

MANYETİK ALANLAR

(1)

Manyetizmanın temeli hareket eden yüklerin etkileşmesidir. Manyetik kuvvetler iki efrede oluşur.
1 - Önce hareket eden bir yük (veya yük topluluğu) manyetik alan oluşturur. 2. Bundan sonra ikinci bir akım veya hareket eden bir yük bu manyetik alana tepki verir. ve üzerinde bir manyetik kuvvet oluşur. Bu bölümde hareket eden yüklerin ve akımların manyetik alanlara nasıl tepki verdiklerine bakacağız. Daha sonra yüklerin veya akımların nasıl M. alan ürettiklerini inceleyerek manyetik etkileşmeler ~~üzerine~~ gelinecektir.

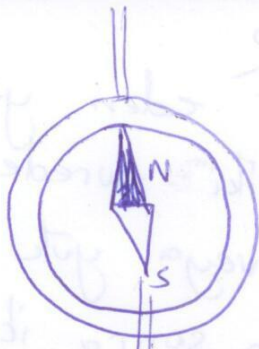
Manyetik kutuplar ile Elektrik yüklerin Karşılaştırılması

Tek başlarına pozitif ve negatif yükler olduğu halde, tek başına manyetik kutup yoktur. Manyetizma ile hareket eden yüklerin ilişkisi ilk kez 1820' de Danimarkalı bilim adamı H.C. Ørsted tarafından gözlenmiştir. Kendisi akım taşıyan telin pusulanın ibresini saptırdığını bulmuştur. Daha sonra Faraday ve Henry iletken halkanın yakınında mıknatıs hareket ettirince halkada bir elektrik akımı oluştuğunu gözlemlemişlerdir.

(2)

Telden akım geçmezse

pusulanın ibresi sıfırı gösterir.



Telden akım
geçtiğinde pusulanın
ibresi sapma
gösterir. Sapmanın
yönü akımın yönüne
bağlıdır.

İki mıknatıs arasındaki çekici ve itici kuvvetlerin
temelde cisimlerdeki hareket eden yüklendir. (elektrostatik)
İki cisim arasında elektriksel kuvvetlerde bulunur.
Ancak bu cisimler elektrik olarak nötr olduğun-
dan bu kuvvetler çok zayıftır. Kalıcı mıknatıs
gibi mıknatıslanmış bir cisimde ~~bu~~ belirli atom
elektronlarının eşgüdümlü bir hareketi vardır.
Mıknatıslanmamış bir cisimde bu hareket eşgüdümlü
değildir.

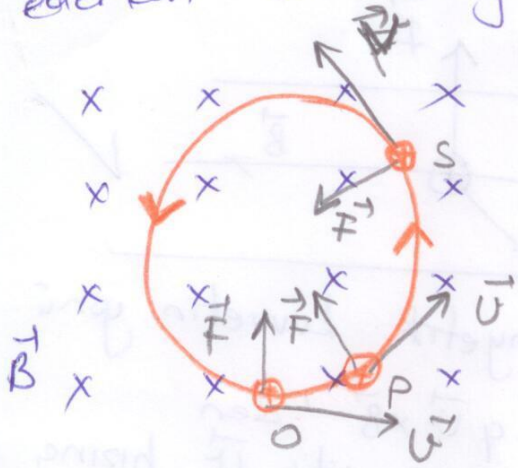
Manyetik Alanda

Yüklü Parçacıkların

(4)

Hareketi:

Yüklü bir parçacık bir manyetik alanda hareket ederken bir manyetik kuvvet vardır.



Şekildeki gibi q yüklü pozitif bir parçacık O noktasında ve şekildeki gibi düzgün bir $\vec{B}$ manyetik alanı içinde $\vec{v}$ hızıyla hareket etmektedir. $\vec{v}$ ve $\vec{B}$ vektörleri birbirine

diktir. Bundan dolayı $\vec{F} = q \vec{v} \times \vec{B}$ ile verilen

kurvetin büyüklüğü $F = qvB$ dir. Kurvet

her zaman v 'ye diktir. bu nedenle büyüklüğü değişmez sadece yönü değişebilir. (Yani manyetik kuvvetin parçacığın hareket yönüne paralel bir bileşeni asla olmaz, yani M. kuvvet parçacık üzerine iş yapmaz) MA'nın düzgün olmasa da bu

sonuç değişmez.

