

III .2. ELEKTRİK ALANI

III.2.01.ELEKTRİK ALANI .

Fiziksel olayların anlatımında kolaylık sağlanması amacıyla **alan kavramı** geliştirilmiştir. *İlgilendiğimiz fiziksel olay için seçilen koordinant sisteminin belirli bir noktasına, aynı anda karşılık gelen fiziksel büyüklükler bir alan oluştururlar.* Alan değişkeni vektörel veya skaler bir büyüklükte olabilir. Vektörel alana yerküreye ait **g** vektörü ile tanımlanan kütle çekim alanını ve uzayın bir noktasında bulunan deneme yüküne etkiyen bir kuvvetin etkisini ile ortaya çıkan *elektrik alanını* verebiliriz. Televizyondaki hava raporlarında izlediğiniz bir bölgedeki sıcaklık dağılımı da alanın skaler bir örneğidir. Alanı tanımlayan fiziksel büyüklükler zamanla değişebileceği gibi sabit değerlide olabilirler. Bir mıknatıs çubuğu saran, uzay bölgesinde bir manyetik alanın var olduğu söylenir. Elektrikle yüklü bir çubuğun çevresinde bir deneme yüküne bir kuvvet etkiyorsa, o noktada bir elektrik alan vardır denilmektedir. Bu kuvvet, bu bölgede var olan yükler tarafından oluşturulmuştur.

Elektrik ve manyetik alan elektromanyetizmanın en temel kavramlarıdır. Bu ikisini içine alıp inceleyen *elektromanyetik radyasyon teorisinin* gelişmesi ve pratik uygulamaları sonunda X ışınları tüpleri, katot ışınları tüpleri ve elektron mikroskobu gibi yararlı aletler yapılmıştır. Bu teoriye göre

elektrik ve manyetik alanlar birbirlerine dik düzlemlerde dalga şeklinde salınırlarken bu düzlemlerin arakesiti boyunca' da ışık hızı ile yayılırlar.

q_1 yükü, etrafındaki uzayda bir elektrik alanı oluşturur ve bu alana konan diğer bir q_2 üzerine F kuvveti uygular. Diğer taraftan'da bu elektrik alan yükler arasındaki kuvvetlerin nedeni olarak düşünülebilir. Bu durumda iki değişik problemle karşı karşıya kalırız:

- 1) Belirli bir yük dağılımının oluşturduğu elektrik alanın hesaplanması.
- 2) Yükler tarafından oluşturulan alanların ,yükler üzerine uygulayacağı kuvvetlerin hesaplanması.

III.2.02.ELEKTRİK ALAN VEKTÖRÜ

Herhangi bir bölgeye konmuş elektrik yüklü bir cisim üzerine, elektriksel kökenli bir kuvvet etkiyorsa bu noktada bir elektrik alan vardır denir. Kuvvetlerin elektrik kökenli olup olmadığını anlamak için deneme cismi yüklü veya yüksüz olduğunda üzerlerine etkiyen kuvvetler karşılaştırılarak yapılır. Deneme cismi yüklü olduğunda ona etkiyen tüm kuvvetler elektriksel kökenlidir. Kuvvet vektörel bir büyüklük olduğundan elektrik alanında da büyüklüğü ve doğrultusu olan vektörel bir büyüklüktür. Alanın her noktadaki E ile gösterilen değeri, bu noktaya konmuş olan pozitif bir deneme yüküne etkiyen F kuvvetinin deneme yükü değeri q_0 'a oranı olarak tanımlanır. Buna göre elektrik alan vektörü;

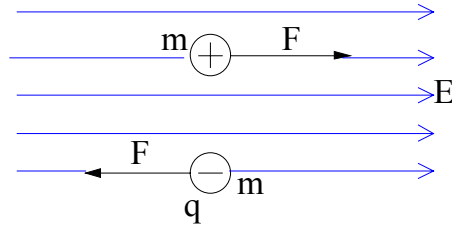
$$\mathbf{E} = \frac{\mathbf{F}}{q_0} \quad (01)$$

dir. Belli bir elektrik alandaki pozitif yüklü cisim elektrik alan doğrultusu ve yönünde bir kuvvet etkisinde kalır. Negatif yüklü cisin ise elektrik alana ters yönde bir kuvvet etkisinde kalacaktır (Şekil 01). Elektrik alanın SI sistemindeki birimi N/C dur.

Bir elektrik alanın her noktasında bir E alan vektörü vardır. Bu noktaya konulan küçük bir yüke etkiyen kuvvet (01) bağıntısına göre,

$$\mathbf{F} = q \cdot \mathbf{E} \quad (02)$$

olacaktır.



Şekil 01.Elektrik alanda artı ve eksi yüklere etkiyen kuvvetlerin yön ve doğrultuları

III.2.03 ELEKTRİK ALAN HESABI

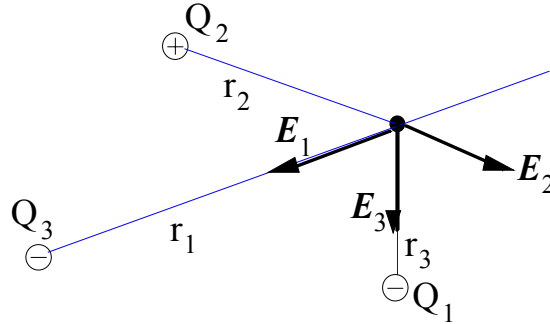
Elektrik alanını oluşturan bütün yüklerin yer ve büyüklüklerini bilirse, istenilen bir noktadaki elektrik alan şiddetini, Coulomb yasasından yararlanarak hesaplayabiliriz. Bir noktasal yükten r uzaklıkta bulunan bir A noktasındaki elektrik alanını bulmak amacıyla A noktasına bir sınaama q' yükü konulmuş olsun. Deneme yüküne etkiyen Coulomb kuvveti

$$\mathbf{F} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q_1 q_2}{r^2} \mathbf{r}$$

olacaktır. Buna göre A daki elektrik alan vektörü

$$\mathbf{E} = \frac{\mathbf{F}}{q'}$$

dır. Alanı oluşturan q yükü pozitif ise alan yönü q dan uzaklaşan yönde, negatif ise q ya doğrudur. Birden daha fazla yük (Şekil 02) deki gibi dağılmışlarsa, bunların bir A noktada oluşturdukları toplam elektrik alan değeri E , her yük kendi başınaymış gibi kabul edilerek bu yüklere ait verilen A noktasındaki elektrik alanları bunların vektörel toplamı yapılarak bulunur.



Şekil 02 Elektrik alan vektörel bir nicelikdir. Bunların toplam etkisi vektörel toplam yapılarak bulunur.

Buna göre bileşke elektrik alan değeri,

$$\mathbf{E} = \mathbf{E}_1 + \mathbf{E}_2 + \mathbf{E}_3 + \dots \mathbf{E}_n \quad (03)$$

olacaktır.

Elektrik yükleri sonlu büyüklükteki cisimler üzerinde dağılmışlarsa, bu yükler sonsuz küçük dq elemanına bölünebilirler ve bunların integrali alınarak bileşke elektrik alan şiddeti aşağıdaki bağıntılar yardımıyla hesaplanabilir;

$$dE = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{dq}{r^2} \quad (04)$$

$$\mathbf{E} = \int d\mathbf{E} \quad (05)$$

Noktasal yükler arasındaki Coulomb yasası, noktasal kütleler arasındaki kütesel çekimi veren Newton yasasına aşağıda görüleceği gibi oldukça benzer. (γ evrensel kütle çekim sabiti)

$$F = \gamma \frac{m \cdot m'}{r^2}$$

Diğer taraftan bir elektrik alan şiddetinin tanımı'da kütle çekim alanının tanımıyla aynıdır.

$$G = \frac{F}{m'} \quad \text{veya} \quad G = \gamma \int \frac{dm}{r^2}$$

III.2.04 SÜREKLİ YÜK DAĞILIMININ ELEKTRİK ALANI

Yüklerin bulundukları sistemden belli bir uzaklıktaki noktada oluşturdukları etki incelenirken, yüklerin bu noktaya olan uzaklıklarına göre birbirlerine olan uzaklıklarının yakın olduğu varsayılabilir. Daha açık olarak birbirine yakın olan yüklerden oluşan sistem, bir hacim veya yüzey üzerinde sürekli biçimde dağılmış toplam yüke eşdeğer olarak ele alınabilir.

