

III.1.ELEKTROSTATİK.

COULOMB YASASI

III. 1 . 01 . GİRİŞ

Durgun haldeki elektrik yüklerini inceleyen fiziğin dalına *elektrostatik* denir. Manyetik olaylar M.Ö. 2000 yıllarında Çinliler tarafından bilinmekteydi. Bazı elektrostatik ve manyetik olaylarda M.Ö 700 yıllarında bilinmekteydi. Bunlar arasındaki ilişkiyse ancak M.S.1920 yılında H.C. Oersted tarafından elektrik akımlarının oluşturduğu manyetik etkinin gösterilmesiyle ortaya çıkmıştır. Bu ilişkinin anlaşılmasından sonra elektrik ve manyetizma olayları birleştirilerek *elektromanyetizma* adı altında incelenmiştir.

19. yüzyıl bilim adamları elektromanyetizmanın doğasını keşfederek onu geliştirmişlerdir. Bu bilim adamlarından Maxwell *klasik elektromanyetizma* 'nın yasalarını oluşturmuştur. Bu yasalar genelde *Maxwell denklemleri* adıyla anılmaktadır. Maxwell denklemleri, mekanikteki, Newton'un Hareket Kanunları ve Evrensel çekim kanunlarının oynadığı rolü oynarlar. Maxwell, ışığın elektromanyetik karakterde olduğunu, hızlarının ışık hızına eşit olduklarını ve bu hızın da elektriksel ve manyetik ölçülerle bulunacağını göstermiştir. Klasik elektromanyetizmada elektrik yükleri, akımlar ve bunların karşılıklı etkileri incelenmekte ve kuantum teorisi ele alınmamaktadır. Bu bilim disiplinine ait bağıntılarla elektrik ve manyetizmanın 10^{-12} m küçük boyutlarına kadar doğru sayılan işlemler yapılabilmektedir. Anılan bu atom boyutlarından daha küçük değerlerde devreye *kuantum mekaniği* girer. Özel rölativite ve kuantum mekaniğinin klasik elektromanyetizmaya uygulanması sonunda *kuantum elektrodinamiği* bilim disiplini ortaya çıkmıştır.

III.1.02.ELEKTRİK YÜKLERİ

Bir cismin sürtünme ile elektriklenmesi yaklaşık olarak 2700 yıldan beri bilinmektedir. Bilhassa naylon miktarı fazla olan kazaklar karanlıkta giyilirken veya çıkarılırken kıvılcımların oluşması elektrik yükünün hareketine bir örnektir. Yağmurlu havalarda bulutlarla yer arası veya buluttan buluta oluşan şimşekleri gözlemeyenimiz yok gibidir. Burada oluşan şimşek de elektrik yüklerinin hareketine diğer bir örnektir. Uzun yıllara dayanan gözlemler sonunda sürtünme ile elektriklenmede iki tip elektrik yükü olduğu bulunmuştur. İpeğe sürülen bir cam çubuk diğer bir cam çubuğun yanına getirilirse çubuklar birbirini itecektir. Diğer taraftan kürke sürtülmüş bir plastik çubuk, aynı cam çubuğun yanına getirilirse onu çekecektir. Amerika Birleşik Devletleri bilim adamlarından Benjamin Franklin (1706 - 1790), plastik çubukta oluşan elektrik yüküne (-) negatif ve cam çubukta oluşan elektrik yükün (+) pozitif terimlerini getirmiştir.

Am ve plastik çubuklar arasındaki çekme ve itme kuvvetlerinin var oluşu neticesinde durgun elektriğin temel yasası ortaya çıkmaktadır. Bu temel yasaya göre ;

SADECE İKİ CİNS ELEKTRİK YÜKÜ VARDIR

AYRI CİNS ELEKTRİK YÜKLERİ BİRBİRLERİNİ ÇEKERLER

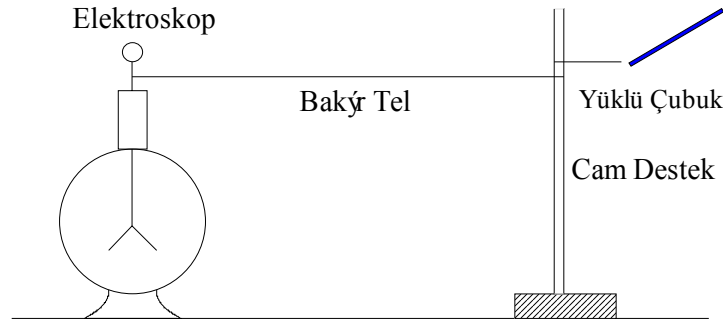
AYNI CİNS ELEKTRİK YÜKLERİ BİRBİRLERİNİ İTERLER

Elektriklenme sadece cam ve plastik çubuk için gözlenen bir olay değildir. Her madde uygun koşullarda sürtünmeyle bir miktar elektriklenebilir ve bu elektriklenmenin cinside Franklin 'nin belirttiği pozitif ve negatif seçim kuralına göre belirlenir.

Franklin'in elektrik modelinin önemli bir tarafı, ***elektrik yükünün daima korunmuş olmasıdır***. Daha açık olarak bir cisim diğerine sürtüldüğünde yük oluşmaz. Elektriklenme hali, yükün bir cisimden diğerine geçmesiyle meydana gelir. Böylece cisimlerden biri bir miktar eksi yük, diğeri de aynı miktarda artı yük kazanır. Bu durum, nötr bir maddenin atomik yapısında bulunan çekirdeğin (+) yükleri (protonlar) kadar (-) yüklerinde (elektronlar) bulunması gerçeğini açıklar.

