



MIT OpenCourseWare
<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 Kurs Materyali).
<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 12 Kuşbakışı Sınav 1 (Çok Gizli !)

Burada, benim anlattığım şekilde, konuları görüyorsunuz. Sınavda üç problem olacak ve kuşkusuz ki sınavda tüm konular ele alınmayacak..

Onların hepsini 50 dakikaya zaten sığdıramam.

Bazı çok temel fikirleri sınavayacağım; matematik tamamen önemsiz olacak; eğer matematik karmaşık hale gelirse, bilin ki yanlış yoldasınız.

Bir problemde takılırsanız, benim tavsiyem; onunla oyalanmayıp, devam edip önce diğerlerini deneyin.

Gauss Yasasının orada kırmızı olmasının bir nedeni var. Çünkü Gauss Yasası, kuşkusuz, dersin ilk bölümlerinde son derece önemlidir: E nokta dA'nın kapalı yüzey integrali, yüzey içindeki toplam yük bölü epsilon sıfırdır.

Ve bu öylesine önemlidir ki, sınavda Gauss Yasası ile ilgili bir problemin yer alacağından emin olabilirsiniz.

Şimdi, Gauss Yasası ile ilgili problemler söz konusu olduğunda, şu üçünden biri de daima vardır.

Bir simetriye sahip olmalısınız ve özel bir yük dağılımına sahip olmalısınız. Yoksa, Gauss Yasası size hiçbir şey vermez.

Böylece, simetri olarak: küresel simetrimiz var, silindirik simetrimiz var ve düzlem simetrimiz var. Olanların hepsi bu...

Böylece bu üçünden biri olacak.

Şimdi, onlardan birini alacağım; haydi, birini seçin

Birini oylayacağız.

Biri olacak; ya küresel simetriyi veya silindirik simetriyi ya da düzlem simetrisini alacağım.

Küresel simetriyi kimler istiyor?

Eller.

Silindirik simetriyi kimler istiyor?

Daha çok el var.

Düzlemi kimler istiyor?

Sanırım, silindir diyenler kazandı.

Fakat aklınız varsa, bir sonraki derse kalırsınız ve o zaman diğerini seçmeyi deneyebilirsiniz.

Bugün biraz eğlenmeye ihtiyacımız var.

Ve bu yüzden, ilk önce size çok özel bir şey, hiç unutmadığım bir şey sunmak istiyorum. Gizemli bir topaç; orada göreceksiniz. Onu döndüreceğim ve eğer Mekaniğe inanıyorsanız, ki şimdiye kadar inanmış olmalısınız, onun çok uzun süre dönmeyeceğini, duracağını tahmin edebilirsiniz. Havayla bir sürtünme var ve yüzeyle bir sürtünme var; böylece büyük olasılıkla o biraz sonra devrilecektir.

Daha sonra ona yeniden bakacağız.

Şimdi ilk problemimize başlayalım: bu bir silindirik simetri.

R yarıçaplı çok uzun bir silindirimiz olsun ve tüm silindir boyunca düzgün bir yük dağılımına sahip olalım; yoğunluk ρ ; birimi, Coulomb bölü metre küp.

Silindir boyunca düzgün dağılmıştır.

Silindirin içinde ve dışında elektrik alanının ne olduğunu bilmek istiyorum.

Önce silindirin dışındaki alanı bulalım.

Gauss yüzeyinin kendisinin de bir silindir olacağı açıktır. İşte böyle. Ona, cevaba hiçbir etkisi olmayan herhangi bir rastgele uzunluk l verebilirsiniz. Uçları düz olup simetri eksenine diktir; bu ön kısım düz ve bu eğriseldir.

Bunun yarıçapına küçük r diyorum ve böylece, bu silindirin dış yüzeyi üzerinde her yerde elektrik alanının aynı olması gerektiğini biliyorum; çünkü mesafe aynı. Bu simetri argümanıdır.

Eğer bu yüzeydeysem, elektrik alanı burada, orada olduğundan daha güçlü olamaz.

Bu, bir numaralı simetri argümanı.

İki numaralı simetri argümanı ise şudur: bunun bir silindir olduğu verildiğine göre, elektrik alanı her yerde bu eksene dik olmalıdır, dışarı doğru... Ben ona “radyal” diyeceğim; ancak bir küredeki gibi radyal değil kuşkusuz. O, bu yüzeyden radyal olarak dışarı çıkar; simetri eksenine daima diktir.

Doğa başka şekilde karar veremez. Bu ikinci simetri argümanıdır.

Bu argümana göre, bu düz yüzeyden ve şu düz yüzeyden geçen elektrik akısı sıfır olmalıdır.

Çünkü, elektrik alan vektörü ile yüzeye dik olan yerel dA vektörü arasında 90 derecelik bir açı vardır. Çünkü E burada bunun gibi olacaktır; dA ise simetri eksenini yönündedir.

Bu nedenle, buradan ve buradan hiç akı çıkmaz.

Sadece bu eğrisel yüzeyden çıkar.

Eğer yük pozitif ise, bu eğrisel yüzey üzerinde E vektörü ve dA vektörü aynı yöndedirler. Yük negatif ise, onlar zıt yönlerdedir.

Daha sonra ρ 'nun işaretini değiştirebilirsiniz, şimdilik onu pozitif yapalım.

Böylece şimdi, Gauss Yasasını uygularsam, sadece bu yüzeyi hesaba katarım; uçtaki bu iki parçayı değil.

Evet, şimdi yüzeyin ne olduğunu bilmem gerekiyor... E ve dA her noktada daima aynı yönde olduklarından, aradaki açının kosinüsü artı birdir.