Buna göre şekildeki gibi hem $\vec{F}$ hem de $\vec{v}$ nin büyüklükleri ~~sabit~~ sabit kalır. Ancak P ve S gibi noktalarda kurvetin ve hızın yönü değişmiştir. Ancak büyüklükleri sabit kalmıştır. Parçacığın hızına dik bir kuvvet etkisiyle dairesel hareket yaptığını biliyoruz.

Merkezi ıme v^2/R dr. Kuvvet de 5
manyetik kuvvet $q\vec{v} \times \vec{B}$ dr, Newtonun 2ci
yasasından

$$F = |q| v B = \frac{m v^2}{R}$$

m = parçacığın
kütlesi

$$R = \frac{m v}{|q| B}$$

(Bir m Alan içindeki
parçacığın dairesel
yörüngesinin yarıçapı)

Eğer q yükü negatif ise parçacık
Saat yönünde döner.

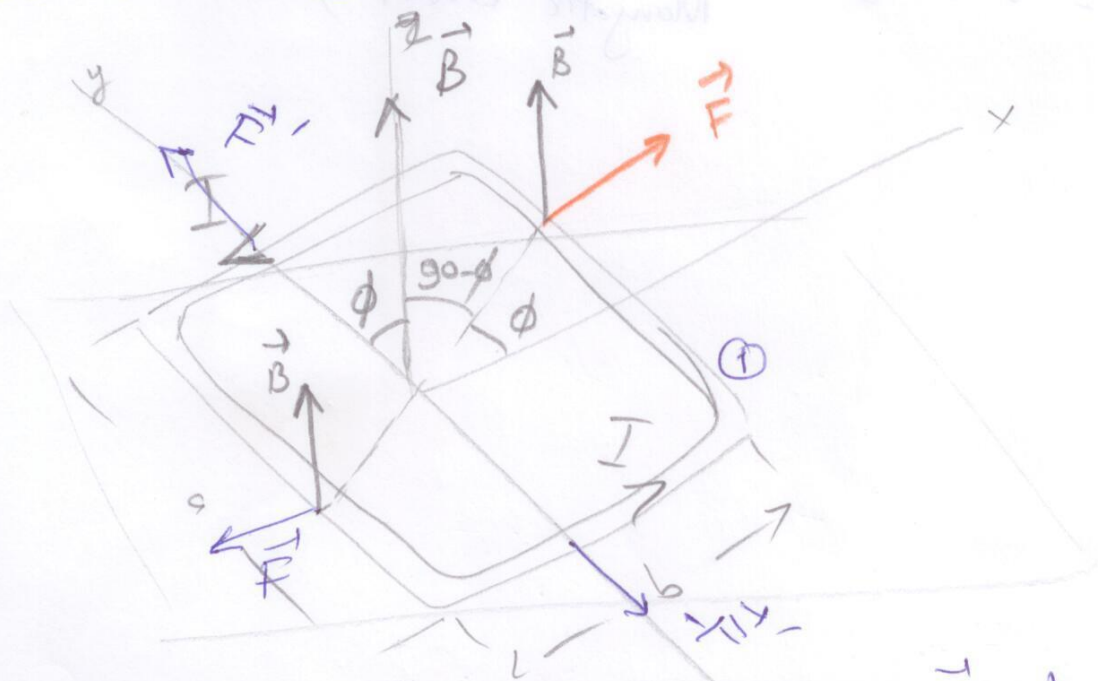
Akım taşıyan bir iletken üzerindeki manyetik kuvvet:

$$\vec{F} = I \vec{L} \times \vec{B} \quad (\text{Düz bir tel parçası üzerindeki
Manyetik kuvvet})$$

Akım Halkası üzerindeki kuvvet ve Tork (6)

Akım taşıyan iletkenler genellikle kapalı halkalar oluştururlar. Bu nedenle halka biçimindeki bir iletken üzerindeki toplam manyetik kuvvet ve torku bulmamız gerekir. Bir örnek olarak, düzgün $\vec{B}$ alanındaki dikdörtgen şeklindeki ~~halka~~ çevrimi ele alalım. Bu çevrimin çok sayıda küçük parçalardan meydana geldiğini düşünebiliriz.

Kenar uzunlukları a ve b olan dikdörtgen bir çevrim düşünelim. Çevrimin düzlemine dik olan çizgi, $\vec{B}$ alan $\vec{B}$ 'nin yönüyle ϕ açısı yapmaktadır. Ve çevrim I akımı taşımaktadır.



