınmalısınız. Çünkü ben bunun olduğunu, anahtarların gerçekten uçlara kaynadığını gördüm.

Sizin elektrik şirketiniz size enerji fatura eder; onlar güce aldırılmazlar, saniyede kaç joule güç kullandığınızla ilgilenmezler; sadece ne kadar enerji kullandığınıza bakarlar.

Böylece onlar sizi, joule olarak ücretlendirecekler; bunu düşünün. Yani enerji.

Bununla beraber, faturanıza bakarsanız, kiloWatt-saat üzerinden ücretlendirilmiş olduğunuzu görürsünüz.

Evet, bir kilo bindir ve bir saat 3600 saniyedir, böylece onların size fatura edeceği enerji birimi joule'dür.

2000 Wattlık elektrikli tencereyi 2 saat çalıştırdığınız zaman, bu 4 kiloWatt-saat eder.

Onlar muhtemelen sizden her kiloWatt-saat için 10 sent isterler – aynı miktardaki para için 100 Wattlık ampulünüzü 40 saat çalıştırabilirsiniz.

Yine bu 4 kiloWatt-saat ile aynı şekilde, elektrikli diş fırçanızla dişlerinizi 1000 saat fırçalayabilirsiniz.

Şimdi sizinle dirençler ve bataryalardan oluşan bir devreye göz atmak istiyorum.

Ve bu, ödevlerinizde ve belki de sınavlarınızda, karşılaşacağınız türden bir şeydir.

Şimdi, çok basit bir devreyle başlıyoruz. Burada bir R_1 direncimiz var, burada bir R_2 direncimiz ve burada da bir R_3 direncimiz. Sonra buraya bir batarya koyarız; artı tarafı sola ve eksi tarafı sağa gelecek şekilde. Bunun potansiyel farkı V_2 olsun.

O aslında EMK'dır. Fakat bataryaların her türlü iç direncini ihmal edeceğim; bu problemde tamamıyla önemsizdir.

Ve buraya da bir batarya koyarım. Burası negatif taraf ve burası pozitif taraf olsun ve potansiyel fark da V_1 olsun.

Ve böylece, V_1 , V_2 , R_1 , R_2 , ve R_3 'ü bildiğinizi düşünün.

Fakat size soracağım şey; I_1 nedir, I_2 nedir, I_3 nedir?

Büyüklüğü ve yönü istiyorum.

Buna baktığınız zaman, bu dirençteki akımın sağa mı yoksa sola mı olacağı tamamen açık değildir. O, dirençlere ve V_1 ve V_2 'nin değerlerine bağlıdır.

Bu problemlerin çözümlerinin ardındaki temel fikir, Kirchoff kuralları dediğimiz şeyde saklıdır.

Kirchoff'un ilk kuralı, E nokta $d\ell$ 'nin kapalı döngü integralinin 0 olmasıdır.

Bunu daha önce görmüştük. Kirchoff'un bunun için neden itibar kazandığını bilmiyorum.

Korunumlu alanlarla ilgilendiğimizde, bu durum daima söz konusudur.

Belirli bir noktadan başlayıp, E nokta $d\ell$ 'leri çepeçevre dolaşırsanız, daha önce bulunduğunuz aynı potansiyele gelirsiniz; böylece korunumlu alanlarla ilgilendiğiniz müddetçe, bu, 0 olmalıdır.

Bu, onun ilk kuralıdır.

Bu kapalı halkayı her hangi bir yerde yapabilirsiniz.

Onu burada bile yapabilirsiniz. O hala 0 olacaktır.

Onu burada yapabilirsiniz. Burada da 0'dır. Onu orada yapabilirsiniz.

Onu nerede yaparsanız yapın, bu kapalı halka integrali 0 olmalıdır.

Kirchoff'un ikinci bir kuralı var; bizim yük korunumu dediğimiz kural.

Eğer bir kararlı-hal durumu söz konusuysa, vardığınız kavşak noktasından bağımsız olarak, o noktaya giren akım dışarıya akmalıdır.

Bir yerde yük birikimi olamaz. Bu ikinci kuraldır.

Ve size çalışmanız için, 3-7 nolu problemi verdim; kitapta bunun nasıl yapıldığına bakabilirsiniz.

Ancak, bunu kitapta yapılandan biraz daha farklı bir yoldan yapacağım. Ben şahsen bundan daha çok hoşlanıyorum.

Fakat o sizin kafanızı karıştırabilir.

Böylece hemen sizi uyarıyorum, benim yöntemimi kullanmak istemeyebilirsiniz.