Sürekli yük dağılımı olan bir sistemin elektrik alanını hesaplamak için, sistemi herbirinde Δq yüklerinin bulunduğu küçük parçalara ayırabiliriz. Bu küçük parçacığın Δq dan r uzaklıkta bir noktada oluşturduğu elektrik alanı hesaplayabiliriz. Böylece diğer bütün yüklü parçacıkların katkılarını da toplayarak istenilen noktadaki toplam elektrik alanını aşağıdaki gibi bulabiliriz;

$$\begin{aligned} \Delta q \text{ için} \quad \Delta E &= k \frac{\Delta q}{r^2} \mathbf{r} \\ \text{Yük dağılımı için} \quad E &= k \sum_i \frac{\Delta q_i}{r_i^2} \mathbf{r}_i \end{aligned}$$

dir. Burada $\mathbf{r}$ ve $\mathbf{r}_i$ birim vektörleri göstermektedir. Eğer yükler arasındaki uzaklık elektrik alanı bulunacak noktaya göre çok küçükse, son ifade

$$\mathbf{E} = k \lim_{\Delta q_i \rightarrow 0} \sum_i \frac{\Delta q_i}{r_i^2} \mathbf{r}_i = k \int \frac{dq}{r^2} \mathbf{r} \quad (06)$$

halini alacaktır. Son bağıntıya ait hesaplamalar vektörel integral işlemi olduğundan yükün bir doğru boyunca veya bir hacme düzgün olarak dağıldığı varsayılır. Bu nedenle de tanımlamalar ve yük yoğunluğu kavramı kullanışlı olacaktır. Buna göre bir Q yükü bir V hacmine düzgün olarak dağılmışsa birim hacim başına düşen ρ yükü

$$\rho = \frac{Q}{V} \quad (07)$$

ile tanımlanır. burada ρ nun birimi C/m^3 dür.

Bir Q yükü A yüzeyine düzgün olarak dağılmışsa birim yüzeye düşen yüzeyce yük yoğunluğu

$$\sigma = \frac{Q}{A} \quad (08)$$

dır. Burada σ nın birimi C/m^2 dir.

Bir Q yükü l uzunluğundaki bir doğru boyunca düzgün olarak dağılmışsa yük yoğunluğu

$$\lambda = \frac{Q}{l} \quad (09)$$

dir. Burada λ nın birimi C/m dir. Yük bir hacim, yüzey veya doğru üzerinde düzgün olmayacak şekilde dağılmışsa

$$\rho = \frac{dQ}{dV} \quad \sigma = \frac{dQ}{dA} \quad \lambda = \frac{dQ}{dl} \quad (10)$$

olur.

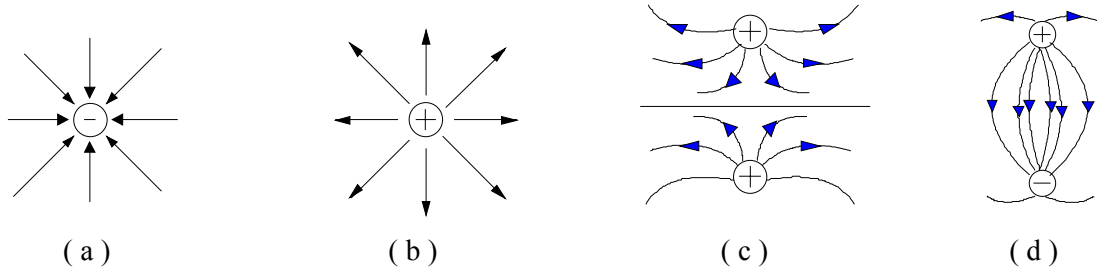
III.2.05. ELEKTRİK ALAN ÇİZGİLERİ

Alan kavramı ve onun öneminden bahsetmiştik. Vektörel bir büyüklük olan elektrik alanını, hidrodinamikteki sıvılara ait akım çizgilerine benzer şekilde gösterebiliriz. Elektrik alan çizgilerini gözümüzde canlandırabilmek için, yönü her noktada elektrik alan vektörüyle aynı doğrultulu eğriler çizebiliriz. Elektrik alan çizgileri denilen bu çizgiler uzayın herhangi bir bölgesinde elektrik alanına aşağıdaki gibi bağlıdır;

1. E alan vektörü elektrik alan çizgisine teğet tir.
2. Alan çizgilerine dik birim yüzeyden geçen çizgilerin sayısı, o bölgedeki elektrik alan şiddeti ile orantılıdır. Böylece, alan çizgileri birbirlerine yakınsa E alanı büyük, uzak olduğunda da küçüktür. Alan düzgün olursa kuvvet çizgileri paralel olarak gösterilir.

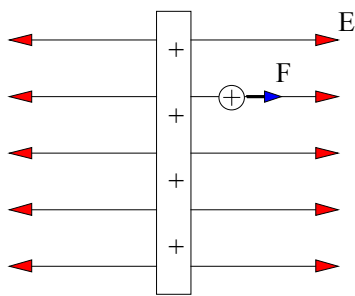
Genelde elektrik alanına ait kuvvet çizgileri uzayın verilen bir bölgesinde onun nasıl değiştiğini resim şeklinde gösterir.

Bazı örnek alanlar Şekil 03.a.b.c.d’de gösterilmiştir. Elektrik alan çizgileri sürekli değildir, bir pozitif yükten çıkarlar ve negatif yükte son bulurlar. Bunun nedeni yüklü bir iletken içinde yükün ve alanın olmamasıdır. Şekil 04 de pozitif yüklü düzgün bir tabakanın elektrk alan çizgileri gösterilmiştir.



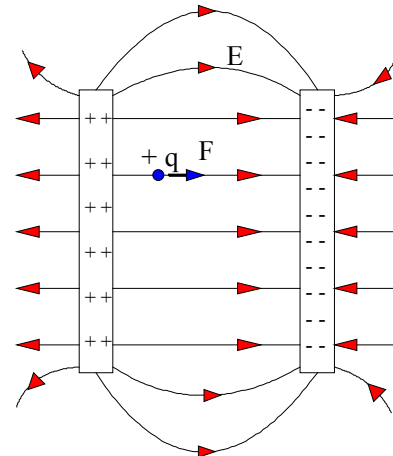
Şekil 03.a , b , c , d . Bazı örnek elektrik alanları

Böyle bir tabakanın önünde serbest bırakılan pozitif bir deneme yükü levhaya dik bir çizgi üzerinde ondan uzaklaşır.



Şekil 04 .

Pozitif yüklü bir tabakanın elektrik alan çizgileri.



Şekil 05

Zıt yüklü levhalar arasındaki elektrik alan

Şekil 5'te zıt yüklü düzlem iki paralel levha arasındaki alan görülmektedir. Plakalar arasındaki alan düzgündür fakat levhaların dış yüzlerine doğru alanın düzgünlüğü bozulur. *Düzgün elektrik alanı, her yerde şiddeti ve doğrultusu aynı olan bir alandır. Düzgün alan paralel çizgilerle gösterilir.*

Elektrik alanın iletken bir yüzeye teğet bileşeni olamaz. Eğer böyle olsaydı iletken içindeki elektrik yükleri hemen harekete geçerdi ve o zaman elektrostatik konusu olmazdı. Buna göre, elektrik alan çizgilerinin daima bir iletkenin yüzeyine dik olarak çıkması ve ona dik olarak yaklaşması gerekmektedir. İletken bir madde içinde elektrik alan çizgileri olamaz.

Düzgün bir E , elektrik alanın kendisine dik bir S yüzeyinden geçirebileceği alan çizgisi sayısı N

$$N = \epsilon_0 E \cdot S \quad (11)$$

dır. Bu bağıntıyı merkezinde bir q yükü bulunan r yarıçaplı küreye uygularsak,

$$N = \epsilon_0 E \cdot S = \frac{1}{4\pi r^2} q 4\pi r^2 = q \quad (12)$$

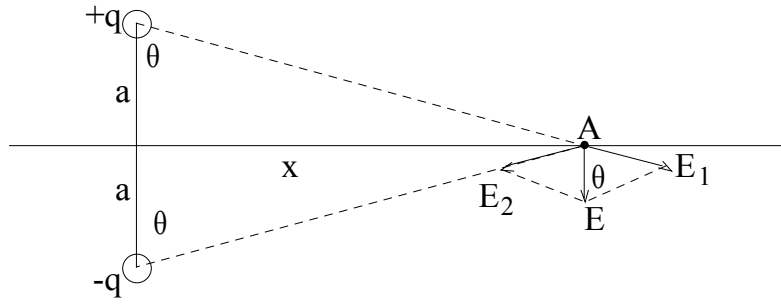
elde edilir. (12) bağıntısıyla kürenin yüzeyinden geçen toplam elektrik alan çizgisi sayısını buluruz. Bu sayı kürenin yarıçapına bağlı değildir, dolayısıyla yükü merkezde olan her küreden aynı sayıda kuvvet çizgisi geçer. Diğer taraftan kuvvet çizgileri hiç bir zaman kesişmezler. Eğer elektrik alan çizgileri yüzeye dik değilse, elektrik alanla dS yüzeyinin normali arasında θ açısı varsa bu sonlu yüzeyden geçen toplam elektrik alan çizgi sayısı

$$N = E dS \cos \theta \quad (13)$$

olur. $1 / \epsilon_0 = 36 \pi \cdot 10^9$ olduğundan, (07) bağıntısına göre bir Coulombluk pozitif yükten $36 \cdot \pi \cdot 10^9$ sayısı kadar alan çizgisi çıkar.