Peki, yüzey alanı nedir?

Yüzey alanı, ℓ çarpı 2π küçük r 'dir. Elektrik vektörü her yerde aynı; bu bizim simetri argümanımızdı; öyleyse bu, şimdi silindirin içindeki yük bölü epsilon sıfıra eşittir.

Fakat kuşkusuz, Gauss silindirinin içindeki yük, içteki silindirin bu ℓ uzunluğu kısmındaki yüküdür.

Burada kesit πR^2 karedir. Böylece bu, Gauss yüzeyinin içinde sahip olduğum yükün hacmidir. ρ ile çarpmalıyım ki bana yükü versin ve epsilon sıfıra bölmeliyim.

Her zaman olduğu gibi, kuşkusuz burada ℓ yok olur ; π de yok olur. Böylece, elektrik alanını, R^2 çarpı ρ bölü $2\epsilon_0 r$ 'ye eşit buluruz. Bunu vektörel olarak görmek istiyorsanız, oraya bir r birim vektörü koyabilirsiniz; r birim vektörü eksene dik bir vektördür. Daha önce dediğim gibi, buna, “dışa doğru radyal” deriz.

Böylece bu, silindirin dışındaki elektrik alanıdır.

$R^2 \rho$ bölü $2\epsilon_0 r$.

Böylece, alan, 1 bölü r ile azalır.

Şimdi de, silindirin içindeki alanın ne olduğunu bilmek istiyorum.

Bu kez $r \leq R$ 'dir.

Şimdi ne yapacağım açık: Gene ℓ uzunluğunda, silindir şeklinde ve uçlarında iki düz parçaya sahip olan bir Gauss yüzeyi alacağım. Şu iki parçadan hiç akı geçmez. Gauss Yasasındaki ilk terimim aynı olacak: ℓ çarpı 2π küçük r 'ye sahibim. Bu iç dairenin yarıçapı r olduğundan, akı, ℓ çarpı $2\pi r$ çarpı elektrik alanıdır. Tartışmalar birbirine benzer. Fakat şimdi Gauss yüzeyim içerisinde daha az yük vardır.

ℓ çarpı π çarpı küçük r^2 hacimdir. Bunu yüke dönüştürmek için ρ ile çarpırım ve epsilon sıfıra bölerim.

Her zaman yaptığım gibi, ℓ 'yi yok ederim, π gider ve böylece E eşittir, şurada bir r var, burada bir r^2 var ve böylece sadece bir r bölü 2 epsilon sıfır elde ederim. Ve eğer vektör gösterimini istiyorsanız, bunu daima yapabilirsiniz.

Ve şüphesiz ki, ρ negatif olsaydı, buraya bir negatif yük yoğunluğu koyunca, otomatik olarak E alanının ters döneceğini görürdünüz. Böylece bu, hem burada hem de orada otomatik olarak hesaba katılmış olur.

Şimdi buna bir göz atalım; bundan çok memnunum.

Eğer küçük r 'yi büyük R 'ye eşit alırsanız, silindirin tam yüzeyinde olursunuz ki, her iki durum için de aynı cevabı bulursunuz.

Burada küçük r yerine büyük R yazarsak, E 'nin büyüklüğü, yönü için endişelenmeyin, ρ çarpı büyük R bölü 2 epsilon sıfır buluruz ve şimdi de burada küçük r yerine, büyük R koyarsanız, tamamıyla aynı cevabı bulursunuz.

Böylece r uzaklığının fonksiyonu olarak elektrik alanı çizebiliriz; burası büyük R ve burası elektrik alanının şiddeti olsun.

Bu kısım, doğrusal bir çizgidir: burası sıfır, belirli bir maksimuma kadar çıkar ve sonra 1 bölü r ile azalır.

Bu değer, burada bu değerdir. Orada küçük r , büyük R 'dir.

Eksenin kendisi üzerinde küçük r sıfırdır ve orada elektrik alanının sıfır olacağı açıktır. Güzel; bu, sizin neredeyse hiçbir şey bilmeden tahmin edebildiğiniz bir sonuç. Çünkü onun etrafında her yerde simetri var. Solda yük var; sağda yük var, güneyde ve kuzeyde yük var; tam merkezde tüm yük çiftlerinin elektrik alanları, kuşkusuz birbirlerini yok eder ve bu yüzden tam merkezde elektrik alanı elde etmezsiniz.

Eğer yük, bazı nedenlerden dolayı, tamamen dış yüzey üzerinde olursa, katı bir iletken olduğu gibi, o zaman içeride her yerde elektrik alanı sıfır olur. Dış yüzeyde birim uzunluk başına şimdi içeride sahip olduğunuz yük ile aynı miktarda yüke sahip olduğunuzu varsayarsanız, dışarıdaki elektrik alanı ise değişmez.

İşte bu, silindirik simetridir.

Topacıma göz atmak için sabırsızlanıyorum.

Ben gerçekten şoktayım; bu topacın hala döndüğünü görüyorum.

Böylece belki de Mekanik'te yanlış bir şeyler olduğu sonucuna varmak zorundayım.

Mekanik'ten daha derin bir düzen olmalı; sürtünme var, ama gene de, bu topaç durmadı.

Bu daha derin düzen, belki de Elektromanyetizma'dır.

Bunu biraz düşünün; uykusuz gecelerinizi arttırabilir.

Daha sonra topaca geri geleceğiz; çünkü belki duracak.

Tamam. Çok iyi.

Şimdi çok farklı bir şey yapalım.