Çevrimin ① kısmındaki (uzunluk a) $\vec{F}$ kuvveti sağa doğrudur ve $+x$ yönündedir.

Bu kenardaki kuvvetin büyüklüğü

(7)

(8) $F = I a B$ ile verilir.

Geçirilen karsi kenarına etki eden $-F$ kuvveti karsi kenara dilitir.

Uzunlukları b olan kenarlar $\vec{B}$ nin yönü ile bir açı $(90 - \phi)$ yapar. Bu kenardaki kuvvetler $\vec{F}'$ ile $-\vec{F}'$ vektörleridir.

$$F' = I b B \sin(90 - \phi) = I b B \cos \phi$$

olarak verilir. İki kuvvetin etkiye çizgileri

y - eksenini bağuncadır.

Karşılıklı kenarlar üzerindeki kuvvetler birbirlerini götürdüklerinden ~~hatta~~ çevrim üzerindeki toplam kuvvet sıfırdır. Ancak net tork genelde sıfır olmay.

$\vec{F}$ ve $-\vec{F}'$ aynı çizgi üzerindedir ve herhangi bir noktaya göre sıfır tork verirler.

$\vec{F}$ ve $-\vec{F}'$ olarak verilen iki kuvvet değişik çizgiler üzerindedir. ve her biri y - eksenine göre bir tork verir. Sağ el kuralına göre torkların her ikisinde + y yönündedir. Bundan dolayı net vektörel tork $\vec{\tau}$ da + ye yönündedir. Her birinin moment kolu $\vec{r}$ aynı eksenlerde, kuvvete olan dik uzaklığa eşittir ve $(b/2) \sin \phi$ olur.

Bu durumda her bir kuvvetin torke büyüklüğü $F(b/2) \sin \phi$ olur. (8)

Buna göre net torke

$$\tau = 2 \cdot (b/2) \sin \phi = \underbrace{(I B a)}_F (b \sin \phi)$$

~~Geçerim~~ alanı $A = ab$ dir.

$$\tau = I B A \sin \phi$$

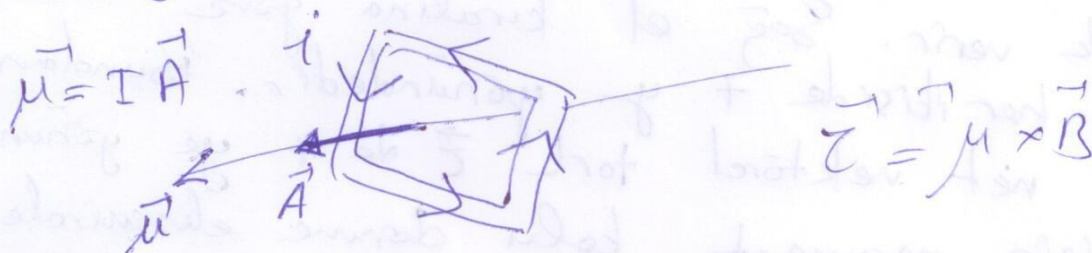
$I A$ çarpımına çevrimin manyetik dipol momenti veya manyetik moment denir.

$$\mu = I A$$

$$\tau = \mu B \sin \phi$$

ϕ : çevrime dik olan yön ($\vec{A}$ 'nin yönü) ile $\vec{B}$ arasındaki açıdır. Bir akım çevrimi veya herhangi bir cismin üzerinde $\star$ denklemleri ile verilen manyetik torke varsa buna manyetik dipol denir.

Manyetik Torke



MANİYETİK ALAN KAYNAKLARI 9

geçen bölümde manyetik alanların bir şekilde varolduğunu kabul edip, bu M Alanın hareket eden yüklere ve içinden akan geçen iletkenlere nasıl ~~etki~~ kuvvet uyguladığını inceledik.

Bu bölümde dogal mikratistlar ve akım taşıyan iletkenlerin manyetik alan ürettiklerini bildirmişe göre bu kaynakları ayrıntılı olarak inceleyeceğiz.

Hareket eden Parçacığın M Alanı.

$\vec{v}$ sabit hızı ile hareket eden q elektirik yükünün ürettiği M Alanı ele alalım.

Tek bir parçacığın oluşturduğu M Alanın nasıl hesaplandığını gördükten sonra, akım taşıyan bir iletken telin yarattığı toplam M Alanı hesaplamak kolaydır.]