III.2.0 6.DİPOLÜN ELEKTRİK ALANI, DİPOL MOMENTİ.

Aralarındaki uzaklık $2a$ olan çok küçük zıt iki yükün oluşturduğu sisteme *elektrik dipolü* adı verilir. Şekil 06 da gösterildiği gibi yükleri birleştiren doğrunun ortasından çıkılan dikme üzerinde r uzaklığında bulunan A noktasında dipolün oluşturacağı bileşke elektrik alan



Şekil 0 6 . Elektrik dipolünün oluşturduğu elektrik alan

$$\mathbf{E} = \mathbf{E}_1 + \mathbf{E}_2 \quad (14)$$

olacaktır. Ayrıca basit bir analizle,

$$E_1 = E_2 = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{a^2 + x^2}$$

olduğu anlaşılır. $\mathbf{E}_1$ ve $\mathbf{E}_2$ nin vektörel toplamı aşağı doğru yönelmiş ve şiddetide

$$E = 2E_1 \cos \theta$$

ile verilir. Şekilden,

$$\cos \theta = \frac{a}{\sqrt{a^2 + x^2}}$$

dır. Değerler yerine iletilirse

$$E = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{2qa}{(a^2 + x^2)^{3/2}} \quad (15)$$

sonucuna ulaşılır. Eğer $x \gg a$ ise son bağıntı

$$E \approx \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{2aq}{x^3} \quad (16.a)$$

şeklini alır. Son bağıntıda, Şekil 06 daki yük dağılımı nedeniyle $2a$ uzaklığı ile q yükü çarpımı tek terim gibi gözükmetedir. Bu elektrik dipolden $r \gg a$ olacak şekildeki çeşitli uzaklıklardaki elektrik

alanını ölçerek q ve $2a$ yı tek başlarına bulamayız. Ancak $2a \cdot q$ çarpımının değerini bulabiliriz. Burada a uzaklığını aniden yarıya indirip q yu iki katına çıkarırsak elektrik alanının değeri değişmez. Buna göre **$2aq$ çarpımına *elektrik dipol moment*i adı verilir ve bu genelde p ile gösterilir.** Değeri ise $p=2aq$ dur. Bu tanıma göre (16.a) bağıntısı

$$E = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{p}{r^3} \quad (16.b)$$

olarak son ifadesine dönüşür. ***Dipol moment*i, yükleri birleştiren doğru boyunca eksi yükten artı yüke yönelmiş bir vektörlr gösterilir.**

III.2.07. ELEKTRİK ALANDAKİ DİPOL

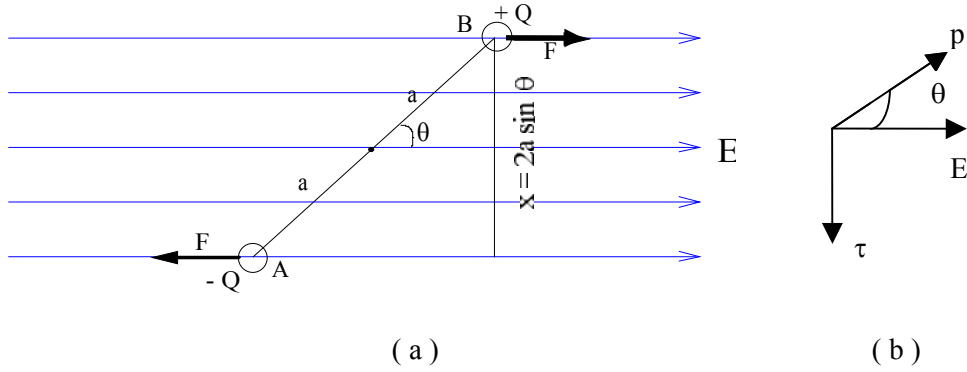
Aralarındaki uzaklık $2a$ olan $+Q$ ve $-Q$ olan iki yük şekil 07 deki gibi bir elektrik alan içinde bulunsun. Böyle bir sisteme elektrik dipol adı verilmiştir. Yüklere, doğrultuları aynı yönleri zıt eşit kuvvetler etkiyecektir. Böyle bir kuvvet sistemine *kuvvet çifti* adı verildiğini daha önceki bilgilerimizden biliyoruz. Kuvvet çiftinin var olduğu yerde başka bir dış etki yoksa bir dönme meydana gelecektir. Dönme oluşturan bu kuvvet çiftleri sistemin tork'u olup, şiddet olarak (Şekil 07.a),

$$\tau = 2a F \sin \theta$$

olacaktır. $P = 2a Q$ olduğu göz önüne alınırsa, yukardaki eşitlik

$$\tau = 2a Q E \sin \theta = p E \sin \theta \quad (17)$$

olarak yazılabilir.



Şekil 07.a.b. Elektrik alandaki dipol ve ona etkiyen tork

Bir elektrik alana yerleştirilen dipole etkiyen tork onu alan doğrultusuna getirmeye zorlar. (17) bağıntısı vektörel olarak

$$\tau = \mathbf{p} \times \mathbf{E} \quad (18)$$

şeklinde gösterilir. **Dipol momentiyükleri birleştiren doğru boyunca eksi yükten artı yüke yönelmiş bir vektörle gösterilir.**

Bu bağıntıdaki vektörler Şekil 07.b de gösterilmiştir. Elektrik alana yerleştirilen dipole etkiyen moment bir iş yapacaktır. Bu iş dipolde ve elektrik alanı oluşturan sistemde potansiyel enerji olarak depolanır. Dipolün θ_0 açısından θ açısına kadar dönmesinde yapılan iş

$$W = \int dW = \int_{\theta_0}^{\theta} \tau d\theta = U$$

olarak bulunur. Bu bağıntıyı (17) eşitliği ile birleştirirsek,

$$U = \int_{\theta_0}^{\theta} pE \sin \theta d\theta = pE \int_{\theta_0}^{\theta} \sin \theta d\theta$$

$$U = pE (-\cos \theta) \Big|_{\theta_0}^{\theta} \quad (19)$$

elde edilir. Dönme başlangıcında $\theta_0 = 0$ ise, buradaki potansiyel enerjide sıfır olacaktır. Dolayısıyla,

$$U = -pE \cos \theta \quad (20)$$

bulunur. Vektörel gösterimle (20) bağıntısı;

$$\mathbf{U} = \mathbf{P} \cdot \mathbf{E} \quad (20.b)$$

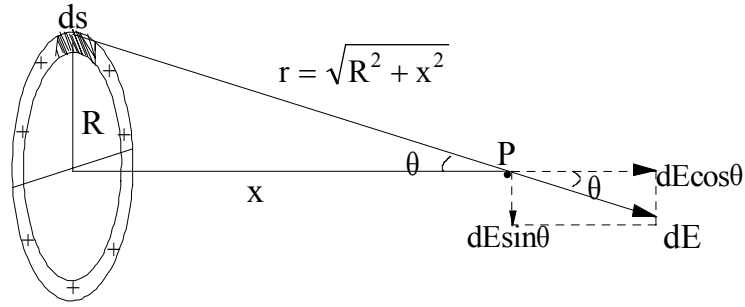
olarak gösterilir.

III.2.08. YÜKLÜ BİR HALKANIN ELEKTRİK ALAN ŞİDDETİ

Şekil 08 de gösterilen a yarıçaplı Q yüküyle düzgün olarak yüklenmiş bir halkanın, merkezinden geçen ve halka düzlemine dik eksen üzerinde halkanın merkezinden x kadar uzaklıktaki bir noktadaki elektrik alan şiddetini hesaplayabiliriz. Şekil 08 deki halkada uzunluğu ds olan halka elemanının taşıdığı yük

$$dQ = Q \frac{ds}{2\pi a} \quad (21)$$

olur. Bu yük elemanı P noktasında bir $d\mathbf{E}$ elektrik alanı şiddeti oluşturur. Simetri gereği bileşke alan halka ekseninde bulunacaktır. Buna göre hesaplamalarda $d\mathbf{E}$ nin yalnızca halka eksenindeki $dE \cos\theta$ bileşeni bileşke alanın hesaplanmasında sonuca gidecektir. Elektrik alanın $dE \sin\theta$ bileşenleri ikiye ikiye birbirlerini yok ederler.