III.1. 03. İLETKENLER VE YALITKANLAR VE İNDÜKSİYONLA ELEKTRİKLENME

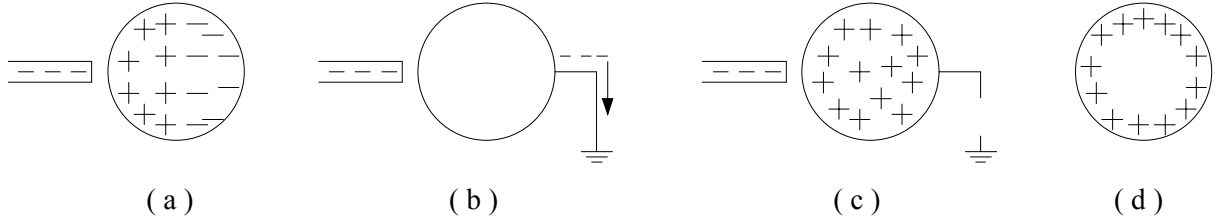
Şekil 01 deki gibi, bir bakır telin bir ucu bir cam çubuğa dolanıp diğer ucu bir elektroskoba bağlanmış olsun. Sürtme ile elektriklenmiş plastik çubuk telin boştaki uçuna değdirilirse, aynı yükler birbirini iteceğinden elektroskobun yaprakları birbirinden uzaklaşacaktır. Buna göre tel boyunca veya tel içinden bir elektrik geçişi meydana gelmiştir. Deney eğer tel yerine bir ipek iplik veya lastik şerit kullanılarak yapılırsa elektroskobun yapraklarında böyle bir açılma olmayacaktır. Buna göre elektrik yükünü ileten tele *iletken* ve elektrik yükünü iletmeyen ipek ipliğe ve lastiğe *yalıtkan* adı verilir. Pek çok cisim iletken veya yalıtkan grubuna girerken *yarı iletken* adıyla anılan üçüncü cins cisimlerde bulunmaktadır. Yarı iletkenlerin özellikleri, yalıtkanlarla iletkenler arasında bir yerde bulunan bir üçüncü madde sınıfıdır. Silisyum (Si) ve Germanyum (Ge) çeşitli aletlerin yapımında kullanılan yarı iletken maddelerdir. Yarı iletkenlerin özellikleri, malzemelere belirli miktarlarda yabancı atomlar katılarak yarı iletken özelliklerinin büyüklük miktarları değiştirilebilir. Genelde metaller iyi iletken ve metal olmayan cisimler yalıtkanlardır. Metallerde dolaşan serbest yüklerin negatif oldukları kanıtlanmıştır. Pozitif yükler ise cam çubukta veya yalıtkanlarda olduğu gibi hareketsizdirler. Metallerde yük taşıyıcılar elektronlardır. Metali oluşturan atomların dış yörünge atomları kendi atomsal sistemine bağlı kalmaksızın etkileyici nedene bağlı olarak metalin içinde dolanabilirler



Şekil 01

Değme ile elektriklenme

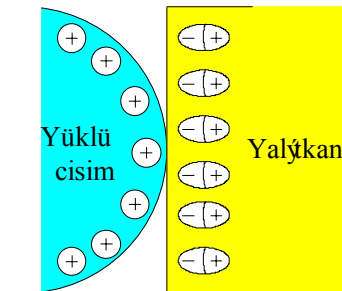
Yarı iletkenler ise yük iletimi bakımından iletkenlerle yalıtkanlar arasında bir özelliktedirler. İnsanın ve toprağın elektrik yüklerini ilettikleri yani iletken oldukları bilinmektedir. Diğer taraftan normal halde maddede eşit miktarlarda pozitif ve negatif yük bulunmaktadır yani cisim nötr haldedir. Herhangi bir etkiyle örnek olarak ipekle camın sürtünmesinde olduğu gibi, birinden diğerine elektrik yükü yer değiştirerek denge bozulursa cisim nötr halini kaybeder.



Şekil 02.a.b.c.d

İletken bir cismin indüksiyonla elektrik yüklenmesi

Bir iletken , bir iletken tel veya bakır boruyla toprağa bağlanırsa, iletkenin **topraklandığı** söylenir. Bu durumda toprak, elektronların kolaylıkla gidebileceği sonsuz bir yer olarak düşünülebilir. Bu olguya göre *indüksiyon* denilen bir olayla bir iletkenin nasıl yüklenebileceğini inceleyebiliriz. Şekil 2.a 'daki gibi topraktan yalıtılmış nötr (yüksüz) bir kürenin yanına eksi yüklü bir çubuk yaklaştıralım. Bu durumda kürenin çubuğa bakan tarafı yük fazlalığı kazanırken diğer yanı aynı miktarda eksi yük kazanır. Daha açık olarak çubuğa bakan taraftaki elektronlar diğer tarafa geçecektir. Şekil 2.b 'de görüldüğü gibi küre, iletken bir telle toprağa bağlanarak aynı işlem yani, eksi yüklü çubuk küreye yaklaştırılırsa, bu kez bazı elektronlar toprağa iletilecektir. Küredeki toprak bağlantısı teli kaldırılırsa, (şekil 2.c) iletken kürede *indüksiyonla* düzgün olmayan (+) yük fazlalığı oluşacaktır. Eksi yüklü çubuk küreden uzaklaştırılınca (şekil 2.d) indüksiyonla kürede oluşan (+) yükler kürede kalacak ve benzer yükler arasındaki itme kuvvetlerinden dolayı küre düzgün olarak yüklenmiş olacaktır. Böylece, indüksiyonla yüklemeye cisimlerin birbirine değmesinin gerekmediğini görmüş oluruz.



