BÖLÜM 10

MANYETİK ALAN KAYNAKLARI

Üniversite Fiziği, 12. Baskı
– Hugh D. Young ve Roger A. Freedman

Dersin Ana Kaynak Kitabı

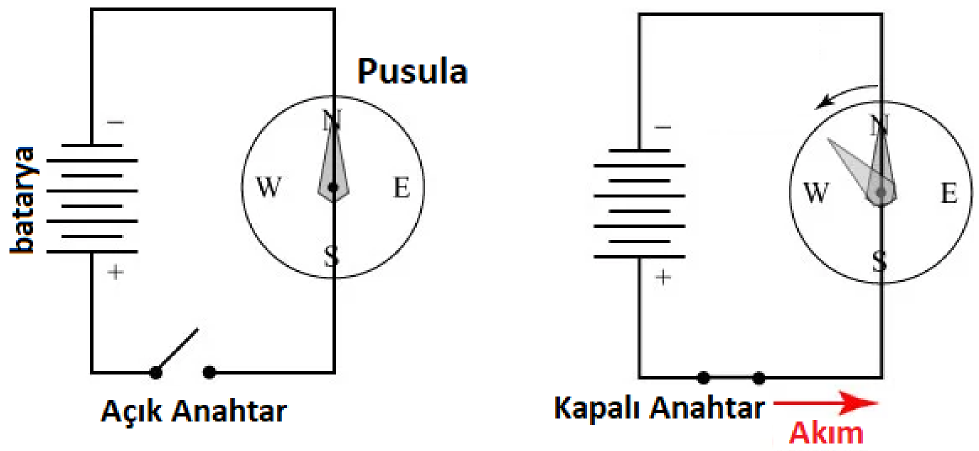
- Y. And F. Üniversite Fiziği II
- Serway Fizik II

10. Bölümün Hedefleri

- Hareket eden yüklü bir parçacığın ürettiği manyetik alanı tanımlamak
- Akım taşıyan küçük bir tel parçasının ürettiği manyetik alanı tanımlamak
- Akım taşıyan, uzun düz bir iletkenin manyetik alanını hesaplamak
- Akım taşıyan teller arasındaki manyetik kuvvetleri anlamak
- Akım taşıyan halka telin ürettiği manyetik alanı hesaplamak
- Manyetik alanları hesaplamak için Ampere Yasasını kullanmak

Giriş

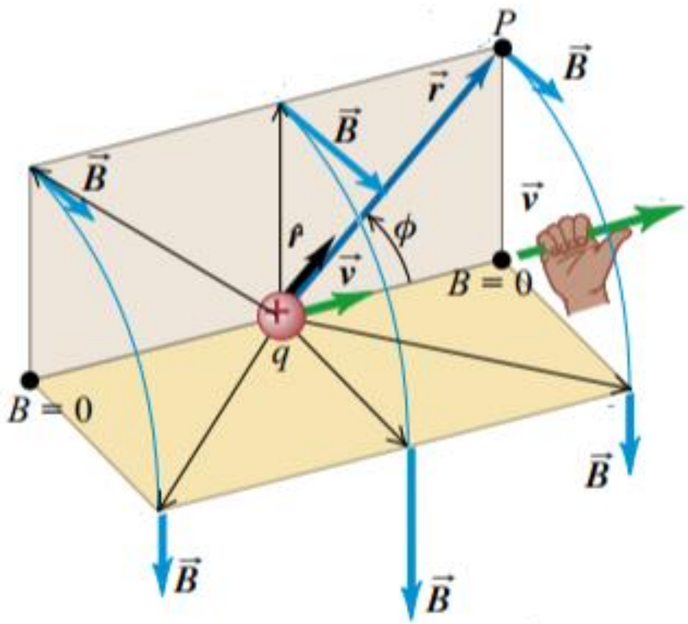
H.C. Örsted 1819’da içinden akım geçen iletkenin yakınındaki bir pusula ibresinin saptığını gözlemledi.



Jean-Baptiste Biot ve Felix Savart ise, bir elektrik akımının yakınındaki bir mıknatısa uyguladığı kuvvet ile ilgili ***nicel*** deneyler gerçekleştirmiştir.

Deneylerden yola çıkarak uzayın bir noktasındaki manyetik alanı, bu alanı oluşturan akım cinsinden veren matematiksel ifade buldular.

Hareket Eden Parçacığın Manyetik Alanı



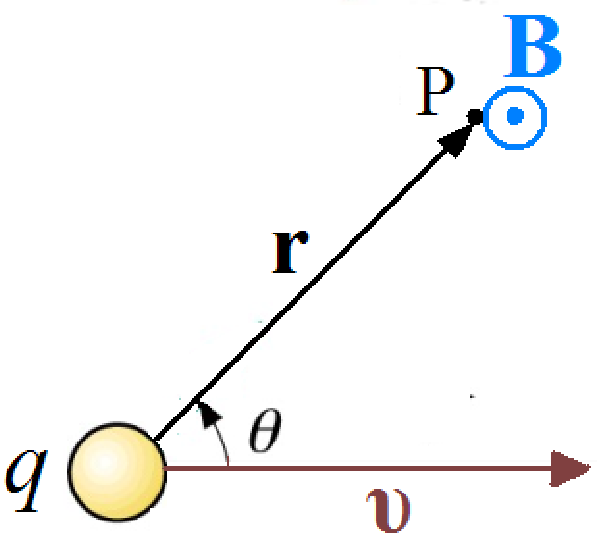
(sabit hızla hareket eden noktasal yükün manyetik alanı)

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

$$\hat{r} = \vec{r}/r$$

$\vec{B}$; $\vec{v}$ ile $\hat{r}$ 'ye diktir.

$$B = \frac{\mu_0}{4\pi}\frac{|q|v\sin\phi}{r^2}$$



Yükün arkadan görünüşü

Hareket Eden Parçacığın Manyetik Alanı

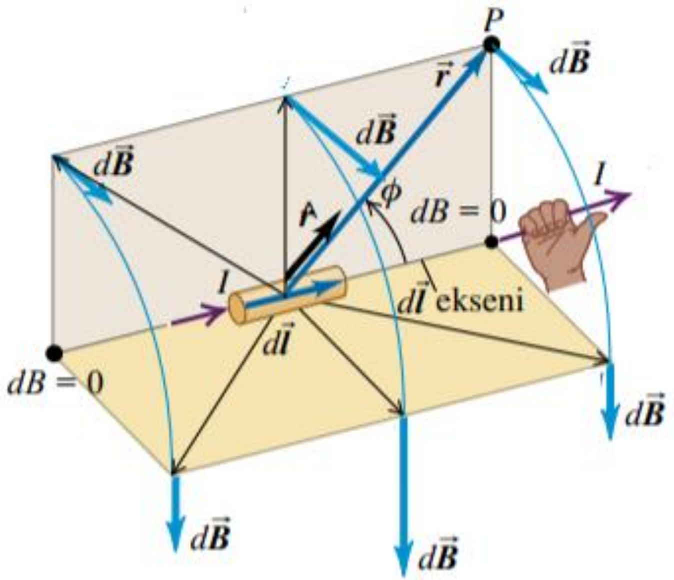
$$\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7}\ {}^{T \cdot m}/_{A}$$