Şunu yapıyorum.

Evet, diyelim ki, burada bir kapalı halka akımı, I_1 , var,

Ve burada da bir başka kapalı halka akımı, I_2 , var.

Onları saat yönünde ya da saatin tersi yönünde akıtmamın bir önemi yok.

Saat yönünde ya da tersi yönde seçebilirim; önemli değil.

Yine de, bir kere bir yön seçtim mi, göreceğiniz gibi, artık onun sonuçları vardır.

Ve mesele onların akıyor olması.

Akımın birisi böyle ve diğeri de bağımsız olarak şöyle akıyor.

Eğer bu şekilde olduğunu varsayarsam, otomatik olarak ikinci kurala uyuyorum. Dolanan bir akım olduğu için, yük korunumludur, değil mi?

Yük yığılması yoktur. Böylece zaten Kirchoff'un ikinci kuralına uyulmuş olunur.

Şimdi birinciye dönüyorum; şimdi bu devrede herhangi bir noktadan başlayabilirim ve etrafında dönerim – saat yönünde dönebilirim, saatin aksi yönünde dönebilirim; aynı noktaya geri geldiğim sürece hangi yönde döndüğümün önemi olmaz; integral E nokta $d\ell$, 0 olmalıdır.

Aynı potansiyele dönüyorum.

Birinci noktadan ikinci noktaya giden E nokta $d\ell$ 'nin integrali nedir?

Peki; bu, birinci nokta ile ikinci nokta arasındaki potansiyel farktır.

Böylece buradan başlayalım ve kapalı devreyi dolanalım. Belirli bir uzlaşımı benimsemek zorundayız; yani, ya potansiyellerin arttığı yönde gidelim; ya da potansiyellerin azaldığı yönde.

Yine bu işaret uzlaşımını seçmekte özgürsünüz.

Öyle ki, potansiyellerin arttığı yönde gidersem, artı işareti; azaldığı yönde gidersem eksi işareti kullanacağımı söyleyebilirim.

Buradan başlayayım.

Anlamı olmayan buradan başlamadığım sürece, oradan başlayabilirdim, oradan başlayabilirdim, hiç fark etmez.

Öyleyse buradan başlıyorum ve böyle dolaniyorum.

Tam burada potansiyel, V_1 'e iniyorum.

Böylece eksi V_1 elde ediyorum.

Şimdi I_1 akımı yönünde soldan sağa doğru gidiyorum; böylece bu potansiyel, burada oradakinden daha yüksek olmalıdır anlamına gelir.

$V, I R$ 'ye eşittir.

Burada potansiyel oradakinden daha yüksek olmalıdır.

Böylece potansiyel azalıyor; bu yüzden eksi $I_1 R_1$ elde ediyorum.

Şimdi R_3 boyunca gidiyorum.

Bu I_1 akımı aşağı gidiyor; böylece burası, oradakinden daha yüksek potansiyele sahiptir. Dolayısıyla potansiyel azalıyor; öyleyse eksi I_1 çarpı R_3 elde ederim.

Fakat aşağı indiğim zaman, bağımsız olarak, bana doğru gelen bir I_2 akımı var.

Ve akım bana doğru geliyorsa, potansiyelde bir yükselme verecektir.

Burası, buradan daha yüksek bir potansiyele sahip olmak zorunda kalacaktır; bu akım bunu yapar.

Böylece şimdi potansiyel tepesine tırmanıyorum; bu yüzden şimdi artı I_2 çarpı R_3 elde ederim A – 0.00- şu yaptığıma bakın, $I_1 R$ yazdım. Oysa problemin hiçbir yerinde büyük R yok.

Ben açıkça $I_1 R_1$ demek istemişim.

Bunun için özür diliyorum, bunu eksi $I_1 R_1$ okuyun.

Başladığım yere döndüm; çünkü bu tellerin direnci yok.

Ve bu yüzden başladığım yere döndüm, böylece bu 0'dır.

İki bilinmeyenli bir denklem, I_1 ve I_2 .

Şimdi de bunun etrafında dönelim.

Saat yönünde de gidebiliriz, saatin aksi yönünde de. Fark etmez.

Buradan başlayalım ve bu yönde bir kere dönelim.

Böylece şimdi R_3 boyunca gidiyorum; bu I_2 akımı bu yönde akıyor; öyleyse potansiyel azalıyor.

Öyleyse eksi I_2 çarpı R_3 elde ederim.

Fakat I_1 akımı bana doğru geliyor.

Görüyorsunuz, bu yönde gidersem, I_1 akımı bana doğru geliyor; böylece potansiyel tepesine tırmanıyorum.