Şekil 03

Artı yüklü cisim sağdaki yalıtkanın yüzeyinde indüksiyonla yükler oluşturur

İletkenlerdeki indüksiyonla elektrik yüklenmesinin benzeri yalıtkanlarda da izlenir. Nötr atom veya moleküllerin çoğunda (+) ve (-) yüklerin merkezleri çakışır. Bunlara yüklü bir cisim

etkideğinde bu yük merkezleri hafifçe kayarak molekülün bir yanının diğerinden daha artı yüklenmesine yol açar. Bu olaya *Kutuplanma* denilmektedir. Moleküllerdeki yüklerin bu şekilde yeniden düzenlenişi Şekil 3'te gösterilmiştir ve burada yüklü cisim tarafından yalıtkanın yüzeyinde indüksiyonla, indüksiyon yükü oluşturulmuştur. Buna göre, saça sürtülen tarağın nötr kağıt parçalarını neden çektiğini veya elbiseye sürtülen balonun neden duvara yapıştığını anlayabiliriz.

İndüksiyonla elektriklenmede:

1) İndükliyen cisimle indüklenen cisim üzerinde eşit ve zıt işaretli yükler oluşur.

2) Bu yüklerin herbirisi indükleyen cismin yüküne eşit olur.

Diğer taraftan :

1) yüklü bir cisim bir boş iletken içersine değiştirilmek suretiyle, tam olarak, yüksüz hale sokulabilir .

2) Bir iletken elektrille yüklenirse, bütün elektrik yükü onun dış yüzeyinde toplanır.

III.1. 04.ELEKTRİKSEL YÜK MİKTARI VE YÜKÜN KUANTUMLU OLUŞU

Atom teorisine göre maddenin atomlardan oluştuğu bilinmektedir. Tüm atomlarda daha küçük parçacıkların değişik kombinelerinden meydana gelmiştir. Parçacıkları atomdan çıkarmak için bir çok değişik uygulamalar vardır. Örnek olarak bir atom çekirdeğinin bölünme (**fisyon**) yoluyla parçalanmasıdır. Atom altı parçacıklar yani atomu oluşturan parçacıklar, yüzeysel olarak ele alındığında üç farklı tiptedirler, elektron, proton ve nötron. Daha başka atom altı parçacıklar olmasına karşın bunların varlıkları geçicidir. Tüm atomların oluşması aynı yapıdadır. Nötronlar ve protonlar atomun çekirdeğinde bulunurlar. Bu küresel çekirdeğin çapı yaklaşık olarak 10^{-15} m büyüklüğündedir. Çekirdeğin dışında ve ondan oldukça büyük uzaklıklarda elektronlar dairesel veya eliptik yörüngeler üzerinde bulutsu veya parçacık şeklinde bulunurlar. Dairesel yörünge halinde elektron yörünge çaplarının 2 veya $3 \cdot 10^{-10}$ m büyüklüğünde olduğu kabul edilmektedir. Konuyla ilgili detaylı bilgiler atom fiziği bilim dalı konularından incelenebilir. Pratik olarak **nötron** ve **protonun kütleleri birbirlerinin eşit** olarak kabul edilebilir ve bu kütleler elektronun kütlesinin 1860 katı kadar daha büyüktürler. Bütün elektronlar aynı yük miktarına sahiptirler. *Protonun yükü elektronun yüküne eşdeğerdir fakat elektronun yükünün negatif olmasına karşılık protonun yükü pozitifdir ve*

nötronda adından belli olduğu gibi yüksüzdür. Protonlar ve elektronlar arasındakı sadece çekmeye bağlı olan kütle çekim kuvvetlerinin yanında, bunlara ait elektriksel kuvvette bulunmaktadır.

Elektriksel kuvvet, hem çekme hemde itme doğasındadır. Bilindiği gibi farklı yükler birbirlerini çekmekte ve aynı yükler birbirlerini itmekteler. Ayrıca bunların birbirlerine göre göreceli hareketleri sonunda manyetik kuvvetlerde ortaya çıkmaktadırlar. Bu konuda durgun yüklere ait olaylar incelenecektir.