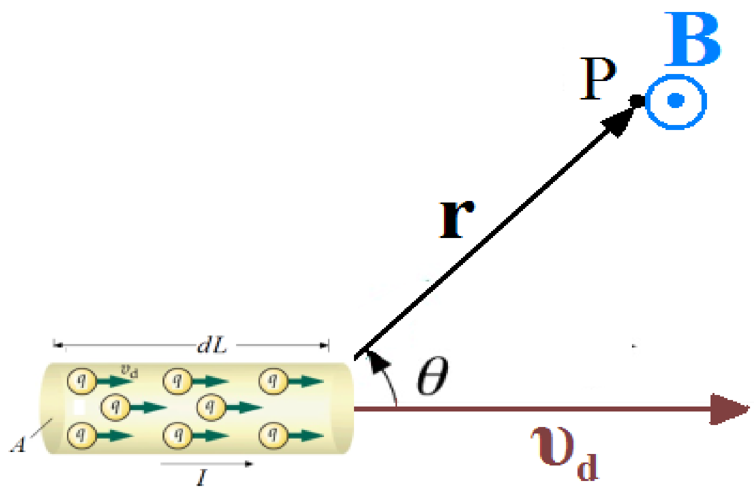
$$\epsilon_0 = 8.854 \times 10^{-12}\ {}^{C^2}/_{Nm^2}$$

$$c = {}^{1}/_{\sqrt{\epsilon_0 \mu_0}}$$ (c; ışık hızı)

$$1\ \mathrm{T} = 1\ \mathrm{N \cdot s/C \cdot m} = 1\ \mathrm{N/A \cdot m}$$

Akım Elemanının Manyetik Alanı





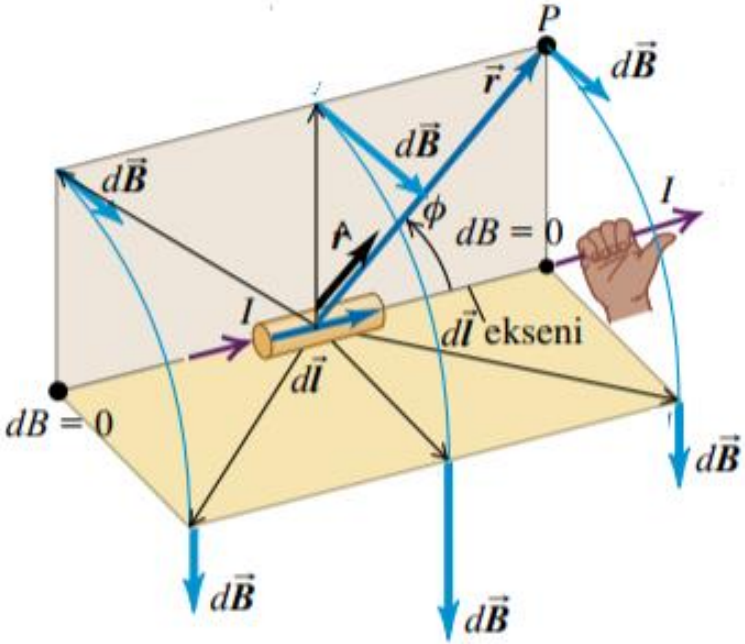
$d\vec{l}$ elemanının **hacmi** $dV = Adl$'ye eşittir.

Eğer birin hacimde, her biri q yüküne sahip n tane yüklü parçacık var ise dV hacmi içerisinde toplam hareket eden yük miktarı;

$$dQ = nqdV = nqAdl$$

$$B = \frac{\mu_0}{4\pi}\frac{|q|v\sin\phi}{r^2} \Longrightarrow dB = \frac{\mu_0}{4\pi}\frac{|dQ|v_d\sin\phi}{r^2} = \frac{\mu_0}{4\pi}\frac{n|q|v_d A\,dl\sin\phi}{r^2}$$

Akım Elemanının Manyetik Alanı



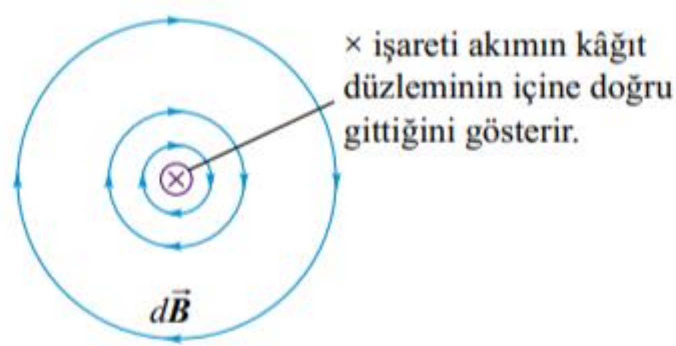
$$I = n|q|v_d A$$

$$dB = \frac{\mu_0}{4\pi}\frac{n|q|v_d A\,dl\sin\phi}{r^2}$$

$$dB = \frac{\mu_0}{4\pi}\frac{I\,dl\sin\phi}{r^2}$$

$$d\vec{B} = \frac{\mu_0}{4\pi}\frac{I d\vec{l}\times\hat{r}}{r^2}$$

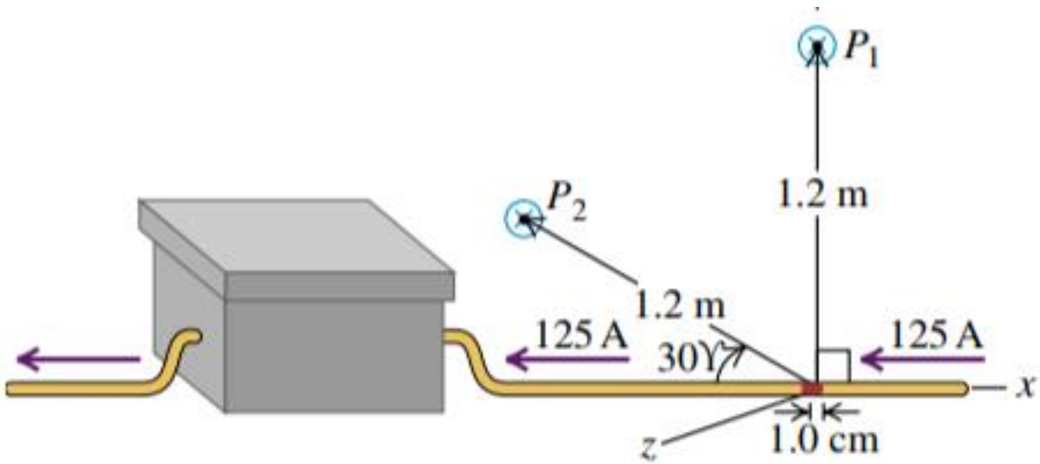
$$\vec{B} = \frac{\mu_0}{4\pi}\int\frac{I d\vec{l}\times\hat{r}}{r^2}$$



Akım Elemanının Manyetik Alanı

Örnek 28.2 Bir iletken tel parçasının manyetik alanı

Bakır bir tel 125 A kararlı akımı, elektroliz yöntemi ile kaplama haznesine taşımaktadır. Bu telin 1 cm'lik kısmının kendisinden 1.2 m uzakta olan P_1 ve P_2 noktalarında manyetik alanı hesaplayınız. Şekil 28.4'te gösterildiği gibi, (a) P_1 noktasından tele gelen doğru tele diktir. (b) P_2'yi tele bağlayan doğru tel ile 30^0 derece yapmaktadır.