Düzlem plakalı kapasitör için iki tane düz iletken plakam var, belirli kalınlıkta; madde, iletken bir maddedir; belirli bir kalınlığa sahiptir ve çok büyük boyutludur.

Plakaların doğrusal boyutu, plakaların aralığından çok çok büyüktür.

Bu aralık küçük d olsun ve yukarıdaki plakayı pozitif bir yükü yüklerim, böylece burada artı sigma yüzeysel yük yoğunluğu ve burada eksi sigma elde ederim; her iki plakanın alanı A 'dır.

İletkenin içerisinde akım olmadığını biliyorum ve bu yüzden iletkenin kendisinde elektrik alanı sıfır olmalıdır.

Bu iki plaka arasında bir elektrik alanı var; onu Gauss Yasası'ndan türetebilirim. Fakat biz zaten Gauss Yasası için yeterince zaman harcadık. Alan, sigma bölü epsilon sıfır'dır.

Bu iki plakanın dışındaki elektrik alanı burada sıfıra çok yakındır ve burada da sıfıra çok yakındır.

Bunu üst-üste gelme ilkesinden bulabiliriz, çünkü negatif yüklü bu plaka elektrik alanına aşağı yönde katkıda bulunacaktır ve belki hatırlarsınız; bu, mesafeden bağımsızdır.

Plakalardan, işe plakaların boyutu karışacak kadar uzak olmamanız koşuluyla tabii..

Eğer plaka 10'a 10 metre ise, sözgelimi birkaç metre ötede olduğunuz sürece mesele yoktur.

Fakat siz 100 metre uzaklaşırsınız, o zaman artık bu doğru değildir.

Böylece çok uzaklaşmadığınızı varsayarsak, bu plakanın elektrik alanı aşağı yönelmiş, bunun alanı yukarı yönelmiştir ve onlar eşit şiddetlidir; mesafeden bağımsızdırlar, böylece onlar burada birbirlerini yok ederler, orada da birbirlerini yok ederler, bu üst-üste gelme (superpozisyon) ilkesidir.

İletkenin içindeki bu nokta P olsun, bu nokta da S . Size soracağım ilk şey, V_P eksi V_S 'nin ne olduğudur.

Eğer bunu bir kapasitör olarak isimlendirirseniz, V_P eksi V_S , bu kapasitör üzerindeki

potansiyel farkıdır.

Bu P' den S'ye kadar, E nokta $d\ell$ 'nin integralidir.

Asla anlamadığım nedenlerden dolayı, kitabınız bunların yerini değiştirecek ve buraya şüphesiz ki tamamen aynı şey olan eksi işaretini koyacak.

Artık potansiyel farkı hesaplayabiliriz.

Buradayım ve aşağıya yürüyeceğim, aşağıya düz bir çizgide gittiğimi, böylece $d\ell$ nin E ile aynı yönde olduğunu varsayın. O zaman bunun basitçe E çarpı bu d uzaklığı olduğu hemen ortaya çıkar; çünkü E ve $d\ell$ aynı yöndedirler.

Böylece onların arasındaki açının kosinüsü artı birdir.

Sonuçta bunun E, yani sigma bölü epsilon sıfır, çarpı şu d uzaklığı olduğunu bulurum.

Başka bir yol seçmiş olsaydım, aynı cevabı bulurdum; çünkü burada korunumlu alanlarla ilgileniyoruz, böylece izlenen yolun önemi yoktur.

Bu plakadan bu plakaya gittiğiniz müddetçe, entegral daima E çarpı d'dir.

P noktası ve buradaki T noktası arasındaki potansiyel fark nedir?

V_P eksi V_T , onun sıfır olduğu açıktır, çünkü burada elektrik alanı yoktur, orada hiçbir yerde elektrik alanı yoktur, böylece açıkça entegral sıfırdır.

Bu plakanın kapasitansı nedir?

Kapasitans, bir plaka üzerindeki yükün benim şimdi V harfini kullandığım potansiyel farka bölümüdür. Bu, V_P eksi V_S anlamına gelir.

Peki, plakalardan biri üzerindeki yük nedir?

Hangisini aldığının bir önemi yoktur; bu, sigma çarpı A'dır.

Bu sigmanın tanımıdır, değil mi? O birim alan başına yüküdür.

Böylece bu plakadaki yüküdür; biraz önce hesapladığımız potansiyel fark ise, sigma çarpı d bölü epsilon sıfırdır; böylece epsilon sıfır paya gelir ve kapasitansı, A çarpı epsilon sıfır bölü d olarak buluruz.

Sigmadan bağımsız olduğuna dikkat edin.

Kapasitans geometridir; kapasitör üzerindeki yük miktarıyla ilgisi yoktur.

Size elektrostatik potansiyel enerjinin ne olduğunu sorabilirim.

Elektrostatik potansiyel enerji, pozitif yükleri burada ve negatif yükleri orada toplamak için yapmak zorunda olacağımız iştir.

Ona, bu elektriksel alanı yaratmak için aldığı enerji olarak da bakabilirsiniz.

Aynı soru.

Böylece yükleri toplamak için yapılması gereken iş, plaka üzerindeki yük çarpı potansiyel fark çarpı bir bölü iki –veya aynı şey demek olan -- bir bölü iki CV karedir.

Öyleyse, $1/2 QV$ nedir?

Önce şunu ele alalım: bir bölü iki var; Q , sigma çarpı A 'dır; potansiyel fark V olarak burada sigma d bölü epsilon sıfır var. Böylece bulacağımız cevap budur ve diğerinden bulacağımız cevap şüphesiz ki aynı olmalıdır.