Elektrik yüklerinde gözlenen iki özellik daha bulunmaktadır ve bunlar maddenin elektrikli yapısında temel öğelerdir. Bu iki özellik ;1) Elektrik, yüklerinin taneli (kuantumlu) oluşu ve elektrik yüklerinin korunmasıdır. Elektrik yüklerinin korunmasına örnek olarak elektronla onun pozitif yüklü antiparçacığın olan pozitronun bir araya gelerek iki parçacığın yok olmasıdır. Burada parçacıkların kütle enerjileri $E = m c^2$ yasasına göre elektromanyetik enerjiye dönüşmüştür. Korunuma ait pek çok fiziksel olay örnekleri vardır. Elektrik, elektrik birimleri denilen e elektron yükünüm tam katları şeklinde kuantumlanmıştır. Elemanter yük denilen elektronun yükü $e = 1,6021.10^{-19}$ Coulomb ve kütlesi $m_e = 9,108.10^{-31}$ kg dır. Kaynağı ne olursa olsun, fizik bakımından var olan bir Q elektrik yükü $Q = ne$ olarak ifade edilir. Burada n negatif veya pozitif bir tam sayı ve e' de elemanter yüküdür miktarıdır. Elektriksel yükte olduğu gibi, fiziksel büyüklükler eğer kesikli temel yapı parçalarından oluşmuşsa, bu fiziksel büyüklükler kuantumlanmıştır. Atomik boyutlarda incelenen pek çok fiziksel büyüklükler kuantumlanmışlardır ve orada artık klasik fiziğin kuralları değil kuantum fiziğinin kuralları geçerlidir.

III.1.05. NOKTA YÜKLER ARASINDAKİ KUVVET. COULOMB YASASI

Doğadaki kuvvetlerin dört değişik tip görüntüde olduğu bilinmektedir.;

- 1) *Kütle çekim kuvvetleri,*
- 2) *Durgun haldeki nokta yükler arasındaki itme ve çekim kuvvetleri,*
- 3) *Atom çekirdeğindeki proton ve nötronu birarada tutan vede protonla netrondaki kuvarkları onlara bağlayan çok büyük değerli çekirdeksel kuvvetler*
- 4) *Doğal radyoaktivitenin oluşmasını sağlayan zayıf çekirdeksel kuvvetler.*

Fizikçilerin tüm hayelleri bu dört kuvvetin aynı kaynaklı olduğunu ifade edebilecek birtek birleşik kuvvet olduğunu ispat edebilmektir. Durgun haldeki iki elektrik yük arasındaki karşılıklı elektriksel kuvvet, yükün değerlerine, içinde buldukları ortama ve iki yükün değerine bağlı bulunmaktadır. C.A. Coulomb tarafından denel olarak 1785 yılında bu kuvvetin olduğu ve bu kuvvetin temel

kuramları ortaya konulmuştur. Coulomb yasasına göre, *yüklü iki parçacık arasındaki karşılıklı elektriksel kuvvet, bu yüklerin değerleri çarpımı ile doğru orantılı, yükler arasındaki uzaklığın*

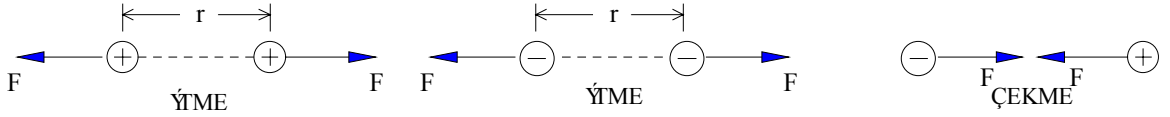
karesi ile ters orantılıdır. Kuvvet vektörlerinin doğrultusu yükleri birleştiren doğru üzerindedir. Bu yasaya göre yükler arasındaki kuvvet: (\mathbf{r} birim vektör ise);

$$\mathbf{F} = k \frac{Q_1 Q_2}{r^2} \mathbf{r} \quad (01)$$

olarak verilir. Bu kuvvetin büyüklüğü

$$F = k \frac{Q_1 Q_2}{r^2} \quad (02)$$

dir. Burada, Q_1 ve Q_2 aynı işaretli ise F kuvveti *itme* kuvveti ve zıt işaretli iseler F kuvveti *çekme* kuvvetidir (Şekil 04). Coulomb yasasındaki k sabiti, yüklerin içinde bulunduğu ortamı nitelemek ve birimlerin belirlenmesi için kullanılmış bir orantı sabitidir. Yüklerin işaretlerine göre çekme ve itme kuvvetleri Şekil 04 'de gösterilmiştir.



Şekil 04

Elektrik Yüklerinin çekme ve itme kuvvetleri

Butün bilim dilinde ve mühendislikte kullanılan milletler arasındada kabullenilmiş birim sistemi SI (Systeme internationale) birim sistemidir. Coulomb yasasındaki yük birimi, SI birim sisteminde, akım birimine bağlı olarak tanımlanır. İki pil birbirine iletken telle bağlandığında iletkende elektrik yükleri harekete geçecek yani elektrik akımı doğacaktır. Bir iletkenden geçen bir Amperlik akıma karşılık (I), iletkenin belirli bir kesitinden bir saniyede geçen yük miktarına Coulomb (C) denilmektedir. Matematiksel olarak son ifadeyi

$$q = I \cdot t \quad (03)$$

olarak belirtebiliriz. Bağınıtıda SI birim sistemine göre I akım değeri Amper ve t zamanı saniye olarak alınırsa yük birimi q Coulomb olacaktır. Coulomb yasasındaki k sabitinin değeri de SI birim sistemine göre,

$$k = 8,99 \cdot 10^9 \text{ N m}^2 / \text{C}^2$$

dır. Problem çözümlerinde bu sabit değerini $9 \cdot 10^9 \text{ N m}^2 / \text{C}^2$ olarak aldığınızda hesaplamaların sonucunda kayda değer bir sapma olmaz. SI birim sisteminde k sabiti bazı uygulamalara kolaylık getirmesi amacıyla

$$k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}$$

olarak kullanılır. Burada ϵ_0 boş uzayın permivitesi (elektrik geçirgenliği) veya dielektrik sabiti adını alır. Boşluk için geçirgenlik sabitinin değeri $8,85 \cdot 10^{-12} \text{ C}^2 / \text{N} \cdot \text{m}^2$ dir.