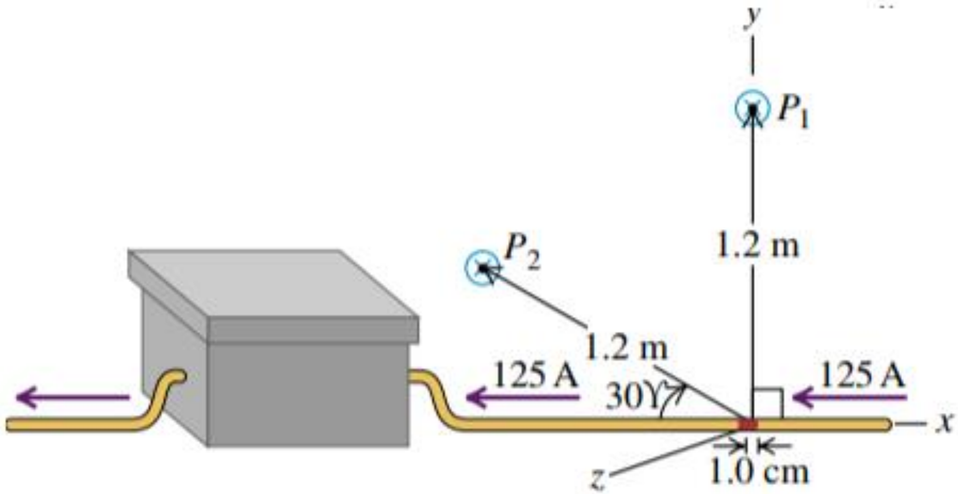
$$\vec{B} = \frac{\mu_0}{4\pi}\int \frac{I d\vec{l} \times \hat{r}}{r^2}$$

$$d\vec{l} = dl(-\hat{\imath})$$

P_1 noktasında $\hat{r} = \hat{\jmath}$,

$$d\vec{l} \times \hat{r} = dl\,(-\hat{\imath}) \times \hat{\jmath} = dl\,(-\hat{k})$$

Akım Elemanının Manyetik Alanı



$$dB = \frac{\mu_0}{4\pi}\frac{I\,dl\sin\phi}{r^2}$$

$$B = (10^{-7}\ \mathrm{T\cdot m/A})\frac{(125\ \mathrm{A})(1.0\times10^{-2}\ \mathrm{m})(\sin 90^\circ)}{(1.2\ \mathrm{m})^2}$$

$$= 8.7\times10^{-8}\ \mathrm{T}$$

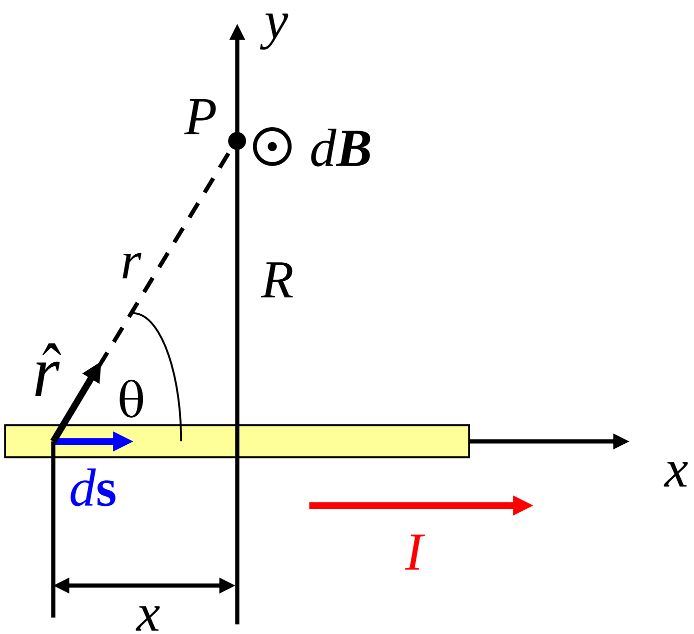
P_2 noktasında $\vec{B}$'nin yönü yine şekildeki xy-düzleminin içine doğrudur. $d\vec{l}$ ile $\hat{r}$ arasında açı 30°'dir, o halde,

$$B = (10^{-7}\ \mathrm{T\cdot m/A})\frac{(125\ \mathrm{A})(1.0\times10^{-2}\ \mathrm{m})(\sin 30^\circ)}{(1.2\ \mathrm{m})^2}$$

$$= 4.3\times10^{-8}\ \mathrm{T}$$

❑L uzunluklu düz bir tel

- ***L*** uzunluklu ince bir telin ***I*** sabit akımı taşır .
- ***P*** deki toplam B alanını bulalım.



$$d\vec{B} = \frac{\mu_0 I}{4\pi}\frac{d\vec{s}\times\hat{r}}{r^2}$$

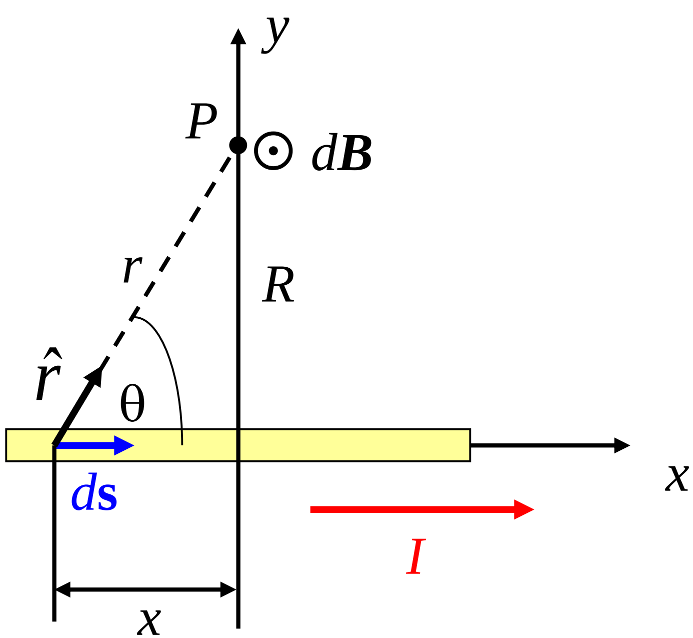
$d\vec{s}\times\hat{r}$ Her zaman sayfadan dışa doğrudur.

$ds\sin\theta$ büyüklüğe sahiptir.

Böylece **dB** nin büyüklüğü aşağıdaki gibi verilir:

$$dB = \frac{\mu_0 I}{4\pi}\frac{ds\sin\theta}{r^2} = \frac{\mu_0 I}{4\pi}\frac{dx\sin\theta}{r^2}$$

❑L uzunluklu düz bir tel



$$dB_z = \frac{\mu_0 I}{4\pi} \frac{ds \sin\theta}{r^2} = \frac{\mu_0 I}{4\pi} \frac{|dx| \sin\theta}{r^2}$$

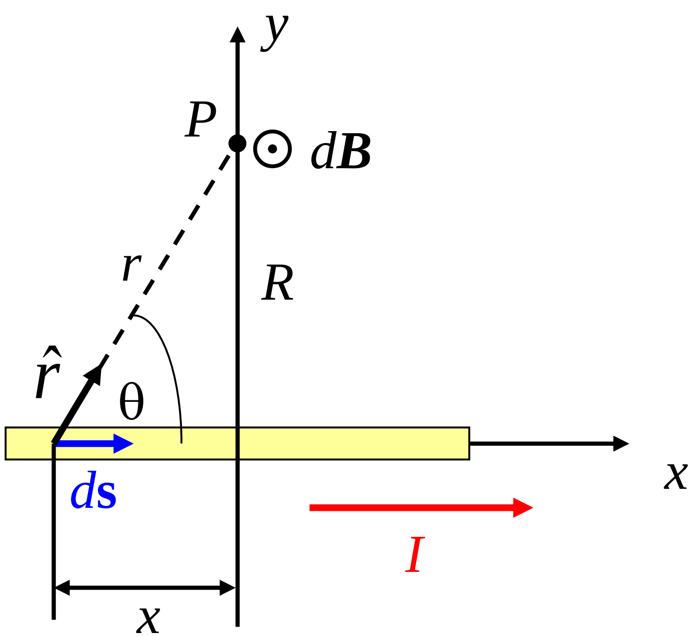
$$\frac{R}{r} = \sin\theta \quad ; \quad r = \sqrt{x^2 + R^2}$$

$$dB_z = \frac{\mu_0 I}{4\pi} \frac{R|dx|}{\left(x^2 + R^2\right)^{3/2}}$$

$$B_z = \frac{\mu_0 IR}{4\pi} \int_{-L/2}^{L/2} \frac{dx}{(x^2 + R^2)^{3/2}} = \frac{\mu_0 IR}{4\pi} \frac{x}{R^2 (x^2 + R^2)^{1/2}} \Bigg|_{-L/2}^{L/2} = \frac{\mu_0 I}{4\pi R} \left(\frac{L}{\sqrt{L^2/4 + R^2}} \right)$$