Deneyler M Alanın (B) $1/r^2$ ile orantılı olduğunu göstermiştir. Ancak B nın yönü yükün bulunduğu noktadan alan noktasına, geçen çizgi üzerinde değildir. M Alan bu çizgi ve parçacığın hız vektörünün oluşturduğu düzleme diktir. M Alanın büyüklüğü

$$B = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{1q) v \sin\phi}{r^2} \quad \text{ile verilir}$$

Hareketli yük:

$$\vec{B} = \frac{\mu_0}{4\pi} q \frac{\vec{v} \times \vec{r}}{r^2}$$

(sabit hızla hareket eden noktasal yükün M. Alanı)

(10)

Hareketli yüke ait M. Alan çizimleri



$\vec{v}$ hızı ile ~~hareket~~ yükün kağıt düzleminin içine doğru gittiğini gösterir. M Alan çizimleri çember şeklindedir. parmak

Sap elinizin $\vec{v}$ hız vektörünün yönünü gösterecek şekilde tutarsak, M. Alan kıvrılan parmaklar yönünde olacaktır.

(q pozitif ise) zıt olur.
yük negatif ise

Eğer parçacık ivmeli hareket ediyorsa, alan çok karmaşık olur. Burada bunu gerektirir. [Ayrıca bir iletkende sürüklenme hızı v_d 'nin büyüklüğü genellikle çok düşük olduğundan, ivmelenme v_d^2/r de çok küçüktür ve ivmelenme etkisi ihmal edilir]

Akım Elemanının M. Alanı

(11)

Hareket eden birer fazla parçacığın yarattığı toplam M Alan her bir parçacığın ya da alanların vektör toplamıdır.

(Süperpozisyon Prensipleri)

$$d\vec{B} = \frac{\mu_0}{4\pi} I \frac{d\vec{\ell} \times \vec{r}}{r^2} \quad (\text{akım elemanının M. Alanı})$$

Manyetik Malzemeler

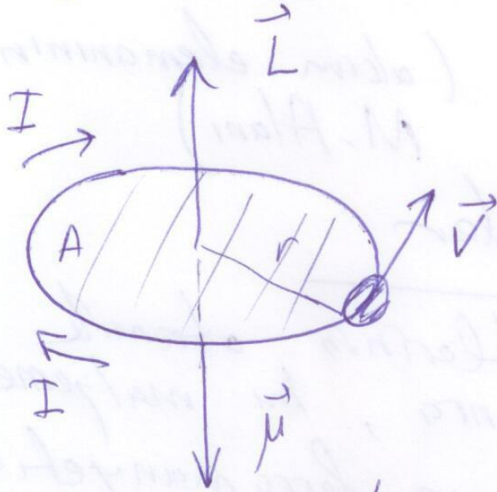
Malzemelerin M. özelliklerinin atomik yapısını tanımladıkları sonra, bu malzemeleri paramanyetik, diamanyetik ve ferromanyetik olarak sınıflandırırız.

Bohr Magneton

Atomlardaki elektronlar hareket halindedir ve mikroskopik akım halkası oluşturan elektronlar, kendilerinin M. Alanını üretir. Birçok malzemede bu akımlar gelişigüzel yönde olduklarından net M Alan üretmezler. Fakat bazı malzemelerde dış M Alan (malzemenin dışındaki akımların ürettiği M Alan) bu akımların belli bir yön tercih etmelerine yol açabilir ve

kendi M. Alanı dış manyetik alana eklenir.
Bu durumda malzemeye manyetize (magnetslanmış)
olmuş deriz. (12)

Öncelikle bu mikroskopik akımların nasıl
oluştığına bakalım



Şekilde atomdaki bir e. nun
barıt modeli verilmiştir.

Eletronun yükü e ,
kütle m yarıçaplı
yörüngede hızı v olsun.