Şekil 08 . Pozitif yüklü bir halkanın simetri ekseninde oluşturduğu elektrik alan

Buna göre vektörel integral yerine,

$$E = \int dE \cos \theta$$

skaler integrali alınır. dE nin değeri,

$$dE = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{dQ}{r^2}$$

ve dQ değeriye yerine iletilirse,

$$dE = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \left(\frac{Qds}{2\pi R} \right) \frac{1}{r^2}$$

olur. Ayrıca,

$$E = \int dE \cos\theta = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \int \left(\frac{Qds}{2\pi R} \right) \frac{1}{r^2} \cos\theta$$

ve

$$\cos\theta = \frac{x}{r} = \frac{x}{\sqrt{x^2 + R^2}}$$

ifadelerinden yararlanılarak,

$$E = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Qx}{(x^2 + R^2)^{3/2}} \quad (22)$$

bulunur. Son eşitliğin özel halleri;

1) Halkanın merkezinde $x = 0$ veya $\cos\theta = 90^\circ$ olacağından $E = 0$ olur.

2) $x \gg R$ ise, $r^2 \approx x^2$ olacağından

$$E = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Q}{x^2}$$

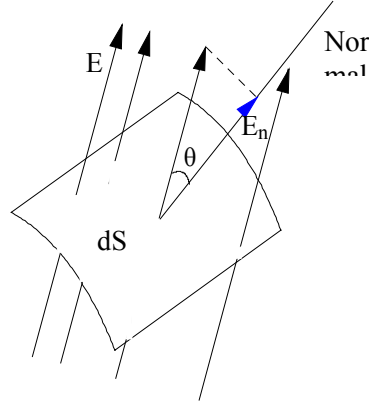
olur. Buna göre eksen üzerinde ve merkezden çok uzakta bulunan bir x noktasından halkaya bakıldığında, halka nokta yük gibi görünür.

III.2.09.GAUSS YASASI

İçinde $(+Q)$ yükü bulunan bir küresel yüzeyden geçen elektrik alan kuvvet çizgilerinin N toplam sayısı, sayıca (Q) ya eşit olduğunu daha önce göstermiştik. Gauss yasası bu ifadenin genelleştirilmiş

şeklidir. Gauss yasasına göre, cebirsel toplamı $(+Q)$ olan bir yük dağılımı kapalı bir yüzey içine kapatılmış olsun. Bu yüzeyin bir yüzey elemanı ds 'i gösterelim Şekil 0 9. Buradaki E alan vektörü

bütün yük dağılımı nedeniyle A noktasındaki alan şiddetidir ve yüzey elemanına normal ile bir θ açısı yapmaktadır. Bu yüzey elemanından geçen elektrik alan kuvvet çizgisi sayısı



Şekil 0 9. Birim yüzey elemanından geçen çizgi sayısı

$$dN = \epsilon_0 (E \cos \theta) ds = \epsilon_0 E_n ds \quad (23)$$

ve kapalı yüzeyden geçen toplam elektrik kuvvet çizgisi sayısı

$$N = \oint dN = \epsilon_0 \oint E_n ds \quad (24)$$

olur. Daha önce $N = Q = \sum Q$ olduğunu göstermiştik, böylece

$$\epsilon_0 \oint E_n ds \cos \theta = \epsilon_0 \oint E_n ds = \sum Q$$

$$\phi = \oint E_n ds$$

ve ϕ 'ye **elektrik alan şiddeti akısı** denildiğinden en son eşitliği

$$\phi = \oint E_n ds = \frac{1}{\epsilon_0} \sum Q \quad (25)$$

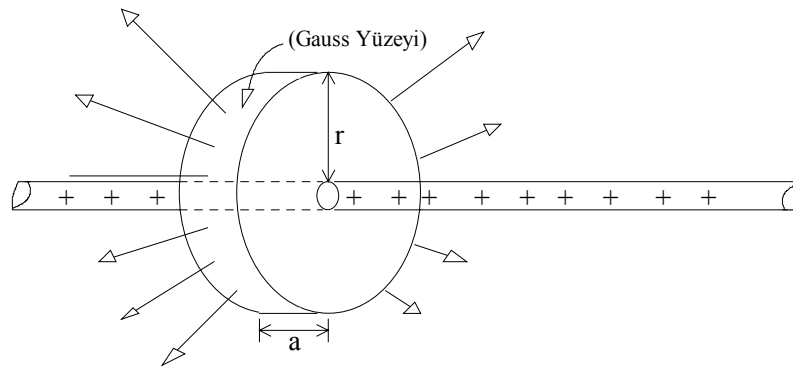
olarak elde edilir. Gauss tarafından verilen bu bağıntı elektromanyetizmanın dört temel yasasından biridir. **Gauss yasasına göre;** Her hangi bir kapalı yüzeyden çıkan toplam akı, bu kapalı yüzey içindeki net elektrik yükünün $1/\epsilon_0$ katına eşittir.

III.2.10. GAUSS YASASININ BAZI UYGULAMALARI

Belirli bir yük dağılımının E alanını hesaplamak amacıyla Gauss yasasının nasıl kullanılabileceğine ilişkin örnekler aşağıda verilmiştir. Düzgün yüklü küreler, uzun silindirler ve düzlem tabakalar halinde olduğu gibi, yüksek simetrisi olan yük dağılımlarında da Gauss yasası kullanışlı olmaktadır. Bu hallerde (24) bağıntısı ile verilen yüzey integralinin kolayca hesaplanacağı basit bir Gauss yüzeyi bulunabilir. *Bu yüzey her zaman yük dağılımlarıyla aynı simetride olacak biçimde seçilmelidir.* Aşağıdaki örnekler bu anlatıma bir açıklık getirecektir.

1) Uzun Yüklü Bir Telin Elektrik Alanının hesaplanması:

Şekil 10 daki gibi, telle aynı eksenli olan, r yarıçaplı ve a uzunluğunda bir dik silindir şeklinde, kapalı bir yüzey " Gauss yüzeyi " çizelim.



Şekil 10 . Yüklü bir iletkenin elektrik alanı

Uçlarına çok yakın olmıyan noktalarda, tel etrafındaki elektrik alan çizgileri, simetri nedeniyle, tele ve silindirik eğrisel yüzeylere diktirler. Yine simetriden dolayı, eğrisel yüzeyin bütün noktalarında alan aynı değere sahiptir. Bundan dolayı silindiri dışarıya doğru giden yönde kesen kuvvet çizgilerinin toplam sayısı, eğrisel yüzeydeki elektrik alan şiddeti (E) ile bu yüzeyin alan değeri çarpımına eşittir. Silindirin uçlarından ise hiç bir kuvvet çizgisi geçmez. Silindirin içindeki yük miktarı, birim uzunluk başına düşen yük λ olmak üzere, $\lambda \cdot a$ 'dır. Buna göre

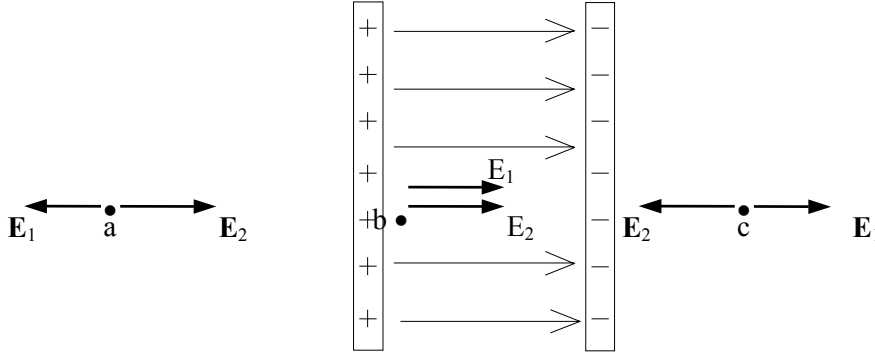
$$E \cdot 2\pi r a = \frac{1}{\epsilon_0} \lambda a$$

$$E = \frac{1}{2\pi\epsilon_0} \cdot \frac{\lambda}{r}$$

dir.

2) Zıt Yüklü Düzlem plakalar (kondansatör) Arasındaki Alan Şiddetinin Hesaplanması ::

İki düzlem paralel iletken levhaya eşit ve zıt yükler verildiği zaman bunlar arasındaki ve bunların dışındaki alan hesaplanabilir Şekil 11 . Levhalardaki elektrik yükünün büyük bir kısmı levhaların karşılıklı yüzeylerinde toplanır, diğer küçük bir kısım yük ise levhaların dış yüzeylerinde toplanır.