Böylece artı I_1 çarpı R_3 elde ederim.

Şimdi bu yönde R_2 boyunca gidiyorum; I_2 akımı da bu yönde. Ve böylece bu nokta, buradan daha yüksek potansiyele sahip olmak zorunda. Potansiyelden aşağı iniyorum. Bu yüzden eksi I_2 çarpı R_2 elde ederim.

Buradan aşağı geliyorum – ah, işte bir batarya. Ve o potansiyelce artıyor.

Böylece artı V_2 yazarım ve bu eşit 0 olur.

İki bilinmeyenli iki denklem.

I_1 'i çözebilirim ve I_2 'yi çözebilirim. Böylece I_1 ve I_2 ortaya çıkarılır.

I_1 'in pozitif olduğunu var sayalım; bu pozitif bir değer olsun.

Bu, I_1 'in gerçekten bu yönde olduğu anlamına gelir.

I_1 'in negatif olduğunu var sayalım. - 3 amper buldum.

Evet; bu, I_1 'in bu yönde olduğu anlamına gelir. Ama ne büyük iş !...

Demek ki, bütün operasyon işarete duyarlı.

Ve aynı şey burada da geçerli.

Eğer I_2 pozitif ise, o bu yönde demektir.

Eğer I_2 negatif ise, o zaman o, şu yöndedir.

Şimdi I_3 'ten ne haber?

I_1 'in artı 3 amper olduğunu var sayalım. I_2 'yi artı 1 amper bulursunuz.

Bu mümkündür, değil mi?

İki bilinmeyeniniz, iki denkleminiz var ve bunlar da cevaplar.

3 amper bu şekilde gider, [vişşşt] aşağıya ve 1 amper yukarı gelir.

Evet; bu durumda açıktır ki I_3 , 3-1 ; yani +2'dir.

Bir diğer bakış yolu şudur: Bu birleşim noktasına 3 amperlik akım gelir; I_2 1 amperdi, demek ki 1 amper gider; böylece aşağıya 2 amper inmelidir.

Bu gerçekte Kirchoff'un ikinci kuralıdır.

Eğer I_1 artı 1 amper olsaydı ve I_2 de artı 1 amper olsaydı; o zaman I_3 0 olacaktı.

I_3 akımı olmayacaktı.

Fakat benim yöntemim hala işleyecektir.

Ben 1 amperin aşağı gittiğini ve 1 amperin yukarı çıktığını buldum. Böylece R boyunca geçen akım yoktur, sadece bu yönde giden akım vardır, o da 1 amperdir.

Böylece, I_3 'ün I_1 eksi I_2 olduğunu kabul etmek zorundasınız; bu aslında Kirchoff'un ikinci kuralının uygulamasıdır.

Ben kapalı halka akımı fikrinden hoşlanıyorum; bazılarınızın ise ondan hoşlanmadığını biliyorum; olabilir.

Benim bundan hoşlanmamın nedeni şudur: bu durumda benim iki bilinmeyenli iki denklemim olur, ben I_1 'i çözerim, I_2 'yi çözerim ve o zaman üçüncüsü “ Ah! Bir akım bu yönde gider ve diğeri şu yönde gider” diye düşünerek doğal olarak ortaya çıkar. Fakat kitabın sunduğu yöntemi tercih ederseniz, üç bilinmeyenli üç denkleminiz olur ve başlangıçta I_1 , I_2 ve I_3 'e sahip olursunuz; daha hemen başta bir I_3 'ünüz vardır.

Görüyorsunuz, benimse başlangıçta I_3 'üm yoktu; o sonradan geldi.

Böylece seçim sizindir.

Şimdi son 6 dakikada sizi çok şaşırtıcı bir şeyle eğlendirmek istiyorum; o gerçekten şaşırtıcı bir şeyle.

Bu, akıl almaz bir batarya çeşididir.

Bu batarya burada tam benim solumda ve sizin de sağınızdadır.

O, devasa potansiyel farklar üreten bir bataryadır; 10, 20 kilovolt – buradaki yansıda şematik olarak görüyorsunuz; burada, tepede bir kova suyunuz var ve camınız var ; bir kova su burada arkada saklı – bu sizden sakladığımız için değil, burası en iyi yer olduğu için – ve plastik tüpün aşağı geldiğini görüyorsunuz. Ve su sağa akabilir ve sola akabilir.

O buraya akar; tepesi ve dibi olmayan bir boya kutusu var.

Burada bu boya kutusunu görüyorsunuz; tamamen açık.