Akım Taşıyan Düz İletkenin Manyetik Alanı

❑L uzunluklu düz bir tel



$$B_z = \frac{\mu_0 I}{4\pi R}\left(\frac{L}{\sqrt{L^2/4+R^2}}\right)$$

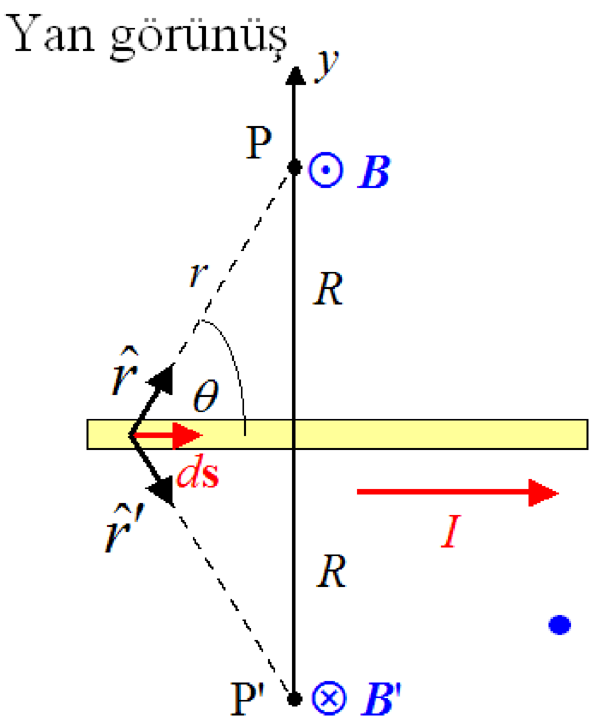
$(L/R) \rightarrow \infty$ limitinde

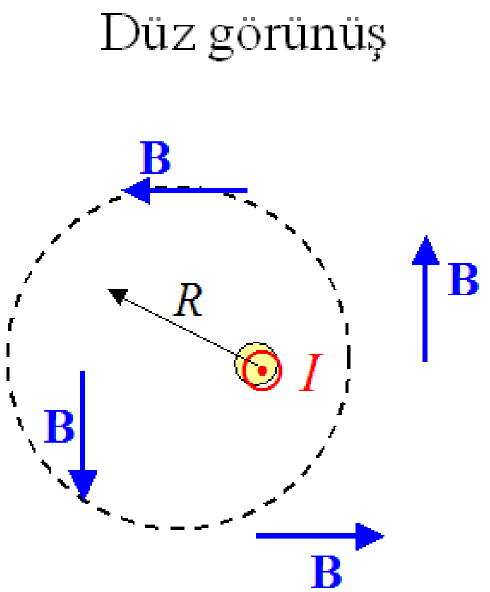
$$\left(\frac{L}{\sqrt{L^2/4+R^2}}\right) = \frac{L/R}{\sqrt{(L/R)^2/4+1}} \approx 2$$

Uzun düz bir telin manyetik alanı: $$B_z = \frac{\mu_0 I}{2\pi R}$$

Akım Taşıyan Düz İletkenin Manyetik Alanı

❑L uzunluklu düz bir tel

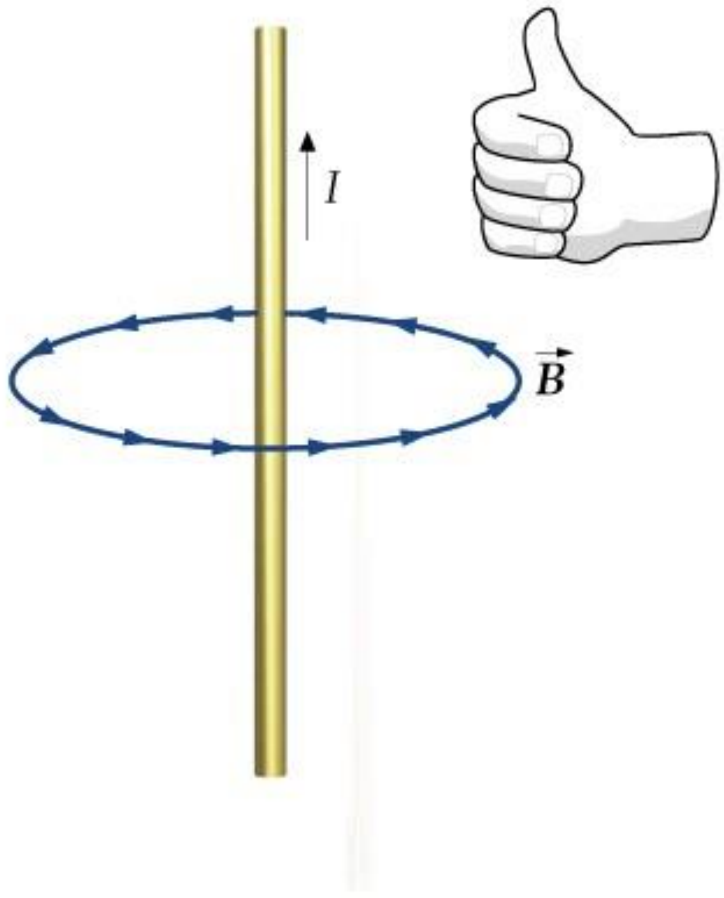




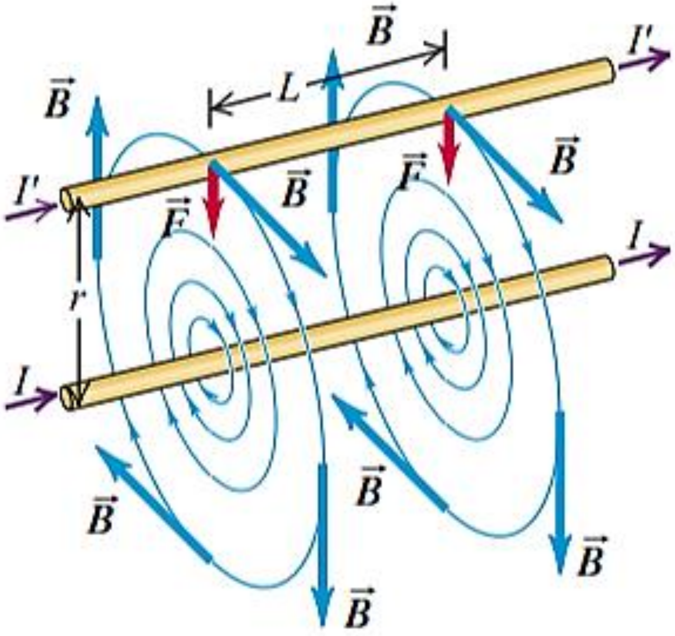
- Uzun düz akım taşıyan telleri çevreleyen manyetik alan çizgileri tel ile ortak merkezli dairelerdir ve düzlemlerde tele diktir.
- **B** nin büyüklüğü tel üzerinde merkezlenmiş her bir daire üzerine sabittir.

Akım Taşıyan Düz İletkenin Manyetik Alanı

❑ **Örnek: Uzun düz bir tel**



Paralel İletkenler Arasındaki Manyetik Kuvvet



Alttaki iletkenin yarattığı manyetik alan $\vec{B}$'nin, üstteki iletkenin konumunda büyüklüğü;

$$B = \frac{\mu_0 I}{2\pi r}$$

Bu alanın üst iletkenin L uzunluğuna uyguladığı kuvvet $\vec{F} = I\vec{L} \times \vec{B}$'dir.