Eletronun bu hareketi

bir akım halkasına eşdeğerdir. Daha önce
A alanına sahip I akımı geçen bir akım
halkasının sahip olduğu manyetik dipol momentini
 $\mu = IA$ olarak bulunmştuk. Dönen elektron için
halkanın alanı $A = \pi r^2$ dir. Elektronla akımın
bağlantısını bulmak için, yörünge periyodu T 'in
(eletronun yörüngesinde bir tam devir zamanı)
~~eletronun~~ yörünge çevresinin eletronun hızına
bölümüdür. Yani $T = \frac{2\pi r}{v}$

Eletronun hareketine eşdeğer akım I , birim
zaman da yörünge üzerinde bir noktada geçen

toplam yükür yani elektron yükü e 'nin
yörünge periyodu T 'ye bölümüdür
(Çünkü $i = \frac{q}{t}$ idi) $I = \frac{e}{T} = \frac{eV}{2\pi r}$ (13)

Buna göre manyetik moment $\mu = IA$

$$\mu = \frac{eV}{2\pi r} (\pi r^2) = \frac{eVr}{2}$$

μ 'yı elektronun açısal moment L cinsinden
ifade etmek kullanışlı olacaktır. Dairesel
yörüngede hareket eden parçacığın açısal
momentumunun büyüklüğü; momentumunun büyüklüğü
 q 'nın (mv) ile yarıçapı (r) ile çarpımıdır

$$L = mvr$$

Buna göre $\mu = \frac{eVr m}{2m} = \frac{eL}{2m}$

Bu ifade kullanışlıdır. Çünkü atomun açısal
momentumu kuantizedir. Yani belirli bir yönde
açısal momentumun birleşeni $h/2\pi$ 'nin

hamsayı katıdır. h Planck sabitidir $6,626 \cdot 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}$

$$L = \frac{h}{2\pi} \text{ ise}$$

(14)

$$\mu = \frac{e}{2m} L = \frac{e}{2m} \left(\frac{h}{2\pi} \right) = \frac{eh}{4\pi m}$$

Bunu $\mu_0 = \frac{eh}{4\pi m}$ Bohr magneton' u denir.

Değeri $\mu_0 = 9,274 \cdot 10^{-24} \text{ A}\cdot\text{m}^2 = 9,274 \cdot 10^{-24} \text{ J/T}$

Elektronlar spin denilen kendilerine ~~giz~~ özgü (döruşsal momentumundan bağımsız) bir açısal momentuma sahiptir. Yani yörüngede yapılan hareketten bağımsızdır. Bunu elektronun bir eksen etrafında dönmesi gibi canlandırabiliriz. Bu açısal momentum bir manyetik moment yaratır ve yarattığı manyetik momentumun büyüklüğü bir Bohr magnetron değerine çok yakındır. Spin Manyetik moment 1.001 μ_0 civarındadır.

Paramanyetizm

(15)

Bir atomda elektronların yörüngesel hareketinden ve spinlerinden kaynaklanan gezitli manyetik momentumların birçoğu toplandığında sıfır olur. Ancak bazı durumlarda bir atom μ_B mertebesinde net Manyetik momente sahiptir. Böyle bir malzeme bir M Alan içine konduğunda, alan her manyetik moment üzerine $\vec{\tau} = \vec{\mu} \times \vec{B}$ torku uygular.

Bu torklar potansiyel enerjisi minimize ederek şekilde manyetik momentleri alan yönünde dönmeye çalışır. Manyetik momentler bu durumdayken, mikroskopik akım devrelerinin ürettiği M Alan dış alana eklenecek şekilde olur.

Bir akım halkasının ürettiği M Alan B , halkanın manyetik dipol momentini ile ~~orantılıdır~~ orantılıdır. Aynı şekilde mikroskopik elektron akım halkalarının ürettiği dış alana eklenen B ile malzeme içinde birim hacim V' 'deki toplam manyetik moment $\vec{\mu}_{toplam}$ ile orantılıdır.

Bu vektörel büyüklüğe malzemenin mıknatıslanması denir ve $\vec{M}$ ile gösterilir. (16)

$$\vec{M} = \frac{\vec{J}_{\text{toplam}}}{V}$$

Malzemenin mıknatıslanmasından kaynaklanan ilave M-Alan $\mu_0 \vec{M}$ ye eşittir.

Böyle bir malzeme akım taşıyan bir iletken içinde tamamen gömüldüğü zaman malzemedeki toplam M-Alan $\vec{B}$,

$$\vec{B} = \vec{B}_0 + \mu_0 \vec{M}$$

Bu tip malzemelere paramanyetik denir. Böyle malzemeden meydana gelen ortamda M-Alan kaynakları boşluğa üreticileri M-Alan M-Alandan K_m defa daha güçlü M-Alan üretirler. K_m malzemenin izafi (göreceli) manyetik katsayısıdır. K_m değeri malzemeden malzemeye değişir. Paramanyetik katı ve sıvı malzemelerle K_m oda sıcaklığında genellikle 1.00001 ve 1.003 arasında değişir.

$$\mu = K_m \mu_0$$

Manyetik süsseptibilite.