Şekil 11. Zıt yüklü düzlem plakalar (kondansatör) arasındaki alan

Burdaki dış yüklerin elektrik alanı ihmal edilebilir. Levhalar arasındaki elektrik alan *düzgün* olacaktır. Endüstride ve teknikte buna benzer paralel levhalardan oluşan sistemlere *kondansatör* (kapasitör) adı verilmiştir. Zıt yüklü paralel levhaların dışındaki ve arasındaki elektrik alan Gauss yasası ile bulunabilir. Buna göre a ve c noktalarında alanın E_1 ve E_2 bileşenlerinin her ikisinde değeri, yüzey yük yoğunluğu değeri σ olmak üzere $\sigma / 2\epsilon_0$ olacaktır. Oysa bunlar zıt yönlü olduklarından bileşke alan değeri *sıfır* olacaktır. Levhalar arasındaki bir b noktasında elektrik alanın E_1 ve E_2 bileşenleri aynı yönlüdürler ve bileşke alan şiddetide

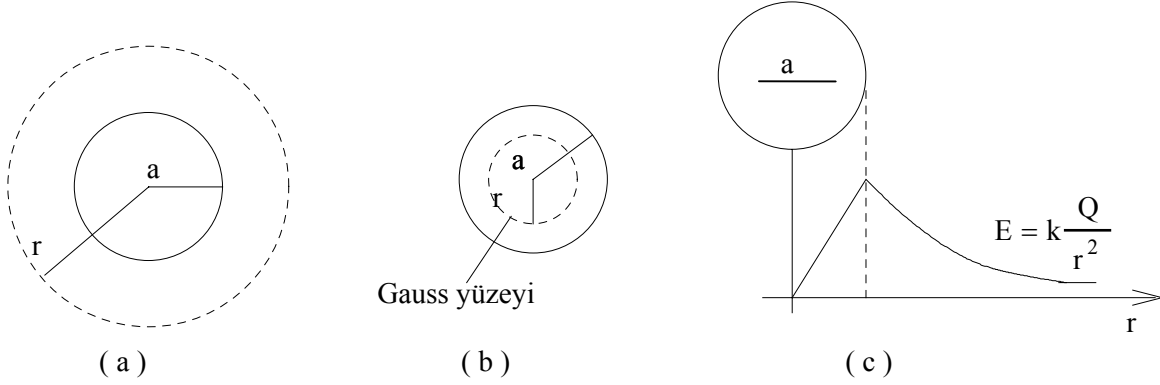
$$E = E_1 + E_2 = \frac{\sigma}{\epsilon_0}$$

dır.

3) Yalıtkan Küredeki Yük Dağılımı ve bunun çeşitli noktalarda oluşturduğu elektrik alan

Yarıçapı a olan yalıtkan bir kürenin ρ düzgün yük yoğunluğu ve toplam Q pozitif yükü vardır. a) kürenin dışındaki bir noktada $r > a$ ve b) kürenin içindeki bir noktada $r < a$ için elektrik alan şiddetini bulunuz (Şekil 12.a.b.c).

a) Mantık yolu ile kürenin dışındaki bir noktada $E = k \frac{Q}{r^2}$ olacaktır (Şekil 12.a.c).



Şekil 12.a.b.c Yalıtkan küredeki yük dağılımı ve bunun çeşitli noktalarda oluşturduğu elektrik alan .

b) kürenin içinde r yarıçaplı bir Gauss yüzeyi seçiyoruz (Şekil 12.b). Gauss yüzeyinin hacmi $V' = \frac{4}{3}\pi r^3$ hacmindeki $q_{iç}$ yükü, $V = \frac{4}{3}\pi a^3$ hacimli kürenin Q yükünden daha küçüktür. Buna göre Gauss yüzeyi $q_{iç}$ yükü

$$q_{iç} = \rho V' = \frac{4}{3}\pi r^3 \cdot \rho$$

küre yükü

$$Q = \rho V = \frac{4}{3}\pi a^3 \cdot \rho$$

dür. İki bağıntıdan

$$q_{iç} = \frac{r^3}{a^3} Q$$

olur. Gauss yasasından E için,

$$\oint \vec{E} d\vec{A} = E \oint dA = E(4\pi r^2) = \frac{q_{iç}}{\epsilon_0}$$

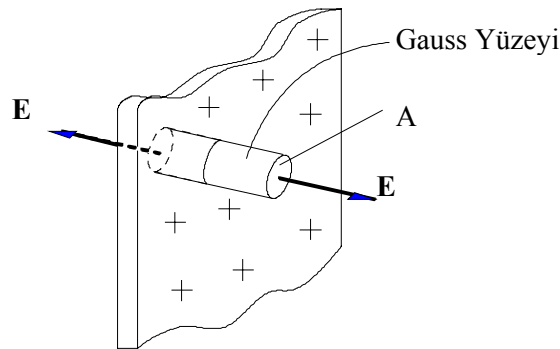
$$E = \frac{q_{iç}}{4\pi\epsilon_0 r^2} = \frac{\frac{r^3}{a^3} Q}{4\pi\epsilon_0 r^2} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{Q}{a^3} \cdot r$$

$$E = k \cdot \frac{Q}{a^3} \cdot r \quad r \ll a$$

bulunur. Bu bağıntıya göre $r \rightarrow 0$ için $E \rightarrow 0$ dır. E nin r ye göre değişimi Şekil 12.c de gösterilmiştir.

4) Yalıtkan ve Düzlem Bir Yük Tabakası

σ düzgün yük yoğunluklu yalıtkan sonsuz bir düzlem tabakanın alanını hesaplayalım. Şekil 13 de görüldüğü gibi simetriden dolayı **E** elektrik alanı düzleme diktir ve düzlemin heriki yüzeyinde



Şekil 13. . Yalıtkan düzlem bir yük tabakasının elektrik alanı

yönleri terstir. Gauss yüzeyi için silindirik yüzey seçilmiştir. Burada **E** silindirin yan yüzeyine paralel olduğundan bu yüzeyden hiçbir akı geçmez. Silindirin herbir tabanından geçen akı EA dır. E tabanlara diktir böylece Gauss yüzeyinden geçen toplam akı 2EA dır. Gauss yüzeyinin iç kısmındaki toplam yük σA olduğundan, Gauss yasasına göre ;

$$\phi = 2EA = \frac{q_{iç}}{\epsilon_0} = \frac{\sigma A}{\epsilon_0}$$

$$E = \frac{\sigma}{2\epsilon_0}$$

bulunur.

III.2.1 1.ELEKTROSTATİK DENGEDEKİ İLETKENLER

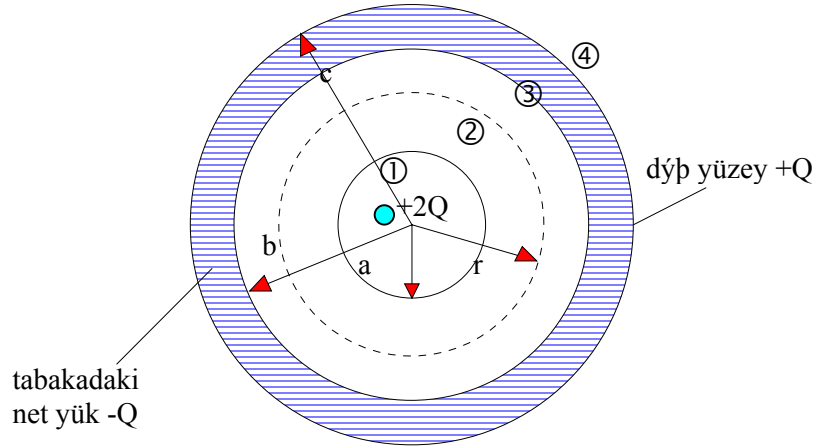
İyi bir iletken olan bakırda, onun atomlarına bağlı olmayan ve madde içinde serbest olarak dolaşan yükler elektronlardır. İletken içinde net bir yük hareketi olmadığından, iletken *elektrostatik dengededir*. elektrostatik dengedeki bir iletkenin özellikleri;

1. İletken içinde her yerde elektrik alan sıfırdır.
2. Yalıtılmış iletkende yük fazlalığı varsa bu fazla yük iletkenin tamamen yüzeyinde bulunur.
3. Yüklü iletkenin hemen dışındaki elektrik alanı iletken yüzeyine dik olup σ/ϵ_0 büyüklüğündedir.
4. Düzgün biçimli olmayan iletkende, yüzeyce eğrilik yarıçapının en küçük olduğu *sivri uçlarda yükler toplanır*

III.2.1 2. KÜRESEL İLETKEN BİR KABUK İÇİNDE BİR KÜRE

a yarıçaplı dolu iletken küre $+2Q$ yüklü ve iç yarıçapı b ve dış yarıçapı c olan iletken küre de $-Q$ yüklüdür. Gauss yasasına göre 1, 2, 3 ve 4 ile gösterilen bölgedeki elektrik alanını hesaplayabiliriz.