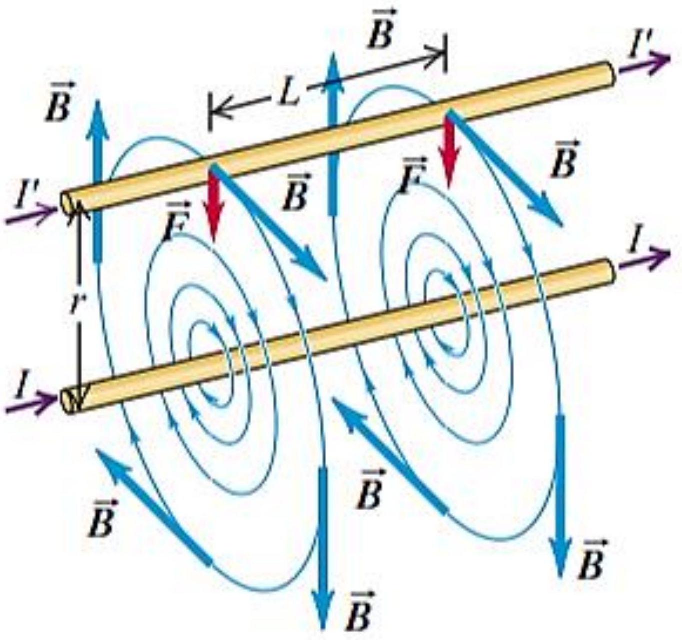
$\vec{B}$ iletken uzunluğuna ve sonuçta $\vec{L}$'ye de dik olduğundan, kuvvetin büyüklüğü,

$$F = I'LB = \frac{\mu_0 I I' L}{2\pi r}$$

aynı yönde akım taşıyan iki paralel iletken birbirlerini çekerler.

Ters yönde akım taşıyan paralel iletkenler birbirlerini iterler.

Paralel İletkenler Arasındaki Manyetik Kuvvet



Alttaki iletkenin yarattığı manyetik alan $\vec{B}$'nin, üstteki iletkenin konumunda büyüklüğü;

$$B = \frac{\mu_0 I}{2\pi r}$$

Bu alanın üst iletkenin L uzunluğuna uyguladığı kuvvet $\vec{F} = I\vec{L} \times \vec{B}$'dir.

$\vec{B}$ iletken uzunluğuna ve sonuçta $\vec{L}$'ye de dik olduğundan, kuvvetin büyüklüğü,

$$F = I'LB = \frac{\mu_0 I I' L}{2\pi r}$$

$$\frac{F}{L} = \frac{\mu_0 I I'}{2\pi r}$$ (*birim uzunluk* başına kuvvet)

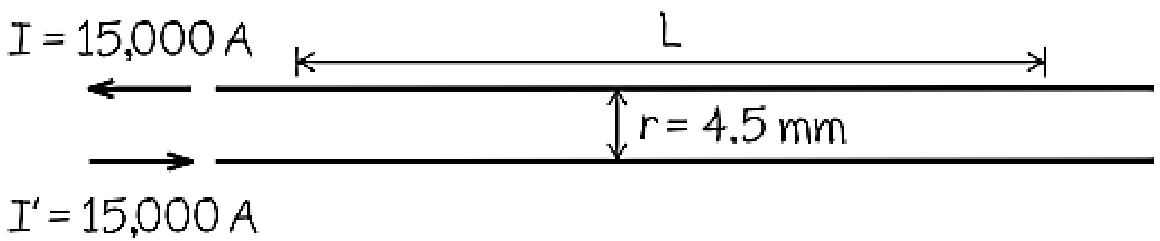
aynı yönde akım taşıyan iki paralel iletken birbirlerini çekerler.

Ters yönde akım taşıyan paralel iletkenler birbirlerini iterler.

Paralel İletkenler Arasındaki Manyetik Kuvvet

Örnek 28.5 Paralel teller arasındaki kuvvetler

Aralarında 4.5 mm olan iki düz sonsuz paralel süperiletken tellerin her ikisi de 15 000 amperlik akımları zıt yönlerde taşımaktadır. Teller mekaniksel olarak dayanabilirler mi?

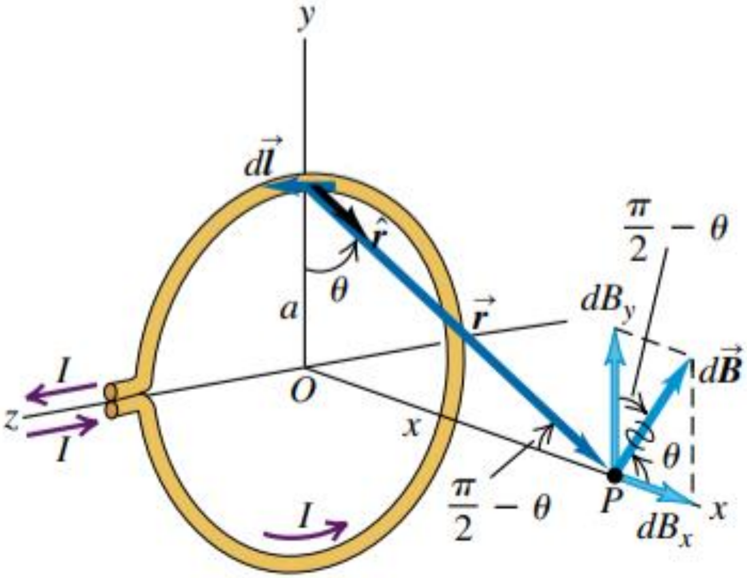


$$\frac{F}{L} = \frac{\mu_0 I I'}{2\pi r} = \frac{(4\pi \times 10^{-7}\ \mathrm{T \cdot m/A})(15\,000\ \mathrm{A})^2}{(2\pi)(4.5 \times 10^{-3}\ \mathrm{m})}$$

$$= 1.0 \times 10^4\ \mathrm{N/m}$$

Dairesel Akım Halkasının Manyetik Alanı

Dairesel devrenin ekseni üzerindeki bir P noktasındaki manyetik alanı bulmak için Biot ve Savart yasasından yararlanacağız.



$$d\vec{B} = \frac{\mu_0}{4\pi}\frac{I d\vec{l}\times\hat{r}}{r^2}$$

$$dB = \frac{\mu_0}{4\pi}\frac{I\,dl\sin\phi}{r^2}$$

$d\vec{l}$ ve $d\hat{r}$ birbirlerine diktirler

$$r^2 = x^2 + a^2$$

$$dB = \frac{\mu_0 I}{4\pi}\frac{dl}{(x^2+a^2)}$$

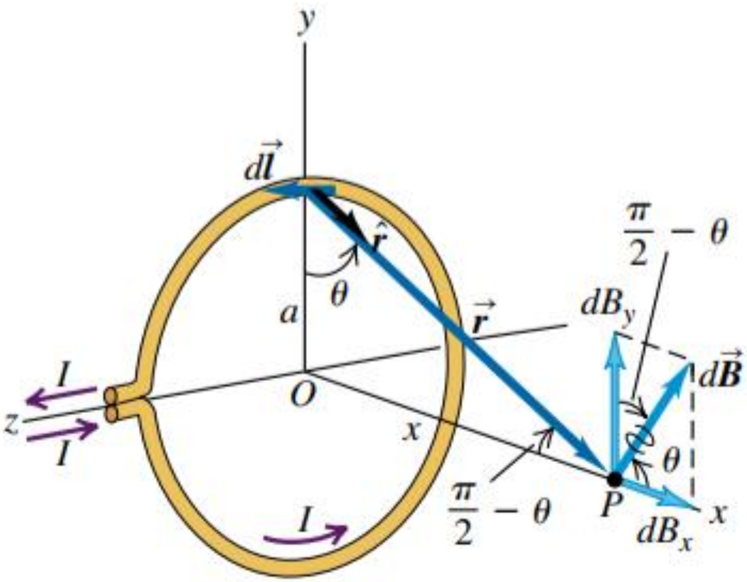
$d\vec{B}$ vektörünün bileşenleri

$$dB_x = dB\cos\theta = \frac{\mu_0 I}{4\pi}\frac{dl}{(x^2+a^2)}\frac{a}{(x^2+a^2)^{1/2}}$$