Şunu kontrol edelim.

Bu C , A epsilon sıfır bölü d 'dir ve onu da potansiyel farkın karesiyle çarpmalıyım. Böylece bir sigma kare elde ederim, bir d kare ve bir epsilon sıfır kare daha. Bu ikisi tam aynı olur.

Burada sigma kare var; burada d kare bölü d 'ye sahibim, ki tek bir d kalır. Burada epsilon 0 kare var ve burada bir epsilon, böylece sadece bir bölü epsilon sıfır kalır; onlar gerçekten aynıdır.

Şimdi size yükün nerelere yerleştiğini sorabilirim.

Önce yukarıdaki plakaya gidelim, yük üst plaka üzerinde nereye yerleşmiştir?

Bazılarınız belki de yükün plaka içerisinde buralarda bir yerde olabileceğini söyleyebilir. Bu olamaz.

Bu yükün etrafına bir Gauss yüzeyi çizerim.

O zaman Gauss Yasası bana E nokta dA 'nın kapalı yüzey integralinin sıfır olmadığını söyleyecek; çünkü içeride yük vardır ve içeride yük varsa kapalı yüzey integrali sıfır olamaz. Fakat biliyoruz ki bir iletken içerisinde her yerde elektrik alanı sıfır olmalıdır, iletken içinde sıfır, her yerde sıfır olmalıdır. Böylece kapalı yüzey integrali sıfır olmalıdır. Böylece orada hiç yük olamaz.

Basit bir argüman.

Belki de bazılarınız yükün bir kısmının burada, üst yüzeyde, olduğunu söyleyebilir.

Bu düzende ona da izin verilmez.

Gauss yüzeyi olarak şu küçük silindirik kutuyu alırım; bunlar düz uçlardır.

Elektrik alanı burada sıfırdır, orada sıfırdır. Böylece kapalı yüzey integrali sıfır olmalıdır. Çünkü elektrik alanı her yerde sıfırdır, fakat silindirik kutunun içinde yük vardır ve böylece Gauss Yasası onun sıfır olamayacağını söyler.

Entegral sıfır olduğu için, içeride hiç yük yoktur.

Öyleyse tek bir çözüm vardır; doğa bütün pozitif yükleri tam buraya, bu levhanın altına koyar ve negatif yükü tam şuraya şu levhanın üstüne koyar.

Bu durumda tek çözüm budur. Yük başka hiçbir yerde olamaz.

İnanamıyorum ! Şu şey hala dönüyor. Şuna bakmanızı istiyorum.

Topacın hala mutlu bir şekilde döndüğünü görüyorsunuz; böylece bu, ya bir şekilde enerji korunumunun bozulmasıdır, ya da bir kara büyüdür. Belki de onun arkasında basit bir fizik vardır.

Ve bu basit Fizik ne olursa olsun, onun hakkında düşünmeye başlamanızı istiyorum.

Pekâlâ. Bir sonraki konuya geçiyorum.

Gene iki plakaya dönüyorum; çünkü dielektrikleri konuşmaya başlamak istiyorum ve kapasitans fikrini biraz daha kurcalayacağım.

Burada bir paralel plakalı kapasitör var.

Ve buraya pozitif yükü, artı sigmayı koyuyorum; şimdi onu σ_{serbest} diye adlandırıyorum, henüz hiç dielektrik yok; fakat daha sonra olacak ve bu yüzden onu σ_{serbest} diye adlandırdım ve bu da eksi σ_{serbest} 'tir; plakaların aralığı d ve yüzey alan A 'dır.

Başlangıçta, bu biraz sıkıcı olacak. Biliyoruz ki burada elektrik alanı bu yönde ve bu elektrik alanı σ_{serbest} bölü epsilon sıfırdır.

Serbest sigmaya aittir.

Bir güç kaynağı kullanarak onu yüklüyorum ve şimdi güç kaynağını çıkarıyorum; bu önemli.

Plakaları güç kaynağından ayırıyorum. Yani güç kaynağının bağlantısını kesiyorum.

Bu önemlidir. Bu, “ne kadar yük tutulmuşsa, o artık asla değişmez” anlamına gelir.

Yapacağımız şey önemli değil. Ne yaparsak yapalım, fark etmez..

Güç kaynağı çıkarıldı; bu σ_{serbest} burada tuzaklandı.

Şimdi birçok şey yapacağım.

Plakalar arasındaki mesafeyi değiştireceğim ve sonra bağımsız olarak, dielektrik yerleştireceğim; biz bunları ayrı ayrı yapacağız, her birini ayrı bir zamanda.

Şimdi güvenebileceğim ve kullanacağım denklemler şunlar olacak:

Sahip olduğum serbest yük, Q_{serbest} , açıkça σ_{serbest} çarpı alandır.

Ve bu yüzeysel yük yoğunluğunun tanımıdır. Böylece ona güvenebilirim.

Plakalar arasındaki elektrik alan, σ_{serbest} bölü epsilon sıfırdır ve şimdi, bir dielektriğim varsa, oraya bir kappayı koyarım.

Plakalar arasındaki potansiyel fark, $E d$ 'dir.

Buradaki E 'yi biliyorsam, bu E 'yi, o her zaman $E d$ 'dir.

Önceki problemimizde bu E 'yi bulmuştuk.

Kapasitansın kendisi, C , bir plaka üzerindeki serbest yük bölü plakalar arasındaki potansiyel farktır. ve benim potansiyel farkım, o, bu V 'dir ve elektrostatik potansiyel enerji eşittir bir bölü iki Q_{serbest} çarpı V ; fakat o da bir bölü iki $C V^2$ 'dir.