Elektrik yükleri ele alınan sistemde eğer birden fazla ise, her yük çiftine Coulomb yasası ayrı ayrı uygulanarak sonuçta vektörel olan kuvvetlerin bileşke değeri bulunur.

Coulomb yasasının önemi sadece yükler arasındaki kuvveti ifade ediyor olmasında değildir. Bu yasa, atom çekirdeğinin etrafındaki elektronların çekirdeğe bağlanma kuvvetlerini, atomların bir araya gelmesi ile oluşan molekülleri bir arada tutan kuvvetleri, katı ve sıvıları oluşturan atom veya moleküllerin bir arada tutulmasını sağlayan kuvvetleride açıklar. Hidrojen atomundaki protonla elektron arasındaki elektriksel kuvvet kütle çekim kuvvetinden 10^{39} kere daha büyüktür.

III.06. ELEKTROSTATİKLE İLGİLİ UYGULAMALARDAN BAZILARI

VAN DE GARAFF JENARATÖRÜ
ELEKTROSTATİK ÇÖKELTİCİ
FOTOKOPİ MAKİNASI
ALAN – İYON MİKROSKOBU

Elektrostatik ilkelerine dayalı çeşitli uygulamalar sonucunda çok sayıda faydalı cihaz geliştirilmiştir. Bu cihazlardan bazıları: yüklü temel parçacıkları hızlandıran elektrostatik *van de Graaff jeneratörleri*, kopyalama işleminde kullanılan *fotokopi makinası*, kömür kullanan termik santrallerin oluşturduğu hava kirliliğini azaltmaya çalışan *elektrostatik çökeltici*, metal malzemelerin yüzeylerindeki atomları

görüntüleyen *alan-iyon mikroskobu* ve oto üretiminde otoların boya işleminde kullanılan *elektrostatik boyama sistemleri* dir.

VAN DE GRAAFF JENARATÖRÜ

Van de graaff 1931 yılında, sürtünme ile elektriklenme etkisi, yüklerin bir iletkenin dış yüzeyinde toplanma etkisi ve sivri uçlarda elektrik alan yoğunluğunun daha fazla olması nedeniyle burdaki yüklerin kolay transferi etkisinden yararlanarak birkaç milyon voltluk bir potansiyel farkı oluşturan bir elektrostatik jenaratör planlayarak imal etmiştir. Bu tür jenaratörün çalışma yöntemi şekil05 'de açıklanmıştır.

Şekil 05.

Van de Graaff elektrostatik jenaratörü

Bu sistem yüksek voltaj farkı kaynağı olarak Çekirdek (nükleer fizik) fiziğinde sık sık kullanılır.

Bu elektrostatik jenaratör, esas olarak, yalıtkan yüksek sütunların tepesine monte edilmiş *büyük metal boş bir kürte* (Yüksek voltaj elektrodu) motorla hareket ettirilen yük taşıyıcı bir *kemer* ve yükleyici bir *doğru akım elektrik kaynağından* ibarettir.

Yalıtkan maddeden (ipek,naylon, lastik gibi) yapılmış sonsuz K kayışı (kemer) yukarda ve aşağıda bulunan P, Q mmakaraları üzerinde sürekli olarak bir motorla sürekli olarak hareket ettirilir.Sivri uçlu D iletkeni (veye metal tarak) S metal küresel kabuğa ve A sivri ucu bir yükleyici elektrik kaynağının (doğru akım jenaratörünün) + ucuna bağlanmıştır. Bu jenaratörün diğer ucu toprağa bağlıdır.Sivri uç etkisiyle + elektrik A dan ipek kemere püskürür (esasında elektronlar kayıştan sivri uçlara geçerler ve sonuçta kayış+ yüklenmiş olur) ve kemer bu + yükü yukarıya taşır. Bu yük D sivri uçuna ulaşınca, sivri uçta - yük ve S üzerinde + yük indüklenmiş olur. D ' den akan - yük , kemer üzerindeki + yük ile nötr hale gelir.

Bu işlem kemer hareket ettikçe tekrarlanır ve metal küresel kabuk tutabileceği maksimum sınıra kadar (kürenin havaya elektrik yükünü boşaltmadan tutabileceği sınır) artan bir yük kazanır bunun sonucu olarak toprağa göre potansiyelide artar. Kürenin potansiyeli onun yarıçapıyla ters orantılıdır. Normal koşullarda havanın yalıtkanlığı,elektrik alan değeri $E_{max} = 3 \cdot 10^6$ volt / m ye ulaşınca bozulur. Kürenin voltajı (toprağa göre potansiyeli) ve elektrik alanı arasında r yarıçap olmak üzere $V = E r$ bağıntısı bulunmaktadır.