Küreler aynı merkezlidirler dolayısıyla her iki kürede de yüklerin dağılımı küresel simetriye sahiptir. Merkezden r uzaklıktaki bir elektrik alanını bulmak için r yarıçaplı Gauss yüzeylerini düşünebiliriz.



Şekil 14 . Küresel bir kabuk içinde bir küre

a yarıçaplı kürenin içindeki 1 bölgesinde E alanını hesaplamak için $r < a$ yarıçaplı Gauss yüzeyini ele alabiliriz. İletken içinde elektrostatik dengede hiçbir yük bulunmayacağından $q_{iç} = 0$ ve buna göre Gauss yasasından $r < a$ için $E_1 = 0$ olacaktır.

$a < r < b$ küreler arası **2** bölgesinde Gauss yüzeyi içinde kalan net yük $+2Q$ (iç küredeki yük) dur. Küresel simetri nedeniyle elektrik alan çizgileri Gauss yüzeyinde çap doğrultusunda dışa doğru ve büyüklükce sabittir. Gauss yasasına göre **2** bölgesi için

$$E_2 A = E_2 (4\pi r^2) = \frac{q_{iç}}{\epsilon_0} = \frac{2Q}{\epsilon_0}$$

$$E_2 = \frac{2Q}{4\pi\epsilon_0 r^2} = 2k \frac{Q}{r^2} \quad (a < b < r \text{ için})$$

elde edilir.

$r > c$ olan **4** bölgesi için, Gauss yüzeyi içinde toplam yük $q_{iç} = +2Q + (-Q) = Q$ olacaktır. Gauss yasasına göre

$$E_4 = k \frac{Q}{r^2} \quad (r > c \text{ için})$$

olur.

$b < r < x$ olan **3** bölgesi için, küresel tabaka elektrostatik dengede olduğundan elektrik alan bu bölgede sıfır olmalıdır. Bu yarıçapta bir Gauss yüzeyi alınırsa $E_3 = 0$ olduğundan $q_{iç} = 0$ olmalıdır. Buna göre dolu kürenin $(+2Q)$ yükünü karşılamak için küresel tabakanın iç yüzeyi $(-2Q)$ yüklü olmalıdır. $(-2Q)$ yükü dolu kürenin $(+2Q)$ yükü etkisiyle oluşur. Ayrıca küresel kabuğun net yükü $(-Q)$ olduğundan kabuğun dış yüzeyindeki yük $(+Q)$ olmalıdır.

III.2.13. DİELEKTRİK SERTLİK

Bir yalıtkan veya dielektrik, içinde bir elektrik alanının etkisi altında devamlı olarak hareketli serbest yüklerin bulunmadığı bir maddedir. Bununla birlikte, her dielektriğin "yalıtkanın" bu özelliğini kaybedip bir iletken haline geldiği limit bir elektrik alan değeri vardır. Bir yalıtkanın özelliği bozulmadan dayanabileceği maksimum elektrik alan şiddetine onun *dielektrik "yalıtkanlık" sertliği* denir. Örnek olarak, normal şartlardaki havanın dielektrik sertliği $E_m = 3 \cdot 10^6 \text{ N/C}$ dur, oysa camın ki bundan iki veya üç misli daha fazladır.

Buna göre 1 cm yarıçaplı bir kürenin hava içindeyken tutabileceği maksimum yük miktarını hesaplamak amacıyla önce onun yüzey yük yoğunluğu

$$\sigma = \epsilon_0 E_m = \frac{3 \cdot 10^6}{36\pi \cdot 10^9} = 27 \cdot 10^{-6} \text{ C / m}^2$$

olarak bulunur. Böylece bu kürenin tutabileceği maksimum yük miktarıda

$$Q = 4\pi a^2 \sigma = 3,4 \cdot 10^{-8} \text{ C}$$

olarak hesaplanır. Gerçekte, hava içinde bir iletkenin diğerine kıvılcım atlamasına ait koşullar $E_m = 3 \cdot 10^6 \text{ N / C}$ değeri ile sınırlanamaz, bu koşullar çok daha karmaşıktır.

III.2. 14. OSSİLASKOP (SKOP)

Katot ışınları doğasının elektronlar olduğunu 1897 yılında J.J .Thomson ortaya koymuş ve elektron yükünün onun kütlesine oranını “ e / m ” ilk kez ölçmüştür. Bu ölçümde kullanılan katot ışınları tüpünde bir elektron demeti , bir akımın oluşturduğu manyetik alanda (manyetik sapma) veya metal levhalar arasında kurulan elektrik alanı ile yolundan saptırılarak (elektrostatik sapma) istenilen ölçüm yapılır. Thomson’un kullandığına benzeyen katot ışınları tüpleri zamanımızda önemli modern elektronik aleti olarak geliştirilmiştir. Katot ışınları tüpü radar sistemleri, televizyon alıcıları ve bilgisayar ekranlarında elektronik bilgilerin görüntülenmesinde kullanılır.

Bir elektron demetinin elektrostatik sapması osiloskopların katot ışınları tüpünde kullanılır Şekil 15.Tüp camdan yapılmıştır ve tüpün havası oldukça boşaltılmıştır. Elektronlar (katot ışınları) ısıtılan bir **filemandan** (katot) yayılır ve filemandan birkaç yüz veya birkaç bin volt yüksek potansiyelde tutulan **anoda** doğru hızlandırılırlar. Anodun küçük bir deliğinden geçen bir lektron demeti **flüoresan ekrana** (fosforlanmış ekran) çarpar ve ekranın merkezinde ışıklı bir leke (spot) oluşturur.

Şekil 15. Katot ışınları tüpü

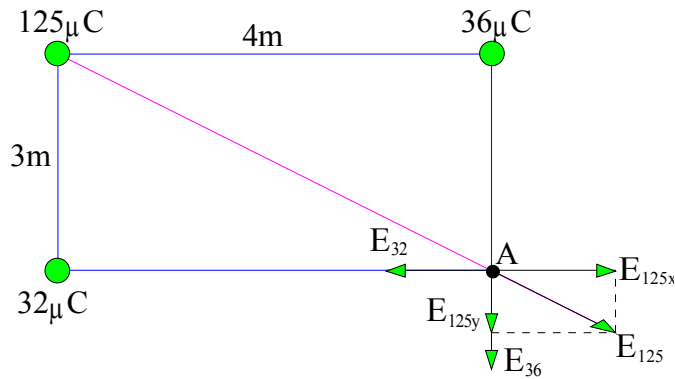
Elektron demeti, tüpün boyun kısmında birbirine dik olarak yerleştirilmiş iki levha takımı arasından geçirilerek çeşitli doğrultularda saptırılabilir. Bu sapma için, birbirine dik konumda bulunan yatay ve düşey levhalardan , yatay olanının levhalarından birinde artı diğeride eksi yük bulunacak ve onun

yük miktarını değiştirecek ve kontrol edecek bir dış elektrik devresi ve aynı şekilde düşey olanının levhalarından birinde artı diğerinde eksi yük bulunacak ve onun yük miktarını değiştirecek ve kontrol edecek ayrı bir dış elektrik devresi kullanılır. Uygulamalarda düşey ve yatay saptırıcı levhalar birlikte kullanılır.

Düşey ve yatay levhalarda hiçbir yük yokken, filemandan çıkan elektron demeti fosforlu ekranın merkezine vurarak bir ışıltama noktası meydana getirir. Yatay levhalardaki yük yavaşça arttırılırsa, ışıklı lekenin (elektron demetinin) merkezden ekran kenarına doğru yatay olarak kaydığı gözlenir. Fosfor ışıltaması nedeniyle ekranda ışıklı nokta hareketi yerine ekran boyunca uzayan yatay bir çizgi gözlenir. Düşey şaptırıcı levhalardada yük değişimi yavaşça oluşturulursa, ışıklı noktanın hareketi ekranda düşey olacağından bukez ekranda düşey bir çizgi görülecektir. Bazı tüplerde elektron demetinin saptırılması tüp dışındaki manyetik alanlarla yapılır (televizyon tüplerinde olduğu gibi). Ossilaskobun katot ışınları tüpünün yanına kuvvetli bir U mıknatısı tutulursa ışıklı lekenin yer değiştirdiği gözlenir.