Aşağıda yapacaklarım için bunları aklınızda tutun.

Onlara bir daha göz atalım: birincisi doğru, ikincisi doğru, üçüncüsü doğru, şu doğru, şu da tamam.

Ya da isterseniz, kapasitans için A çarpı epsilon sıfır bölü d çarpı kappayı yazabilirsiniz.

Güç kaynağı kesilince yapacağım ilk iş, plakalar arasındaki d mesafesini artırmak olacak.

Aradaki mesafeyi artıracam; mesafeyi iki katına çıkaracağım.

Böylece d , 2 kat artar. Fakat kappayı 1 kalır. Henüz hava.

Henüz dielektrik yok.

Elektrik alanı ne oldu? E .

E değişmez; çünkü σ_{serbest} değişmez; kappayı birdir... kappayı yoktur...Eğer bu değişmezse, bu değişmez.

Böylece plakaları ayırdığım için elektrik alanında değişiklik olmaz.

Bu ayrılmayı sezemeyebileceğiniz için, elektrik alanı sabit kalır.

Peki, plakalar arasındaki potansiyel fark ne olur?

Şimdi şu 2 çarpanı ile artmalıdır, çünkü d'yi 2 katına çıkarıyorum ve eğer E'ye hiçbir şey olmuyorsa, o zaman V, 2 katına çıkmalıdır.

Böylece V, 2 çarpanı kadar artmalıdır.

Derslerimden biri esnasında burada bir gösteri yapmıştım. Orada d'yi 1 milimetreden 10 milimetreye çıkarmıştım, potansiyel fark 1000 volttan 10.000 volta değişmişti. Burada idiyerseniz, gözlerinizle onu görmüşsünüzdür.

Böylece gerçekten güç kaynağının bağlantısını kesip plakaları ayırdığınızda, potansiyel fark artar.

Kapasitansa ne olur?

Kapasitans, Q_{serbest} bölü V'dir.

Burada bir d eksik !!!

Bu, değişmez. Bu, 2 çarpanı kadar artar, böylece C, 2 çarpanı kadar azalmalıdır.

Elektrostatik potansiyel enerjiye ne olur?

O, bir bölü iki Q_{serbest} çarpı V'dir. Q_{serbest} değişmez. V, 2 kat arttı. Böylece U, 2 katına çıkmalıdır.

Bu plakaları ayırdığım ve potansiyel farkını arttırdığım zaman, size iş yaptığımı söylediğimi hatırlayın. U artıyor.

Eğer plakaları ayırırsam, şu işi yapmak zorundayım.

Tamam. Böylece bu ilk kısımdır: orada d'yi değiştirdik.

Şimdi d'ye geri gidiyorum, onu olduğu gibi bırakıyorum ve şimdi kappayı değiştirmek istiyorum.

İçeriye bir dielektrik koyacağım.

Ara bölgede çalışacağım. Değiştirmeliyim... artık onu göremiyorum.

Şimdi, d önceden olduğu gibidir; fakat kappa şimdi 3 olur.

Böylece dielektriği alırım ve onu içeri sokarım ve σ_{serbest} sabittir; peki E'ye ne olur?

Evet, σ_{serbest} sabittir.

Eğer kappa aniden 3 olursa, E alanı azalır. Bu şaşkıncı mı?

Hayır, şaşkıncı değil; çünkü dielektrikte hareket ettiğiniz için, yüzey yük yoğunluğu değişmeyecektir. Fakat şimdi dielektriğiniz üzerinde, dış elektrik alanının sonucu

olarak, burada negatif yük ve burada pozitif yük indüklüyorsunuz ve böylece o, bu yönde bir elektrik alan indükler ve bunun sonucu olarak net elektrik alanı azalır.

Ve burada gördüğünüz o ki, alan, bu durumda 3 çarpanıyla azalır.

Plakalar üzerindeki potansiyel fark ne olur?

Hatırlıyor musunuz? d değişmiyordu. Şimdi d 'yi sabit tuttuk.

Eğer E , 3 kat kadar azalır; V de, 3 kat azalmalıdır.

C kapasitansına ne olur? Kapasitans serbest yük bölü potansiyel farkıdır.

Serbest yük değişmiyor, o tuzaklanmıştır.

Potansiyel fark 3 kat azalır, kapasitans 3 kat artar.

Elektrostatik potansiyel enerjiye ne olur?

Elektrostatik potansiyel enerji bir bölü iki QV 'dir.

Fakat Q_{serbest} değişemez. V , 3 kat azaldı.

Böylece U , 3 çarpanıyla azalmalıdır.

Dielektriği içeri sokarken elektrostatik potansiyel enerji azalıyor; bu negatif iş yapıyorum demektir.

Eğer onu içeri itmek zorunda kalsaydım, U artardı.

Bir bakıma, dielektriği içeri koyarken, o içeriye doğru çekilir.

Onu içeriye çeken bir kuvvet vardır. Başlı başına ilginç.

Sizden evde, BİR FARK DIŞINDA, kelimesi kelimesine tamamen aynı olan bu sorunun üzerinden geçmenizi istiyorum.

Ve BU FARK, güç kaynağını bağlı tutmanızdır.

Şimdi cevaplarınız çok farklı olacaktır.

Bir şey var: Eğer güç kaynağı bağlıysa ve d 'yi değiştirirseniz – yani, güç kaynağı bağlı durumda ve d 'yi 2 katına çıkarıyorsunuz -- güç kaynağı bağlı; şimdi değişmeyen tek bir şey var, o da V 'dir.