Buna göre $V_{max} = E_{max} r$ olacak ve kürenin tutabileceği maksimum voltaj değeri de belirlenmiş olacaktır. Ayrıca S yüzeyi üzerindeki yükü dolayısıyla potansiyeli sınırlayan şartlar laboratuvarın duvarları ve tavanı gibi başka cisimlerin alete yakın bulunması durumudur. Jenaratörün daha yüksek voltajlarda çalışabilmesi amacıyla , jenaratörün küresi içindeki hava özel bir sistemle aşağı yukarı 10 – 11 Atm./ cm² basınca kadar arttırılır. Yüksek basınçtaki havanın normal koşullardaki havaya göre

yalıtkanlığının bozulması için gerekli elektrik alan değeri normal koşullardaki elektrik alan değerinden daha büyük olacaktır. Böylece aynı yarı çaplı küre bu kez daha yüksek elektrik alanına dayanacak ve toprakla küre arasında daha yüksek potansiyel farkı oluşturacaktır.

Çekirdek fiziğinde kullanılan yüklü parçacıkların veya iyonların hızlandırılmasında kullanılan bir *van de Graaff elektrostatik hızlandırıcısı*, bir van de Graaff jeneratörüyle bir *iyon kaynağı* ve bu iyonları aşağı doğru hızlandırılmasında kullanılan havası boşaltılmış bir tüpten ibarettir Şekil 05. Seçilen hedeflerin protonlarla bombardımanı ile çekirdek reaksiyonları oluşturmak için gerekli iyon kaynağı ,artı yüklü yüksek voltaj elektrodu içinde yapılan hidrojen gazı içindeki bir elektrik boşalması ile elde edilir. Gereğinde yüksek enerjili elektronlar istendiğinde , elektron kaynağı çok zaman eksi yüklü yüksek voltaj elektrodu içinde bulunan sıcak flamanndan elde edilir. Proton hızlandırılması halinde , protonlar boşluk tüpü içinde aşağı topraklanmış uca doğru hızlandırılırlar ve uçta bir hedef üzerine odaklanırlar. Hızlandırma işleminde elektronlar kullanıldığında , bu kez hedef yukarda olacak ve elektronlar topraklanmış uçtan yukarda bulunan hedefe doğru hızlandırılacaklardır.

Yükü Q olan bir parçacığın toprağa nazaran V potansiyel farkında kazandığı enerji $E = Q V = \frac{1}{2} m v^2$ olacaktır. Burada m partikülün kütlesi ve v 'de partikülün bu potansiyel farkında kazandığı hızdır. İlk yapılan van de Graaff jeneratöründe toprağa göre ulaşılan maksimum potansiyel farkı 1,5 milyon volt idi. Zamanımızda 20 milyon volt'luk elektrostatik jeneratörler yapılmıştır.

6. ÖRNEK PROBLEMLER

1) Aralarında 10^{-13} metre uzaklık bulunan iki α parçacığı arasındaki itme kuvvetlerini hesaplayınız ve aralarındaki kütle çekim kuvveti ile karşılaştırınız .

Her bir α parçacığı $+2e$ veya $2.1,6.10^{-19} = 3.2.10^{-19}$ Coulombluk yüke sahiptir.

Çözüm: Aralarındaki uzaklık nedeniyle elektriksel itme kuvveti

$$F = k \frac{Q_1 Q_2}{r^2} \quad \text{ve} \quad F_E = 9.10^9 \frac{3,2.10^{-19} \times 3,2.10^{-19}}{(10^{-13})^2} = 9,21.10^{-2} \text{ N}$$

dur. Bu oldukça büyük bir kuvvettir ,yaklaşıkla 10 gr kütleliğin ağırlığına eşittir. Bir α parçacığı 2 proton ve iki netrondan oluşmuştur. Proton ve nötronun kütleleri büyük bir yaklaşıklıkla birbirlerine eşittir. Buna göre α parçacığının kütlesi $4.1,67.10^{-27} = 6,68.10^{-27}$ kg ve yerçekim sabiti $G=6,67.10^{-11}$ N m² / kg² olduğuna göre, kütle çekim kuvveti

$$F = G \frac{M_1 M_2}{r^2} \quad \text{ve} \quad F_G = 6,67.10^{-11} \frac{(6,68.10^{-27})^2}{(10^{-13})^2} = 2,97.10^{-37} \text{ N}$$

dır. Görüldüğü gibi kütle çekim kuvveti elektrisel kuvvete göre ihmal edilebilir.

2) Şekil 05' de A noktasındaki yüke etkiyen toplam elektriksel kuvveti bulunuz.

Çözüm:

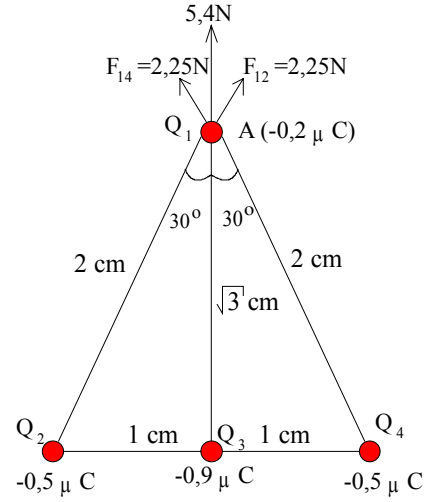
$$F_{12} = F_{14} = 9 \cdot 10^9 \frac{0,2 \cdot 10^{-6} \cdot 0,5 \cdot 10^{-6}}{(0,02)^2} = 2,25 \text{ N (itme)}$$