(A)

$$\chi_m = K_m - 1$$

Atomik manyetik momentlerin enerjilerini minimize edecek şekilde manyetik alana paralel yönde dizilmelerine rastgele ısı hareketleri karşı koyar. ısı hareket genellikle rastgeleliği artırma eğilimindedir. Bu nedenden dolayı paramanyetik süsseptibilite artan sıcaklık karşısında azalır. Çogu ortamda paramanyetik süsseptibilite mutlak sıcaklık T ile ters orantılıdır. Mikenatislanma M

$$M = c \frac{B}{T} \quad (\text{Curie yasası})$$

$\downarrow$
bir sabit (Curie sabiti)

Manyetik dipoller mikenatisların kutuplarına doğru çekilirler, ancak genelde sıcaklığın kaynaklanan hareketten dolayı dipoller bir yönde dizilmemiş olduğundan bu kuvvet oldukça zayıftır. Örneğin bir Alüminyum parçası (paramanyetik) mikenatis ile kaldıramayız. Fakat düşük sıcaklıkta sıcaklık etkileri Curie yasası ile uyumlu olarak azalır. ve çekim kuvvetin etkisi artar.

Örnek Nitrik Oksit (NO) paramanyetik bir (18) bileşimdir. Moleküllerinin herhangi bir yönde maksimum manyetik momenti 1 Bohr magnetonu kadardır. Bu bileşim 1.5 T şiddetinde bir M Alas içine konuluyor. Moleküllerinin 300 K sıcaklığında ortalama ötelenme kinetik enerjileri ile manyetik alan ile etkileşme enerjilerini karşılaştırınız

Manyetik moment $\vec{\mu}$ ile manyetik alan $\vec{B}$ etkileşme enerjisini $U = -\vec{\mu} \cdot \vec{B}$ olarak çıkarılmıştır.

T sıcaklığında bir molekülün ortalama ötelenme kinetik enerjisinin $K = \frac{1}{2} kT$ olduğunu görmüştük ki Boltzman sabitidir.

Etkileşme enerjisi $U = (\mu \cos \phi) B$ dir. $\mu \cos \phi$, manyetik moment $\vec{\mu}$ nün B yönünde bileşenidir. $\mu \cos \phi$ nün alabileceği en yüksek değer μ_B dir.

$$|U|_{\max} = \mu_B B = (9.27 \times 10^{-24} \text{ J/T})(1.5 \text{ T}) = 1.4 \cdot 10^{-23} \text{ J} = 8.7 \cdot 10^{-5} \text{ eV}$$

Ortalama ötelenme kinetik enerjisi $K = \frac{3}{2} kT = \frac{3}{2} (1.38 \cdot 10^{-23} \text{ J/K})(300 \text{ K})$

$$K = 6,2 \cdot 10^{-23} \text{ J} = 0,039 \text{ eV}$$

(19)

300 K sıcaklığında manyetik etkileşme enerjisi rastgele kinetik enerjiden çok daha düşüktür. Bu durumda manyetik momentlerin dış M-Alan etkileşimi fazla değildir. Oda sıcaklığında paramanyetik susceptibility'nin genelde çok düşük olmasının nedeni budur.

Diya manyetizm

Bazı maddelerde atomik akım halkalarının manyetik momentleri toplamı herhangi bir manyetik alan olmadığında sıfırdır. Ancak bir dış alan - atomlarındaki elektron hareketini değiştirir. Yani bu maddelerde manyetik etkiye sahip olurlar. Dış alan ek akım halkalarına (Elektrik dipollere benzer) etkilenmiş manyetik dipollere neden olur. (Elektrik dipoller dış alana konulduklarında elektrik momentleri artıyordu) Bu durumda bu akım halkalarının ürettiği MAlan, dış alanın yönüne zıt yöndedir. Üretilen MAlanın dış alana zıt yönde olması Faraday yasası ile açıklanır. Bu yasa göre

etkilerlendirilen akım, ona yol açan MAlan (20
daima yol edeceğine göre bir MAlan üretir.