Potansiyel fark değişmez, çünkü güç kaynağı bağlıdır.

Böylece, V değişmezse ve d 'yi iki katına çıkarırsanız; E , 2 çarpanıyla azalmalıdır.

Ve bu, E 'nin sabit kaldığı daha önceki durumdan çok farklı olacaktır.

Böylece o çok, çok farklı bir fiziktir.

Fizik aynı; ancak sonuçlar çok farklıdır.

Ve bunu yapmanızı istiyorum; şimdi bütün aletlere sahipsiniz; şu denklemlere inanabilirsiniz ve onlar sizin için çalışmalılar.

Pekâlâ, Ohm Yasasını geçelim ve Kirchhoff'a bakabiliriz. Size uygun olan ve bana da uygun olan bu ortadaki tahtada kalmayı tercih ediyorum.

Çok basit bir devre... Bunu aklınızda tutun, bir sınavda bütün problemler son derece basit ve çok temeldir.

Karmaşık olan birşey yok. Bunun için zamanınız yok.

Burada bir problem veriyorum, içinde gerçekten sayılar var; sınavda ise bu sayılar olmayacak; hatta, dirençler, ohm'lar ve bunun gibi şeyler anlamında sayılar, çünkü hesap makineniz yanınızda olmayacak.

Fakat burada bazı sayılar göreceksiniz, bu bir pildir ve bu pil 10 voltluk bir EMK'ye sahiptir.

Bu veriliyor. Artı, eksi.

Ve burada akım üçe bölünecek.

1 ohm'luk R_1 direnci; R_2 , 2 ohm; biraz aşağı koyduğumuz 3 ohm'luk bir R_3 direncimiz var, onlar burada birleşiyorlar.

Ve burada 4 ohm'luk bir R_4 direncimiz var ve halkayı kapatıyor ve pilime geri dönüyorum.

Onu biraz daha ilginç yapmak istersek, bu pilin içine çok küçük 0,1 ohm'luk bir iç direnç sokacağım. Onu çıkaramazsınız, o pile özgüdür.

Ve bu durumda size soracağım ilk soru şudur; devreden geçen toplam akım nedir?

Burada bir I akımı elde edeceğiz.

Buradan I_1 , buradan I_2 , buradan I_3 'ü elde edersiniz; buradan I çıkar, buradan I gider, dördüncüden geçer ve pile geri gelir.

Böylece I nedir?

Bunun gibi bir problemde başarıya ulaşmak için pek çok yol vardır.

Sadece bir tane değil. Hangisini tercih edeceğiniz size kalmıştır.

Bu noktaya A dersem, bu noktaya D dersem; sonra ne yapardım, kendime şu soruyu sorardım; bu nokta A ise, bu nokta D ise, kitabınızın eş değer direnç dediği buraya, I akımının tamamen aynı olacağı, bu üçünün yerine koymam gereken direnç nedir?

Böylece bu üçünü bu temsili dirençle yer değiştireceğim.

Kitabınızda dikkat ettiğiniz gibi, şüphesiz ki orada okumuşsunuzdur; 1 bölü $R_{eşdeğer}$ eşittir 1 bölü R_1 artı 1 bölü R_2 artı 1 bölü R_3 .

Bütün bu sayıları biliyorsunuz ve böylece $R_{eşdeğer}$, 0.55 ohm olarak çıkacak.

Bunu evde kontrol edin, umarım burada hata yapmamışımdır.

Bu direncin, eşdeğer direncin, 1 ohm olan en küçük dirençten bile daha küçük olduğuna dikkat edin.

Bu açıktır. Böyle olmak zorunda.

Bunları suyun akışı gibi düşünün. Su bundan, bundan ve bundan akar.

Bu ikisini çıkarın. Su sadece bundan akıyor. Şimdi bu iki boruyu eklersiniz böylece daha çok su akabilir, böylece eşdeğer direnç azalır.

Elektrik ile aynıdır.

Böylece paralel dirençlerin eşdeğer direnci her zaman en küçükten daha küçüktür.

Şimdi I akımını hesaplamak zor değildir. Ohm Yasasını kullanırım.

Ohm Yasasına göre, batarya tarafından sağlanan potansiyel fark, \mathcal{E} , ki bu 10 voltur, toplam akımın yol boyundaki tüm dirençler ile çarpımıdır.

Devreyi bir kez dönerim; burada $R_{eşdeğer}$ var; sonra R_4 var, çünkü bütün akım R_4 'den geçer ve bir de bu küçük önemsiz r_i var.

Çok fark yaratmayacak, fakat o burada.

Artık I'nın ne olduğunu bulabilirsiniz; çünkü diğer bütün sayıları biliyorsunuz, I'nın kaç olduğunu bulacaksınız, I benim hedefimdi ve sanırım 2.15 amper buldum, bu doğru. 2.15 amper.

Böylece I'nın kaç olduğunu biliyoruz.

Tek yol bu mu? Hayır.

Ama bu bir çözüm yoludur, çok etkili bir yoldur.

Şimdi I_1 , I_2 ve I_3 'ün ne olduğunu bilmek istiyorum.

Peki, eğer A ve D arasındaki potansiyel farkını biliyorsam, Ohm Yasasına göre V_A eksi V_D , $I_1 R_1$ olmalıdır.

Bu yolu izlersem...

Ancak korunumlu kuvvetlerle ilgilendiğimiz için, bu yol boyunca da gidebilirim, yolun önemi yoktur, aynı potansiyel farkını elde etmem gerekir.