$$F_{13} = 9 \cdot 10^9 \frac{0,2 \cdot 10^{-6} \cdot 0,9 \cdot 10^{-6}}{(\sqrt{3}/100)^2} = 5,4 \text{ N (itme)}$$

$$F_1 = F_{12} + F_{13} + F_{14}$$

$$F_1 = 5,4 + 2,25 \cos 30 + 2,25 \cos 30$$

$$F_1 = 9,297 \text{ N}$$



Şekil 06. Örnek problem 2

3) 10 gr kütleli iki iletken küre 120 cm uzunluğundaki ipek ipliklerle aynı bir noktaya asılmışlar ve her biri benzer Q yükü taşımaktadırlar. (Şekil 06) .Her sarkacın düşeyle θ açısı yaptığını ve $\tan \theta$ yerine $\sin \theta$ alınacak kadar açının küçük olduğunu kabul ederek Q yükünün değerini hesaplayınız. İletken küreler arasındaki açıklık 5cm dir.

$$\text{Çözüm: } \tan \theta = \frac{F}{mg} \quad F = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Q^2}{r^2} \quad r = 2l \sin \theta$$

Buna göre

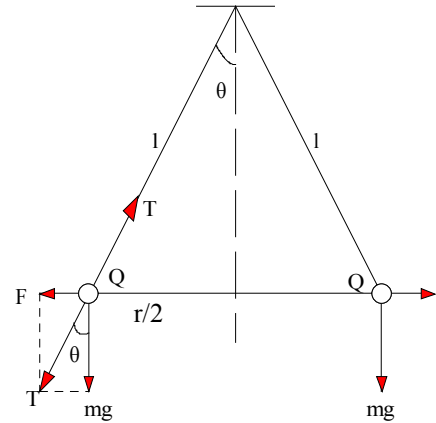
$$Q = r \sqrt{4\pi\epsilon_0 mg \tan \theta}$$

$$Q = 2l \sin \theta \sqrt{4\pi\epsilon_0 mg \tan \theta}$$

$\tan \theta \approx \sin \theta$ alınırsa $\tan \theta \approx r / 2l$ olacağından

$$Q = r \sqrt{\frac{r 4\pi\epsilon_0 mg}{2l}} = 5 \cdot 10^{-2} \sqrt{\frac{5 \cdot 10^{-2} \cdot 10 \cdot 10^{-3} \cdot 9,8}{2 \cdot 1,2 \cdot 9 \cdot 10^9}}$$

$$Q = 2,4 \cdot 10^{-8} \text{ C}$$



Şekil 07 Örnek problem 3

4) Şekil 07' deki gibi dizilmiş yük sisteminde, A noktasına etki eden Coulomb kuvvetini bulunuz.

Çözüm:

$$F_{AB} = 9 \cdot 10^9 \frac{20 \cdot 10^{-6} \cdot 25 \cdot 10^{-6}}{(0.05)^2} = 1800 \text{ N}$$

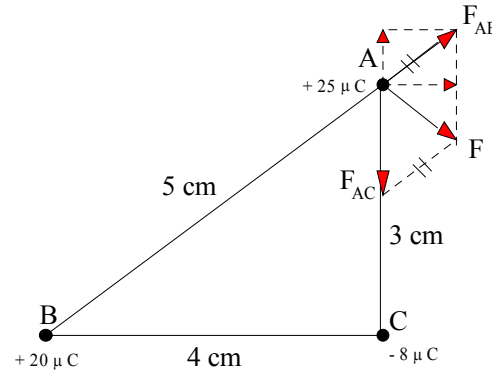
$$F_{AC} = 9 \cdot 10^9 \frac{8 \cdot 10^{-6} \cdot 25 \cdot 10^{-6}}{(0.03)^2} = 2000 \text{ N}$$

İki kuvvetin bileşkesini veren genel ifadedeki kuvvetler arasındaki açı, geniş açı olduğundan,

$$F^2 = F_{AB}^2 + F_{AC}^2 - 2F_{AB}F_{AC}\cos\theta$$

$$F^2 = (1800)^2 + (2000)^2 - 2 \cdot 1800 \cdot 2000 \cdot \frac{3}{5}$$

$F = 1708 \text{ N}$. Bulunur.



Şekil 08

III.1.07. PROBLEMLER

1) Belirli bir uzaklığa yerleştirilmiş aynı yüklü eşit iki küçük küre arasındaki itme kuvveti 1 N'dir. Bu küreler birbirine değiştirilir ve aralarındaki uzaklık ilk uzaklığın yarısına kadar indirilirse bu kez itme kuvveti 4,5 N olur. Kürelerin yükleri arasındaki oranı bulunuz.

C. 2 ve 1/2 iki cevap.

2) Her biri $-8 \mu\text{C}$ olan iki yükün aralığı 6 cm'dir. Bu iki yükten 5'er cm uzakta bulunan $+5 \mu\text{C}$ lük üçüncü bir yük üzerine etki eden bileşke kuvveti bulunuz.

C. 230,4 N.

3) Bohr 2 hidrojen atomu modelinde kütlesi $9,11 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$ olan bir elektron, yalnızca bir protondan oluşmuş bir çekirdeğin etrafında yarıçapı $5,28 \cdot 10^{-11} \text{ m}$ olan dairesel bir yörünge üzerinde dolmaktadır. Protonun yükü elektronun yüküne eşdeğer ve zıt işaretli ve kütlesi de $1,67 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$ 'dır. a) elektronun merkezci ivmesini, b) açısal hızını ve frekansını bulunuz.