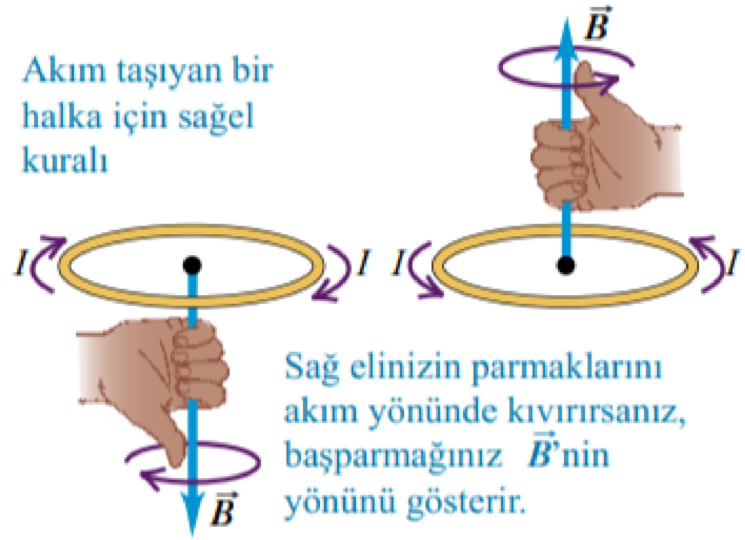
$$dB_y = dB\sin\theta = \frac{\mu_0 I}{4\pi}\frac{dl}{(x^2+a^2)}\frac{x}{(x^2+a^2)^{1/2}}$$

Dairesel Akım Halkasının Manyetik Alanı

Düzenek x-ekseni etrafında dönme simetrisine sahip olduğundan toplam alan $\vec{B}$'nin bu eksene dik birleşeni olamaz.



Akım taşıyan bir bobinin ekseni üzerindeki manyetik alanın yönü için sağel kuralı.



$$dB_x = dB\cos\theta = \frac{\mu_0 I}{4\pi}\frac{dl}{(x^2+a^2)}\frac{a}{(x^2+a^2)^{1/2}}$$

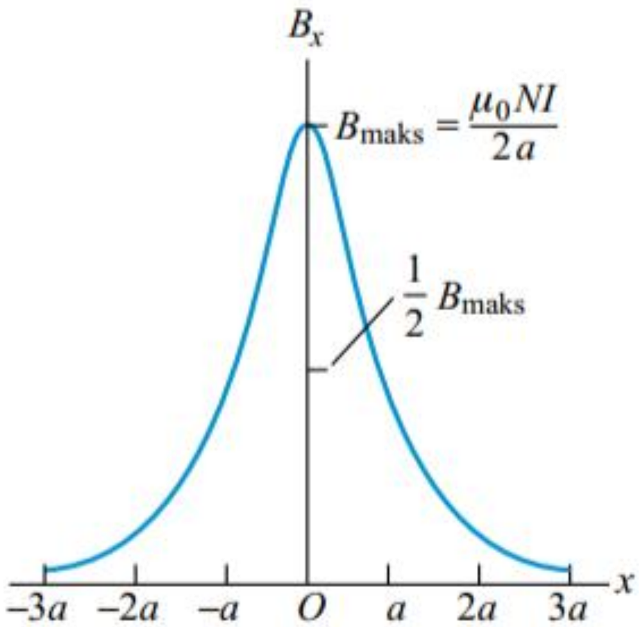
$$B_x = \int \frac{\mu_0 I}{4\pi}\frac{a\,dl}{(x^2+a^2)^{3/2}} = \frac{\mu_0 I a}{4\pi (x^2+a^2)^{3/2}}\underbrace{\int dl}_{2\pi a}$$

$$\boxed{B_x = \frac{\mu_0 I a^2}{2(x^2+a^2)^{3/2}}}$$

Bobin Ekseni Boyunca Manyetik Alanı

hepsi aynı yarıçapta N tane sarımda meydana gelmiş bir bobin olduğunu varsayalım. Bu durumda her sarım manyetik alana eş katkıda bulunmaktadır ve toplam alan tek halka alanının N sarımla çarpımıdır:

28.14 N tane sarımdan oluşan bir iletken bobinin eksen boyunca manyetik alanının grafiği. x, a'dan çok daha büyük olduğu zaman manyetik alan $1/x^3$ olarak azalır.



$$B_x = \frac{\mu_0 N I a^2}{2(x^2 + a^2)^{3/2}}$$

(N tane sarımın ekseni boyunca)

$$B_x = \frac{\mu_0 N I}{2a} \quad (N \text{ tane sarımın merkezinde})$$

Bobin Ekseni Boyunca Manyetik Alanı

IA çarpımına halkanın **manyetik dipol momenti** veya **manyetik momenti** adı verilir.

$$\mu = IA$$

$$\vec{\boldsymbol{\mu}} = I\,\vec{A}$$

Eğer N tane sarım varsa toplam manyetik moment NAI olur.

$$A = \pi a^2 \text{ dir}$$

$$\mu = IN\pi a^2$$

$$B_x = \frac{\mu_0 \mu}{2\pi (x^2 + a^2)^{3/2}}$$

Bobin Ekseni Boyunca Manyetik Alanı

Örnek 28.6 **Bir bobinin manyetik alanı**

100 tane sarımdan meydana gelen bir bobinin yarıçapı 0.60 m olup 5.0 A'lik akım geçmektedir. (a) Bobinin ekseni üzerinde, bobinin merkezinden 0.80 m uzakta olan noktada manyetik alanı bulunuz. (b) Bobinin ekseni üzerinde merkezden ne kadar ilerlerseniz manyetik alanın şiddeti merkezdekinin 1/8 olur?

(a) $x = 0.80$ m alarak

$$B_x = \frac{\mu_0 N I a^2}{2(x^2+a^2)^{3/2}} \qquad B_x = \frac{(4\pi\times10^{-7}\ \mathrm{T\cdot m/A})(100)(5.0\ \mathrm{A})(0.60\ \mathrm{m})^2}{2\left[(0.80\ \mathrm{m})^2+(0.60\ \mathrm{m})^2\right]^{3/2}}$$

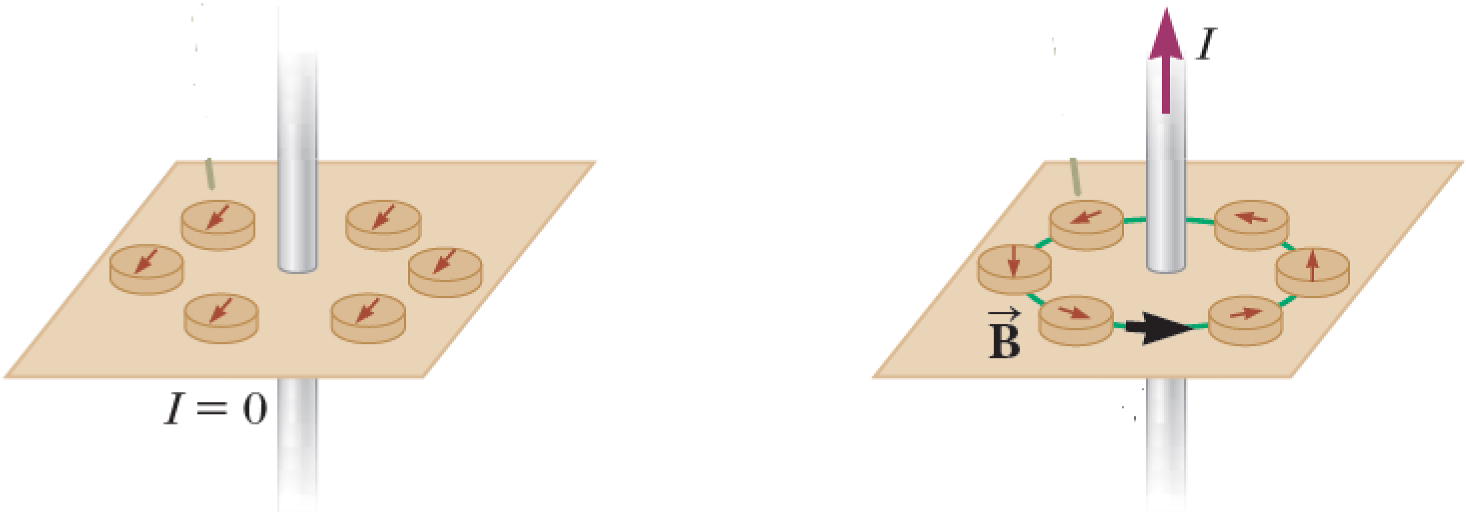
$$= 1.1\times10^{-4}\ \mathrm{T}$$

(b)