III.2.14. ÖRNEK PROBLEMLER

I) Yükler Şekil 16 deki gibi bir dikdörtgenin kenarlarına yerleştirilmişlerdir. Bu yüklerin A noktasında oluşturduğu bileşke alan değerini hesaplayınız.



Şekil 16 . Örnek problem 1 .

Çözüm: Her yüke ait A noktasındaki elektrik alan şiddetleri

$$E_{36} = 9.10^9 \frac{36.10^{-6}}{3^2} = 36.10^3 \text{ N / C}$$

$$E_{125} = 9.10^9 \frac{125.10^{-6}}{5^2} = 45.10^3 \text{ N / C}$$

$$E_{32} = 9.10^9 \frac{32.10^{-6}}{4^2} = 18.10^3 \text{ N / C}$$

Bu üç alanın bileşkesi E_{125} i yatay ve düşey bileşenlerine E_{125x} ve E_{125y} şeklinde bileşenlerine ayırırsak,

$$E_{125x} = E_{125} \frac{4}{5} = 45.10^3 \frac{4}{5} = 36.10^3 \text{ N / C}$$

$$E_{125y} = E_{125} \frac{3}{5} = 45.10^3 \frac{3}{5} = 27.10^3 \text{ N / C}$$

olacağından bileşke alan,

$$E^2 = E_x^2 + E_y^2 = (36.10^3 - 18.10^3)^2 + (36.10^3 + 27.10^3)^2$$

$$E = 65,5 \cdot 10^3 \text{ N/C}$$

olarak bulunur.

2) Kütle 0,003 gr olan yüklü bir parçacık, uzayda aşağı yönlü $46 \cdot 10^4 \text{ N/C}$ luk bir elektrik alana konulunca dengede kalıyor. Parçacık üzerindeki yükü hesaplayınız.

Çözüm : Yerkürenin kütle çekimi ve elektrik alanı aşağı yönlü olduklarından parçacığın bu iki etki altında dengede durabilmesi için , yükünün negatif değerli olması ve kütle çekim kuvvetiyle (cismin ağırlığı) elektriksel kuvvetin şiddetlerinin ve doğrultularının aynı, yönlerinin zıt olması gerekir. Böylece $m=0,003 \text{ gr}$, SI birim sistemi kullanılırsa $m= 3 \cdot 10^{-6} \text{ kg}$ olacaktır. Diğer büyüklüklerde bu birim sistemine göre ele alınırsa, $m g = Q E$ kuvvetler eşitliğinden,

$$Q = 3.10^{-6} \frac{9.81}{48.10^4} = 6,13.10^{-3} \text{ C}$$

bulunur. Bu yükün işaretinin eksi olması gereklidir.

3) Zıt işaretli yüklü aralarındaki uzaklık 1 cm olan iletken paralel iki plaka arasındaki elektrik alan düşey yukarı yönlü ve şiddeti 10^4 N / C dur. Plakalar yatay konumda bulunmaktadırlar. a) Bir

elektron plakalar arasındaki 1 cm yolu aldığı anda hızı, kinetik enerjisi ne olur ve bu yolu ne kadar zamanda alır. Elektron alan içersine yatay v_0 hızı ile atılırsa yörüngesinin denklemi ne olur.

Çözüm : a) Kuvvet sabit olduğundan elektron

$$a = \frac{F}{m} = \frac{1.6 \cdot 10^{-19} \cdot 10^4}{9.1 \cdot 10^{-31}} = 1.8 \cdot 10^{15} \text{ m/s}^2$$

değerindeki sabit ivmeyle hareket edecektir. 1 cm veya 10^{-2} m gittikten sonraki hızı

$$v = \sqrt{2ax} = \sqrt{2 \cdot 1.8 \cdot 10^{15} \cdot 10^{-2}} = 6 \cdot 10^6 \text{ m/s}$$

olur. Kinetik enerjisi

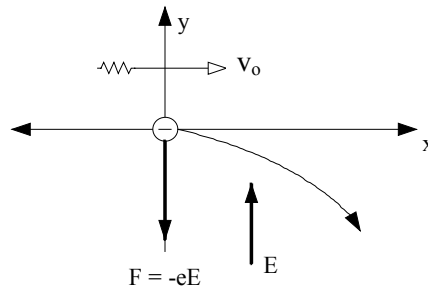
$$\frac{1}{2} mv^2 = \frac{1}{2} 9.1 \cdot 10^{-31} (6 \cdot 10^6)^2 = 16 \cdot 10^{-18} \text{ J (Joule)}$$

dır. Geçen zamanda

$$t = \frac{v}{a} = \frac{6 \cdot 10^6}{1.8 \cdot 10^{15}} = 3.3 \cdot 10^{-9} \text{ s}$$

dir.

b) Elektron alan içersine yatay bir hızla atılmıştır. Alanın yönü yukarı doğru olduğundan elektrona etkiyen elektriksel kuvvetin yönü aşağı doğru olacaktır (Şekil 17). Bu durumda y eksenini doğrultusunda ivmenin değeri $-eE/m$ dir. O halde bir t zaman sonra



Şekil 17 . Örnek problem 2..

$$x = v_0 t \quad y = -\frac{1}{2} \frac{eE}{m} t^2$$

dır. İki denklem arasında t yok edilirse

$$y = -\frac{eE}{2mv_0^2} x^2$$

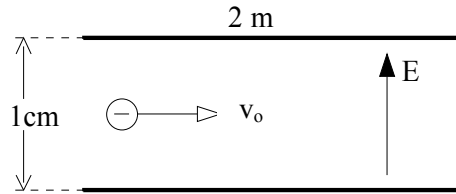
elde edilir. Bu eşitlik bir parabol denklemdir. Bu hareket, yerküreye paralel bir hızla atılan bir cisminkiyle aynıdır.

III.2.15.PROBLEMLER

1) Şekil 18 deki paralel levhalar arasındaki yukarı yönlü düzgün alan içine ,levhalar arasındaki orta noktadan ve levhaların başlangıcından bir elektron yatay olarak $v_0 = 10^7$ m / sn lik hızla sağa doğru fırlatılıyor.

a) Elektron alandan çıkarken alt levhanın tam kenarına rastladığına göre elektrik alan şiddetini hesaplayınız.

b) Elektronun alandan çıkarken hızının doğrultusunu bulunuz.



Şekil 18 . Problem 1.

cevap : a) $1,4 \cdot 10^4$ N / C b) yatayla 27° lik açı yapar.

2) - $144 \cdot 10^{-6}$ C luk bir yük, bir A noktasından 4 m uzağa konulmuştur. A daki alan şiddetinin sıfır olması için, $324 \cdot 10^{-6}$ C luk bir yükün, A noktasından ne kadar uzağa konması gerektiğini bulunuz.

cevap : eksi yükten 2 m önce.

3) Kenarları 2 m olan ABCD karesinin üst A, B köşelerinde $+5 \cdot 10^{-9}$ C luk ve alt C, D köşelerinde $-5 \cdot 10^{-9}$ C luk yükler vardır. CD nin orta noktasındaki elektrik alan şiddetini ve bu noktaya konulan $+(5)^{1/2} 10^3$ C luk bir yüke etkiyen kuvvetin değer ve doğrultusunu bulunuz.

cevap : $16,1$ N / C , $36 \cdot 10^{-3}$ N (Alan ve kuvvet CD ye dik ve AB den uzaklaşan yöndedir.)

4) Normal atmosfer basıncı altında havanın iletkenliği bozulmadan, tutabileceği maksimum elektrik alan şiddeti $3 \cdot 10^6$ N / C dur. Yarı çapı 6 cm ve yüzeyindeki alan şiddeti bu değerde olan yalıtılmış bir metal kürenin üzerindeki toplam yükü hesaplayınız.

cevap : $1,2 \cdot 10^{-6}$ C .

5) Herbirinin yüzölçümü 100 cm^2 olan, zıt yüklü iki düzlem ve paralel levha arasındaki bölgede elektrik alan şiddeti 10 N / C dur. Levhalardan herbiri üzerindeki yük değerini bulunuz.

cevap : $8,85 \cdot 10^{-13} \text{ C}$.

6) Kütleli $0,1 \text{ gr}$ olan küçük bir küre, $3 \cdot 10^{-9} \text{ C}'$ luk yük taşımaktadır ve 5 cm uzunluktaki bir ipek ipliğin uçuna bağlanmıştır. İpliğin diğer ucu $25 \cdot 10^{-7} \text{ -C / m}^2$ yüzey yoğunluklu yüke sahip büyük ve düşey bir iletken levhaya bağlıdır. İpliğin düşeyle yaptığı açığı bulunuz.

cevap : 41° .