C: $10 \cdot 10^{22} \text{ m/s}^2$, $4,15 \cdot 10^{17} \text{ rad/s}$, $0,661 \cdot 10^{16} \text{ devir/sn}$

4) +20 ve +5 μ C luk iki yük arasındaki uzaklık 6 cm dir.Üzerine etkiyen bileşke kuvvetin sıfır olması için üçüncü bir yük nereye konulmalıdır?

C. 4 cm .

5) İki proton arasındaki uzaklık ne olmalıdırki ,aralarındaki itme kuvveti yer yüzündeki ağırlıklarına eşit olsun.Protonun kütesini yaklaşık olarak 1,7. 10^{-27} kg olarak alınız.

C. $3,7 \cdot 10^{-6}$ m.

6) Aralarındaki uzaklık $3,2 \cdot 10^{-3}$ m olan aynı yüklü parçacıklar serbest bırakılınca birinin başlangıç ivmesi 7,0 ve diğerinkide $9,0 \text{ m / sn}^2$ oluyor. $7,0 \text{ m / sn}^2$ lik parçacığın kütlesi $6,3 \cdot 10^{-7}$ kg olduğuna göre diğer parçacığın kütesini ve ortak yükünü bulunuz.

C. $8,1 \cdot 10^{-7}$ kg , $2,5 \cdot 10^{-7}$ C.

7) Kenarları a olan bir karenin sol üst köşesine + q yükü, sol alt köşesine +2q yükü, sağ üst köşesine -q yükü ve sağ alt köşesine -2q yükü konulmuştur. Sağ alt köşeye etkiyen kuvveti $q=1,0 \cdot 10^{-7}$ C ve $a=5,0$ cm ise bulunuz.

C . $19,6 \cdot 10^{-2}$ N.

8) Bir fırtına bulutunun üst kısmında +40C luk, alt kısmında -40C luk yük bulunabilir. Bu yükler arası uzaklık 2km olabilir. Bu yükler arasındaki elektriksel kuvvet ne kadardır?

C. - $3,6 \cdot 10^6$ N . Çekici.

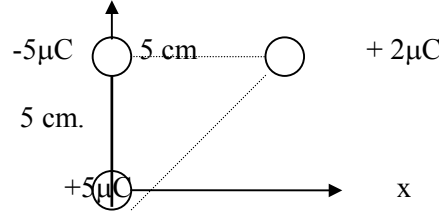
9) Ünlü U.S.A.'lı Fizikçi Richard Feynman' a göre; protonlara göre yüzde bir elektron fazlalığı olan iki insan birbirlerinden bir kol mesafesi uzaklıkta olduklarında, aralarındaki itme kuvveti, yerküre büyüklüğünde bir ağırlığı kaldıracak kadardır. Bu savı doğrulamak için bir büyüklük mertebesi tayin ediniz.

C . $1,33 \cdot 10^{25}$ N. “Yakalaşık yerküre ağırlığı $6 \cdot 10^{25}$ N. “ hemen hemen eşit kuvvet

10) Kenarları 0,5m olan bir eşkenar üçgenin üst köşesine $7\mu\text{C}$ luk artı yük, sol alt köşesine $2\mu\text{C}$ luk artı yük ve sağ alt köşesine $-4\mu\text{C}$ luk yük konulmuştur. Üst köşede bulunan yüke etkiyen kuvveti bulunuz

C . 0 , 87 N .

11) Şekil 08' deki sistemdeki $2\mu\text{C}$ ' luk yüke etkiyen bileşke kuvveti bulunuz ($1\mu\text{C}=10^{-6}\text{C}$)



Şekil 08. Problem 11.

C. $7,5 \cdot 10^4 \text{ N}$.

12) Eşit değerde elektrik yükü taşıyan iki parçacık birbirlerine $3,0 \cdot 10^{-3} \text{ m}$ uzaklıkta buldukları zaman serbest bırakılırlar. Birinci parçacığın başlangıç ivmesi $4,0 \text{ m / s}^2$, ikinci parçacığın başlangıç

ivmesi $8,0 \text{ m / s}^2$ olarak gözleniyor. Birinci parçacığın kütlesi $8,6 \cdot 10^{-7} \text{ kg}$ olduğuna göre, ikinci parçacığın kütlesini ve parçacıkların ortak yüklerini bulunuz.

C. $m_2 = 4,3 \cdot 10^{-7} \text{ kg}$. ve $5,9 \cdot 10^{-11} \text{ C}$.

13) protonla elektronun birbirlerine etkileri sıfır olacak şekildeki bir uzaklıktan , elektron $4,2 \cdot 10^5 \text{ m/s}$ 'lik bir hızla protonun üzerine fırlatılıyor. Hangi uzaklıkta elektronun hızı ilk hızının üç katı olacaktır.

C . $3,6 \cdot 10^{-10} \text{ m}$.

14) Eşit ve zıt yüklü iki küre arasındaki çekme kuvveti belli bir uzaklık için bellidir. Bu küreler birbirine değdirilip belli bir uzaklığa kadar getirildiğinde aralarındaki itme kuvveti ilk çekme kuvvetine eşit oluyor. Kürelerin yükleri oranını bulunuz.

C. $Q_1 / Q_2 = -3 \pm 2,8$