$$\frac{1}{(x^2+a^2)^{3/2}} = \frac{1}{8}\frac{1}{(0^2+a^2)^{3/2}}$$

$$x = \pm\sqrt{3}a = \pm\,1.04\ \mathrm{m}$$

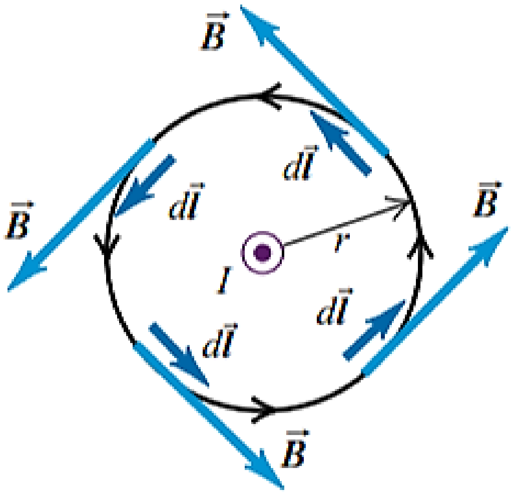
Ampere Yasası



Kararlı I akımı taşıyan bir iletken tel etrafında Manyetik alan meydana gelir ve bu manyetik alan çizgileri kendi üzerine kapanarak akım taşıyan teli çevreler.

Manyetik alanın çevreleme özelliği ile, akımın kapalı bir yol çizgisinden geçmesi arasındaki ilişki Ampere yasası ile ifade edilir.

Ampere Yasası



$$\oint \vec{B} \cdot d\vec{l}$$

Daire üzerindeki her noktada $\vec{B}$ ve $d\vec{l}$ paralel olduğundan $\vec{B} \cdot d\vec{l} = Bdl$'dir.

$$\oint \vec{B} \cdot d\vec{l} = \oint Bdl = B\oint dl = B(2\pi r)$$

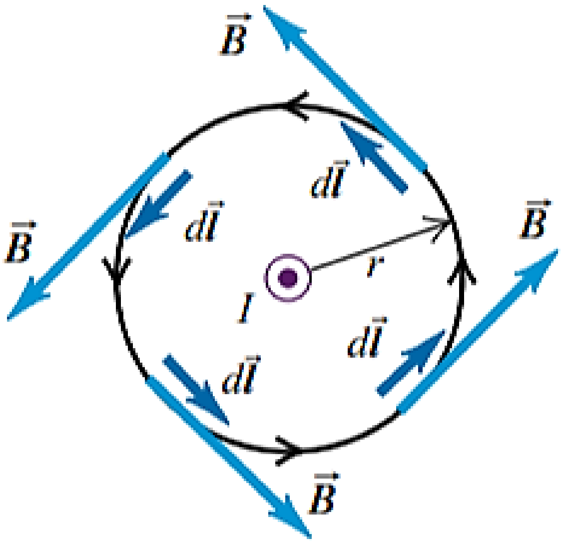
$$B = \frac{\mu_0 I}{2\pi r} \Longrightarrow \oint \vec{B} \cdot d\vec{l} = \frac{\mu_0 I}{2\pi r}(2\pi r)$$

$$\oint \vec{B} \cdot d\vec{l} = \mu_0 I$$

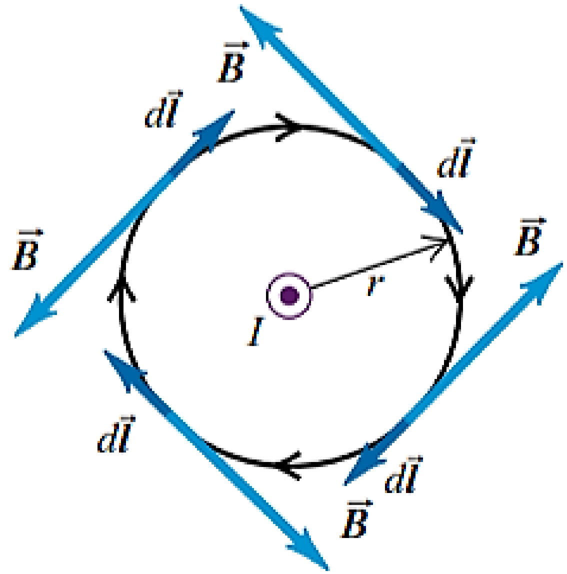
Herhangi bir kapalı yol çevresinde $\vec{B} \cdot d\vec{l}$'nin integrali $\mu_0 I$'ya eşittir. Burada I kapalı yolun çevrelediği herhangi bir yüzeyden geçen toplam sürekli akımdır.

Ampere Yasası

$$\oint \vec{B} \cdot d\vec{l} = \mu_0 I_{\text{iç}} \qquad \text{(Ampere yasası)}$$



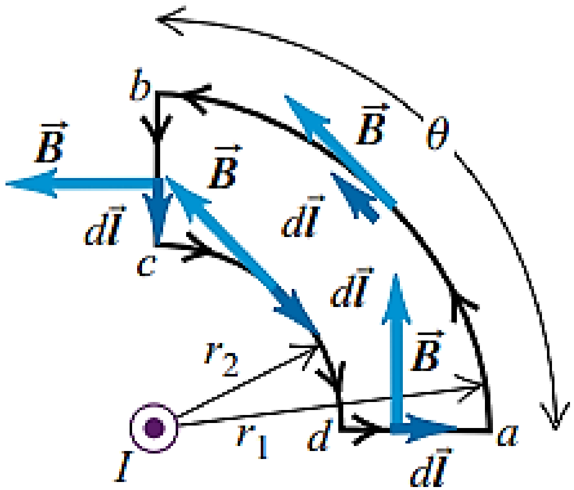
Sonuç: $\oint \vec{B} \cdot d\vec{l} = \mu_0 I$



Sonuç: $\oint \vec{B} \cdot d\vec{l} = -\mu_0 I$

Ampere Yasası

$$\oint \vec{B} \cdot d\vec{l} = \mu_0 I_{iç} \qquad \text{(Ampere yasası)}$$



Sonuç: $\oint B \cdot dl = 0$

Yarıçapı r_1 olan ab dairesel yayı arasında $\vec{B}$ ve $d\vec{l}$ paraleldir ve $B_{\parallel} = B_1 = \mu_0 I / 2\pi r_1$'dir;

Yarıçapı r_2 olan cd dairesel yayı arasında $\vec{B}$ ve $d\vec{l}$ anti paraleldir ve $B_{\parallel} = -B_2 = -\mu_0 I$