7) Yatay iletken paralel levhalar arasındaki bölgede elektrik alan şiddeti 30000 N / C dur. a) Bu bölgede bir elektrona etkiyen kuvveti, b) bu elektronun kazanacağı ivmeyi bulunuz.

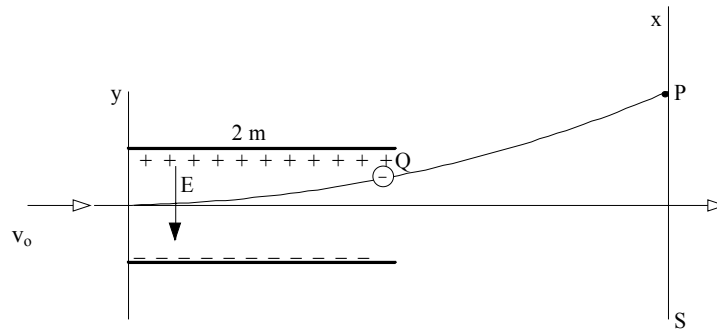
cevap : $4,8 \cdot 10^{-5} \text{ N}$, $5,3 \cdot 10^{15} \text{ m / sn}^2$.

8) $+25$ ve $+20 \mu \text{ C}$ luk iki yük arasındaki uzaklık $2,5 \text{ m}$ dir. Bu yükleri birleştiren doğru üzerinde, büyük yükten ne kadar uzakta elektrik alan şiddetinin sıfır olacağını hesaplayınız. ($1 \mu \text{ C} = 10^{-6} \text{ C}$).

Cevap : $1,67 \text{ m}$.

9) Şekil 18 deki Katot ışını osiloskobunun plakaları arasındaki elektrik alan şiddeti $1,2 \cdot 10^4 \text{ N/C}$ dur. Eğer bir elektron elektrik alana dik olarak $3,2 \cdot 10^{-16} \text{ J}$ luk bir enerji ile girerse, sapırma sisteminin boyu $1,5 \text{ cm}$ olduğuna göre, elektron demetinin sapmasını hesaplayınız.

cevap : $0,34 \text{ mm}$.



Şekil 18 . Problem 9

10) Kenar uzunlukları 20 cm olan bir eşkenar üçgenin köşelerine birer elektron yerleştirilmiştir. a) kenarlardan birinin orta noktasındaki elektrik alanı bulunuz. b) Bu noktaya konulacak diğer bir elektrona etkiyen kuvveti hesaplayınız.

Cevap : a) $8,85 \cdot 10^{-9} \text{ N / C}$ b) $5 \cdot 10^{-7} \text{ N}$

11) Bir elektron demetindeki elektronların herbirinin kinetik enerjisi $1,6 \cdot 10^{-17} \text{ J}$ dür. Bu elektronları 10cm lik mesafede durduracak elektrik alanının büyüklüğünü ve doğrultusunu bulunuz.

Cevap : 1000 N / C yön için konuyu okuyunuz.

12) Bir elektron $8,6 \cdot 10^5 \text{ m/s}$ hızla $E=4,1 \cdot 10^3 \text{ N/C}$ luk bir elektrik alana giriyor. a) elektronun ivmesini b) elektronun alana girdiği andan duruncaya kadar geçen süreyi c) elektronun duruncaya kadar elektrik alan içerisinde aldığı yolu bulunuz.

Cevap : a) $-1,76 \cdot 10^{14} \text{ m / s}^2$ b) $1,19 \cdot 10^{-9} \text{ s}$ c) $0,512 \text{ mm}$.

13) 1g lık mantar top için bir iplikle düzgün bir elektrik alanın bulunduğu bir bölgede asılıyor. $E=(3\mathbf{i}+5\mathbf{j}) \cdot 10^5 \text{ N/C}$ olduğunda top düşeyle 37° de dengede kalıyor. a) toptaki yükü b) ipteki gerilmeyi bulunuz.

Cevap : a) $1,09 \cdot 10^{-8} \text{ C}$ b) $5,43 \cdot 10^{-3} \text{ N}$.

14) Artı yük (protonlar) dağılım merkeziyle, eksi yük (elektronlar) dağılım merkezi tam olarak çakışmadığı için birçok molekül elektrik dipole sahiptir. Buhar durumunda su molekülünün elektrik dipolü $6,24 \cdot 10^{-30} \text{ Cm}$ dir. a) 10^4 N/C luk bir elektrik alan içine konan bir su molekülüne alan tarafından uygulanan maksimum momenti hesaplayınız. b) moleküllerin bu alanda sahip olduğu potansiyel enerji aralığını bulunuz.

Cevap : a) $6,24 \cdot 10^{-26} \text{ N.m}$ b) $-6,24 \cdot 10^{-26} \text{ J}$ c) $+6,24 \cdot 10^{-26} \text{ J}$.

15) M kütleli bir +q yükü x-ekseni boyunca serbestce hareket edebilmektedir. Bu yük x-ekseninde $x=+a$ ve $x=-a$ da bulunan özdeş iki +q nokta yük çiftinin orta yerindeki orijinde dengededir. orijindeki yük $x \ll a$ olacak şekilde küçük bir uzaklığa götürülüp bırakılıyor. Bu yükün

$$f = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{4kq^2}{Ma^3}}$$

açılmal frekansıyla basit harmonik hareket yaptığını gösteriniz. Yol gösterme $\left(1 \pm \frac{x}{a}\right)^{-2}$ açılımını $x \ll a$ için yaparak kareli terimleri ihmal ediniz.

16) $3,2\text{m}^2$ yüzölçümlü düz bir yüzey $E=6,2 \cdot 10^5 \text{ N/C}$ şiddetindeki düzgün bir elektrik alan içinde dönmektedir. Bu yüzeyden geçen elektrik akısının elektrik alanı **a)** yüzeye dik olduğunda **b)** yüzeye paralel olduğunda **c)** yüzey düzlemiyle 75° lik bir açı yaptığında hesaplayınız.

Cevap : a) $1,98 \cdot 10^6 \text{ N m}^2 / \text{C}$ b) 0 c) $1,92 \cdot 10^6 \text{ N m}^2 / \text{C}$.

17) $\mathbf{a_i + b_j}$ düzgün elektrik alanı A yüzölçümlü bir yüzeyden geçmektedir. Bu yüzölçümden geçen elektrik akısı a) yz düzleminde bulunursa b) xz düzleminde bulunursa c) xy düzleminde bulunursa ne kadardır?

Cevap : a) a A b) b A c) 0.

18) 40cm çaplı bir ilmek düzgün bir elektrik alanında en büyük akının elde edildiği konuma kadar döndürülüyor. Bu konumda $5,2 \cdot 10^5 \text{ Nm/C}$ olarak ölçülüyor. Elektrik alan şiddeti nedir?

Cevap : $4,14 \cdot 10^6 \text{ N / C}$.

19) Yeryüzü atmosferinde elektrik alanı $E=100\text{N/C}$ olup aşağı yönlüdür. Yeryüzündeki elektrik yükünü bulunuz.

Cevap : $Q = 4,5 \cdot 10^5 \text{ C}$.

20) Açık, güneşli bir günde düz bir toprak veya su yüzeyi üzerinde düşey doğrultuda aşağı yönelmiş yaklaşık 130N/C luk bir elektrik alan bulunmaktadır. (Yukarda bulutların bulunması durumunda alanın büyüklüğü değişebileceği gibi yönü de tersine dönebilir.) Bu koşullarda topraktaki yüzeyce yük yoğunluğu ne kadardır?

Cevap : $1,15 \text{ C / m}^2$

21) $+5\mu\text{C}$ luk yük, 8cm çaplı yalıtkan bir kürenin hacmine düzgün olarak dağılmıştır. Bu küre ile aynı merkezli a) 3cm b) 10cm c) 100cm uzaklıklardaki elektrik alanını bulunur.

Cevap : a) 0 b) $4,5 \cdot 10^4 \text{ N / C}$ c) $45 \cdot 10^4 \text{ N / C}$.

22) İçi boş iletken dolu bir küre $+8\mu\text{C}$ luk yüke sahiptir. Bu küreyle aynı merkezli iletken bir küre tabakasının iç yarıçapı 4cm dış yarıçapı 5cm ve net yükü $-4\mu\text{C}$ dur. Bu yük dağılımının merkezinden a) $r=1\text{cm}$ b) $r=3\text{cm}$ c) $r=4,5\text{cm}$ ve d) $r=7\text{cm}$ uzaklıklardaki elektrik alanını bulunuz.

Cevap : a) 0. b) $8 \cdot 10^7 \text{ N / C}$ c) 0 d) $7,35 \cdot 10^6 \text{ N / C}$.