Böylece o da, I_2 çarpı R_2 'dir ve böylece o da, I_3 çarpı R_3 olmalıdır.

Böylece eğer sadece I_2 'yi bulabilirsem, o zaman şüphesiz ki hemen potansiyel farkını, buradan da hemen I_1 ve I_3 'ü bulabilirim.

Ve şimdi I_2 'yi bulmak için Kirchhoff'un birinci kuralını uygulayacağım.

I_1 'i bulabilirdim, ama şu an I_2 'yi bulmaya niyetliyim.

Kirchhoff'un ilk kuralı, E nokta $d\ell$ 'nin kapalı halka integralinin, ki bu kapalı bir halka, sıfır olduğunu söyler.

İleride onun sıfır olmadığı durumları da göreceksiniz. Burada sıfırdır.

Kirchhoff'un neden bundan ötürü saygınlık kazandığını bilmiyorum; bu ondan çok önce biliniyordu, fakat yine de Kirchhoff'un ilk kuralı diye adlandırılıyor.

Kapalı bir yol izleyeceğim ve izlemeye karar verdiğim kapalı yol, bu.

Bu kapalı halka integrali E nokta $d\ell$, sıfır olmalıdır.

Bir diğer yol da sıfır olabilirdi.

R_2 'den geleni seçtim, çünkü amacım I_2 'yi bulmaktır.

Bir kere I_2 'ye bulursam; bundan hemen I_1 ve I_3 'ü bulabilirim.

Keyfi olarak, potansiyelin azalan yönünde gitmeye karar verdim. Böyle yaparsam, bir negatif işaret koyacağım ve azalan potansiyel yönünde gidersem şuna pozitif işaret vereceğim.

Bunu ters çevirebilirsiniz.

Fark etmez, çünkü nasılsa onların toplamı sıfır olacak.

Böylece şimdilik uzlaşma uyacağım: azalan potansiyele doğru gidersem negatif işaret vereceğim; artan potansiyele doğru gidersem, pozitif işaret.

Önce A'dan D'ye R_2 boyunca giderim.

Akım I_2 'dir.

Direnç R_2 'dir.

Ve azalan potansiyel yönünde gidiyorum.

Böylece ilk terimim olarak eksi I_2 çarpı R_2 elde ederim.

Şimdi D'deyim. A'dan başladım, şimdi D'deyim.

2'den geçtim.

Buradan çıktım ve 4'ten, R_4 'ten geçiyorum.

Azalan potansiyelde gidiyorum. R_4 'den geçen akım I 'dir.

Böylece eksi IR_4 elde ederim.

Yukarı çıkarım ve önümde bu bataryayı görürüm; potansiyelde yukarı tırmanmak zorundayım. Ne kadar tırmanmak zorundayım?

Bataryanın bu EMK'sı kadar.

Fakat şu ufacık oyuncağın küçük r_i direnci beni birazcık aşağı götürür ve böylece başka bir eksi I çarpı r_i elde ederim ve şimdi şu sıfırdır.

Bu bir bilinmeyenli bir denklemdir; bilinmeyen I_2 'dir, çünkü biz zaten I 'yı biliyoruz.

I , 2.15 amperdir.

Böylece I_2 'nin 0.6 amper olduğunu bulacaksınız.

Ve artık I_2R_2 'ye eşit olan V_A eksi V_D potansiyel farkının 1.2 volt olacağını biliyorsunuz.

Çünkü I_2 , 0.6 amperdir, fakat R_2 , burada bir 2 var, 2 ohm'dur.

Böylece o, 1.2 volttur.

Ve $I_1 R_1$ de 1.2 volttur, ve bu, ayrıca I_3R_3 'e de eşittir. Böylece I_1 ve I_3 'ü elde edersiniz.

Bu bataryanın verdiği güç ne kadardır? Bu güç, EMK çarpı toplam I akımıdır.

EMK'nın 10 volt olduğunu biliyoruz. Toplam akım ise 2.15 amper.

Böylece bu 21.5 watt'tır.

Bu enerji nasıl ortaya çıkar? Tabii ki o, ısı şeklinde ortaya çıkar.

R_4 'deki ısı, R_1 , R_2 ve R_3 'teki ısı ve şu 0.1 ohmluk iç dirençten ötürü bataryanın içindeki ufacık ısı.

R_2 direncinde harcanan güç ne kadar?

Elbette ki bu, R_2 üzerindeki V_A eksi V_D potansiyel farkının R_2 'den geçen akım ile çarpımıdır.

Bu güçtür; güç, potansiyel fark çarpı akımdır. Bu, bataryanın verdiği toplam güçtür.

Bu, mevcut toplam potansiyel fark çarpı toplam akımdır.

Kuşkusuz, sadece R_2 1.2 voltluk potansiyel farkı görür; oradan sadece 0.6 amperlik I_2 geçer; böylece bu sadece 0.72 watttır.

Böylece bu, R_2 'de üretilen ısı cinsinden saniyedeki joule miktarıdır.

Topacın hala döndüğünü söylersem, sanırım bana inanacaksınız.

Ve size vereceğim ipucu, cevabın Elektromanyetizma dersinde olduğudur.

Bunu biraz düşünün; çok zarif bir topaç bu.

Pekala, bir potansiyel fark altında hareket eden yüklerden dolayı kinetik enerjideki artma hakkında konuşalım.

Çok acayip şekilli iki iletkenim var; fakat onlar eşpotansiyelidirler. İletkenler içerisinde akan hiç akım yoktur.