Bu malzemelere diyamanyetik denir.
Manyetik süseptibilite daima negatiftir.

İzafi Manyetik katsayıları K_m 1'den
ardır. (0,99990 ile 0,99999 arasındadır)

Diyamanyetik süseptibilite skalası
neredeyse bağımsızdır

Ferromanyetizm

Demir, Nikel, Kobalt ve
bunlarıdır. Ferroman

birçok aların
malzemelerde atomik

manyetik momentler
etkilerim onların manyetik bölge denilen

bir bölgede aynı yönde dörpmelerine
neden olur. Bu da bir alan oluşmasına

gerektirir

② Miknatıslanmayı
sıfırlamak
sıfırlanmış alan
ihtiyacı vardır

④ Miknatıslanmayı
korumak için gereklilikten
fazla alan uygulanırsa
217 yönde miknatıslanma
olur.

Miknatıslanma

Dis alan sıfıra indirilmes
miknatıslanma devam ediyor

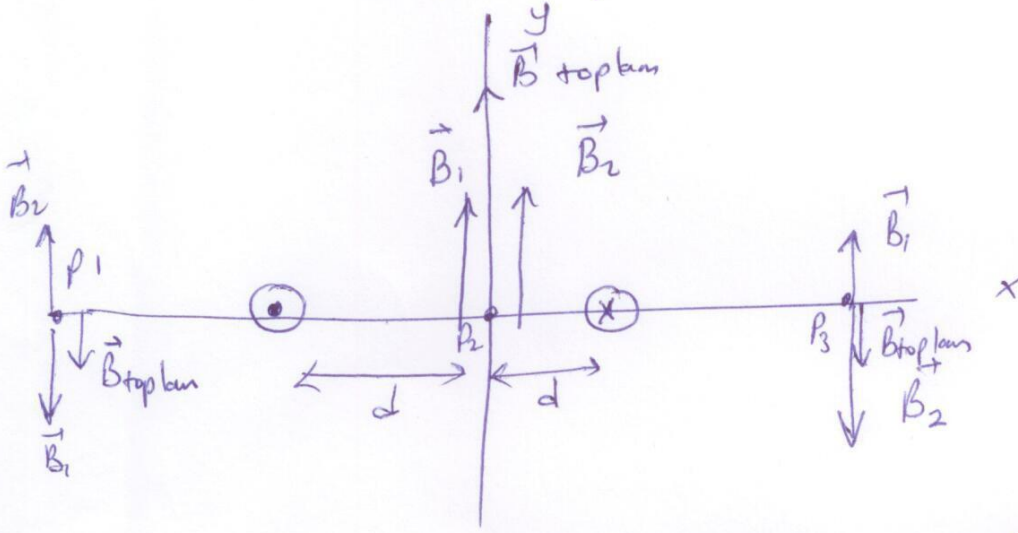
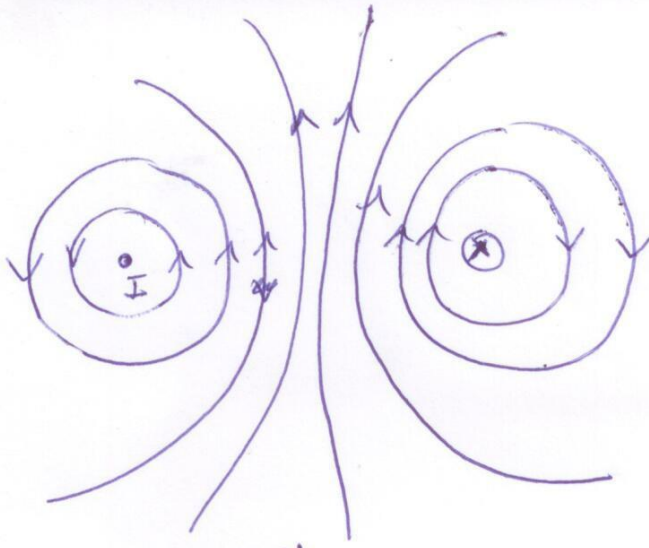
Malzeme dis alan
etkisinde kayma
kader miknatıslan.

Uygulanan dis MAlan

⑥ Dis alanın başlangıç yönünde
arttırılması, miknatıslanmayı
gene sıfırlar.

⑤ Dis alan sıfırlansa da
bu miknatıslanma devam eder

(21)



İki iletken arasındaki bölgede M Alan sıfırdır.