Üstünde A harfi yazılı.

Ve sağda başka bir boya kutusu var, onda da B harfi var.

Ve o iletken bir kutu.

Ve bu da iletken bir kutu.

Ve bu su, başka bir iletken çöp kutusuna akar ve bu su da bir iletken çöp kutusuna akar.

Ve şimdi esas nokta geliyor: Bu A iletkeni bir iletken tel ile C'ye bağlanmıştır ve B iletken boya kutusu bir iletken tel ile D çöp kutusuna bağlanmıştır.

Bir süre suyu akıtırsınız; orada, bu iki nokta arasında kıvılcımlar görürsünüz.

Hatta noktalar birbirinden uzak olduğu zaman, diyelim ki 5 milimetre, en azından 10, 15000 volt gibi potansiyel farklar söz konusuyseniz, kıvılcımlar göreceksiniz

Ve bekleyin, başka bir kıvılcım göreceksiniz. Beklerseniz, bir kıvılcım daha göreceksiniz.

Böylece bu bir güç kaynağıdır. Ve bir yerlerden gelen bir enerji olmalıdır.

Böylece, henüz görmediğiniz, dördüncü ödevinizdeki problem 4-1, bunun nasıl işlediğini soruyor size.

Bugün size onun deneyini yapacağım ve daha sonra ona geri döneceğim.

Çalışma tarzı aslında oldukça inceliklidir; onu düşünmenizi istiyorum.

O dikkate değer bir bataryadır; dikkate değer bir güç kaynağıdır.

Su akmaya başlayınca, kıvılcımların ne zaman oluşacağını tahmin edebileceğiniz olgusuna dikkatinizi çekmek istiyorum. Çünkü su en sonunda yayılmaya başlıyor.

Dar bir silindir gibi artık aşağı akıyor, fakat yayılmaya başlıyor.

Ve sonra kıvılcım atlıyor.

Sonra bir süre normal olarak akar ve biraz sonra yavaşça, zamanla, su yayılacak ve gene kıvılcım oluşacaktır.

Birakalım su aksın; burada ışığımız da var; Marcus ve Bill bunun çalışması için çok zaman harcadılar – Marcus, ışıklar sizin istediğiniz gibi mi?

Bu iyi mi?.

Orada iki bilye görüyorsunuz, işte buradalar; önce kıvılcımlara bakalım. Şimdi suyu akıtmaya başlayacağım.

Biraz sabırlı olun.

Bakalım, ne zaman bir kıvılcım göreceğiz.

Devam –ah! Bir tane gördünüz mü? Kıvılcımı gördünüz mü?

Oh, bakmıyorsunuz. Dostum, bunun için para ödüyorsunuz.

Oh, iki bilyeye bakın.

Yine biraz bekleyin.

Yüklenmek zorunda.

Oh, ben zaten tahmin edebilirim; geliyor, geliyor, işte !

Onu gördünüz mü?

10, 15000 volt.

Ona biraz daha zaman tanıyalım ve sonra suyun akışına göz atalım; görebiliyorum, yakınım, fakat size suyun akışını gösterebilirim.

Yine bakın.

Ah, geliyor – ah! Gördünüz mü? Onun geldiğini görebildim.

Mikrofonumu suyun yakınına getirerek size dinletebilirim ve bu suyun akışının sesini duyabilirsiniz; hepimizin tanıdığı bir ses.

Ve şimdi ses değişir; değişen sesi duyuyor musunuz?

Ve işte kıvılcım! bir tane daha.

Su akıyor, yayılıyor, kıvılcım atlıyor! Oh! Şaşırtıcı değil mi?

Sizin bu suyu görmenizi sağlayacağım.

Tam orada kalın, bir buçuk dakikamız var.

Şimdi suyu görebilirsiniz.

Marcus ışıktan memnun musun?

Onu artırabilirsin.

Suya bakın.

Ah! O tam yayılıyordu; kıvılcımı ve suyu aynı zamanda göremezsiniz.

Bakın şimdi su normal mi akıyor?

O yavaşça yayılacak – burada kıvılcımı gördüğüm zaman size söyleyeceğim; kıvılcımın çıktığı zamanı zaten – neredeyse tahmin edebilirim.

Şimdi su yayılıyor, kısa sürede kıvılcım gelecek – ah! Kıvılcımı gördüm.

Ve derhal suyun böyle gittiğini görürsünüz.

Sizden bunu düşünmenizi ve açıklamanızı istiyorum.

Bu benim hayatımda gördüğüm en dikkat çekici şeylerden biridir.