Ve böylece A iletkeni, V_A potansiyelindedir; bu A iletkenidir, potansiyeli V_A 'dır ve bu B iletkenidir, V_B potansiyeline sahiptir. V_A 'nın V_B 'den daha büyük olduğunu varsayalım.

Daha sonra bunu değiştirmek isterseniz, değiştirin.

Tümü boşluktadır; bir artı q yükünü buraya bırakacağım ve bu yük B' ye gidecek.

Elektrik alanının şekillenimi karmakarışıktır.

Onun nasıl olduğunu düşünmek bile istemiyorum.

Öyle ya da böyle, fark etmez; buraları boşluksa, o zaman bu yük B'ye gideceği yolu bulacaktır. Diyelim ki, onun izlediği yol bu olsun.

Yük nasılsa B'ye varır. Şimdi soru şudur: Yükü buradan sıfır hızıyla serbest bırakmışsam, B'ye vardığında hızı ne olur?

Böylece elektrik alanı bu yük üzerine iş yapacak ve A'dan B'ye giderken yapılan iş, A'dan B'ye integral, kuvvet nokta $d\ell$ olacaktır.

Bu, yük üzerindeki elektrik kuvvetidir.

O korunumlu bir alan olduğu için, yolunuzun ne olduğunun hiç önemi yoktur; bu nedenle daima aynı cevabı bulacaksınız.

Bu elektrik kuvveti de, çizgi boyunca her yerde, yük çarpı elektrik alanıdır.

Böylece, gördüğümüz gibi, q çarpı E $d\ell$ elde edersiniz.

Fakat E $d\ell$ 'nin integrali, bu ikisi arasındaki potansiyel farktır.

Ve bu yüzden net sonuç şudur: Bu yük burada son bulunduğunda, elektrik alanı tarafından yapılan iş, hangi yolun seçildiğine bakılmaksızın, q yükü çarpı V_A eksi V_B potansiyel farkıdır.

Gerçekçi bir durumu ele alalım: Kütlesi 1.7 çarpı 10 üzeri eksi 27 kilogram olan bir protonumuz var.

Protonun yükü elektronun yükü ile aynı, fakat pozitifdir.

1.6 çarpı 10 üzeri eksi 19 Coulomb.

A ve B arasındaki potansiyel farkın bir milyon volt olduğunu varsayalım.

Buraya bir delta koyayım, çünkü her iki tarafta V 'lerin olmasını istemiyorum.

Fakat bu fark, V_A eksi V_B 'dir.

B'ye ulaştığında protonun kinetik enerjisi nedir?

Bu kinetik enerji q çarpı potansiyel fark olmalıdır; yani 1.6 çarpı 10 üzeri eksi 19 çarpı 10 üzeri 6 ; böylece kinetik enerji 1.6 çarpı 10 üzeri eksi 13 jouledür.

Hemen hemen hiçbir fizikçi buna 1.6 çarpı 10 üzeri eksi 13 joule demez. Bunun yerine, bu protonun kinetik enerjisi 1 MeV, 1 milyon elektron voltur deriz.

Buna böyle deriz; çünkü bir elektronun bir voltluk potansiyel farkı altında hareket ederken kazandığı kinetik enerjiye, "**1 elektron volt**" adını veririz.

Bu, 1 elektron volt'un tanımıdır.

Protonun yükü elektronun yükü ile aynı olduğundan ve o bir milyon voltluk potansiyel farkı altında hareket ettiğinden, enerjisi bir milyon elektron voltur.

Fakat bu, bir SI birimi değildir; bu yüzden dikkatli olun.

Eğer SI'da yani Uluslararası Birim Sistemi'nde çalışıyorsanız, bu sayıyı kullanmak zorunda kalırsınız.

Fakat bunun 1 MeV, 1 milyon elektron volt'luk kinetik enerjiye sahip bir proton olduğunu söyleyebiliriz.

Böylece protonun sonuçta ulaştığı hız nedir?

Bu sayı, bir bölü iki mv^2 'dir. Bu, protonun kütlesidir; bu, protonun B noktasına vardığındaki hızıdır ve bu sayıyı, kütleyi, kullandığınızda bu protonun hızını yaklaşık olarak 1.4 çarpı 10 üzeri 7 metre bölü saniye olarak bulacaksınız, ki bu ışık hızının yaklaşık olarak % 5'idir.

Diğer bir değişle görecelilik düzeltmeler yapmak zorunda değilsiniz.

Bu cevap inandırıcıdır.

Birkaç öğrenci bana e-mail atarak pratik sınav hakkında sorular sordular.

Sizin gibi, ben de şaşırdım. Elektromanyetizma dersinin önceki anlatıcıları, Web’de, Web sitelerinde sınavları listelememişler.

Bunu yapmamışlar. Yapmalarını umuyordum, ama yapmamışlar.

Bununla beraber, Profesör Belcher bana belirli bir sınavdan bahsetti; Elektromanyetizma Web sitesini ziyaret ettiğiniz zaman, bu pratik sınavı bulabilirsiniz, ancak bu sınavın çözümleri yok.

Bu sınavı asistanlarınızla, özel hocalarınızla veya isterseniz, ben de varım, benimle de tartışabilirsiniz. Benim için sorun değil; ama 600 öğrenciye yardım edebilmem zor; ancak birazınıza yardım edebilirim.

Fakat gerçekten daha çok pratik yapmak istiyorsanız, çalışma kılavuzunu almanızı ve bazı çözülmüş problemlerin üzerinden geçmenizi tavsiye ediyorum.

Ve size iyi şanslar diliyorum, gelecek derste görüşürüz.