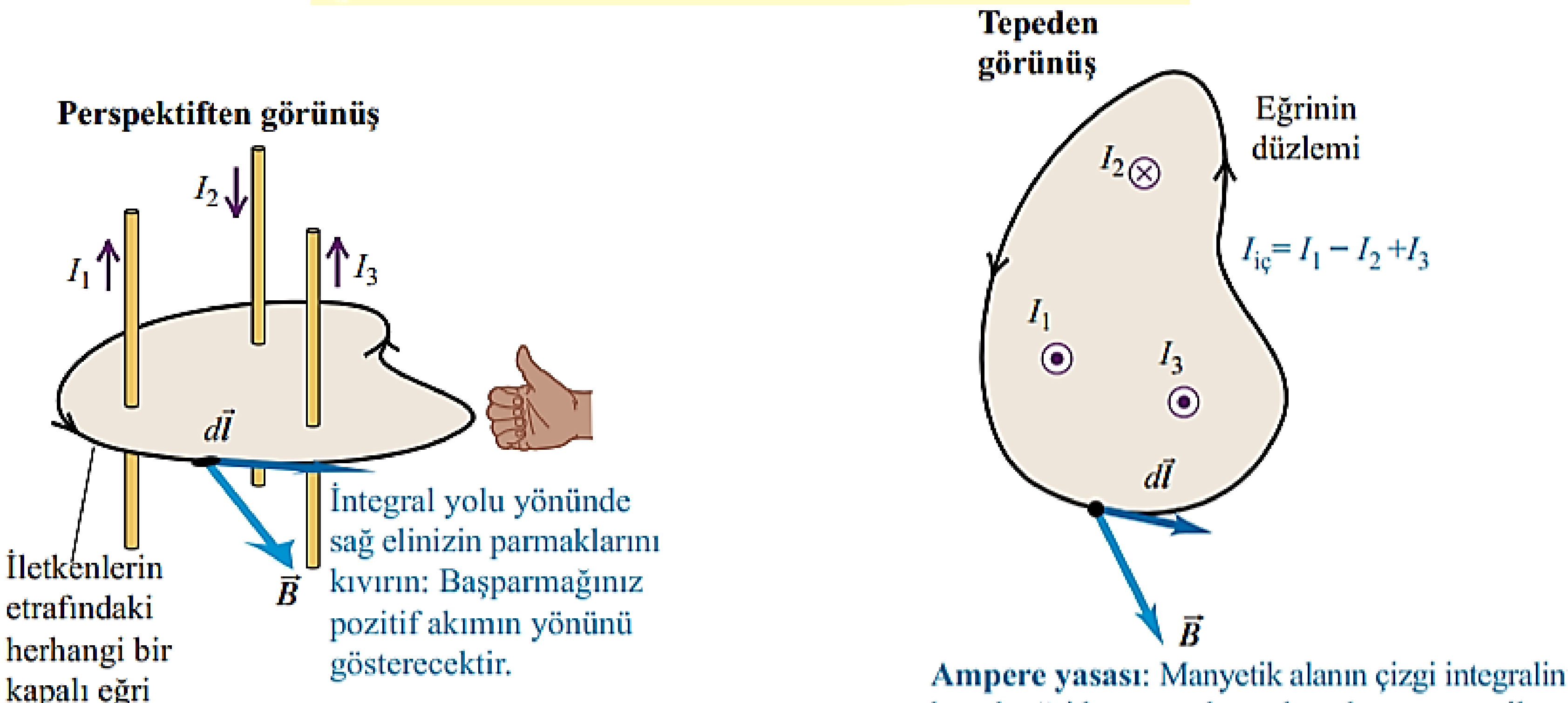
bc ve da düz yolundaki her noktada $\vec{B}$ alanı $d\vec{l}$ ye diktir, bu nedenle $B_{\parallel} = 0$ olur

$$\oint \vec{B} \cdot d\vec{l} = \oint B_{\parallel} dl = B_1 \int_a^b dl + (0) \int_b^c dl + (-B_2) \int_c^d dl + (0) \int_d^a dl$$

$$= \frac{\mu_0 I}{2\pi r_1}(r_1\theta) + 0 - \frac{\mu_0 I}{2\pi r_2}(r_2\theta) + 0 = 0$$

Ampere Yasası

$$\oint \vec{B} \cdot d\vec{l} = \mu_0 I_{\text{iç}} \qquad \text{(Ampere yasası)}$$



Ampere yasası: Manyetik alanın çizgi integralini kapalı eğri boyunca hesaplarsak, sonuç μ_0 ile kapalı yoldan geçen akım çarpımıdır:
$\oint \vec{B} \cdot d\vec{l} = \mu_0 I_{\text{iç}}$

Ampere yasası bir manyetik alan kaynağının ürettiği $\vec{B}$ manyetik alanı mevcut durumun fiziksel simetrisinden yararlanarak bulmada kullanışlıdır.

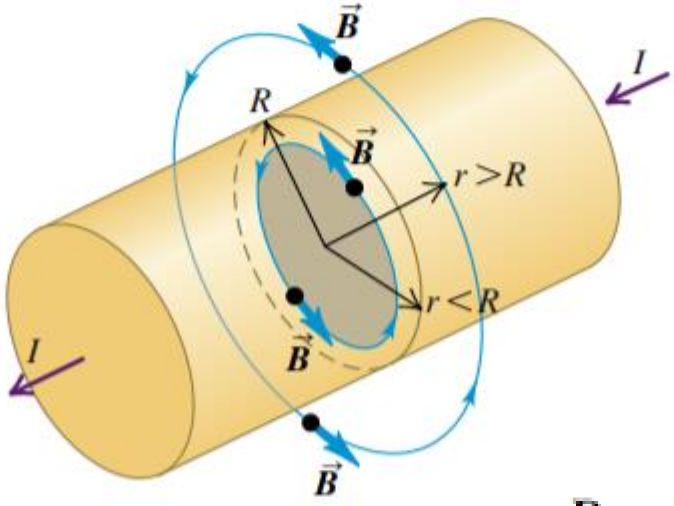
Ampere Yasasının Uygulamaları

Örnek 28.8 Uzun bir silindirik iletken içindeki manyetik alan

R yarıçapında silindir şeklinde bir iletken I akımı taşımaktadır (Şekil 28.20). Akım silindirin bütün hacminde düzgün olarak dağılmıştır. Manyetik alanı silindirin eksenine olan r uzaklığının fonksiyonu olarak bulunuz; $r < R$ (iletkenin içi) ve $r > R$ (iletkenin dışı) durumlarını ayrı ayrı inceleyiniz.

$$I_{iç} = Ir^2 / R^2$$

$$\underbrace{\oint \vec{B} \cdot d\vec{l}}_{} = \mu_0 I_{iç}$$



$$\oint \vec{B} \cdot d\vec{l} = \oint B dl = B \oint dl = B(2\pi r)$$

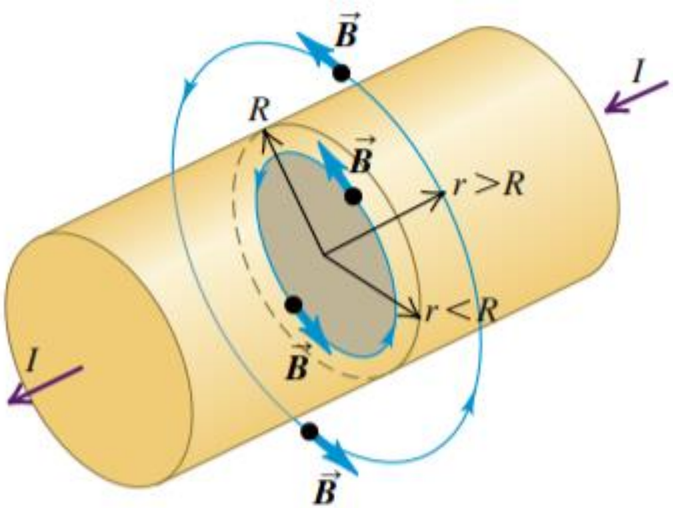
$$B(2\pi r) = \mu_0 \frac{Ir^2}{R^2}$$

$$B = \frac{\mu_0 I}{2\pi} \frac{r}{R^2} \quad \text{(iletkenin içinde } r < R\text{)}$$

Ampere Yasasının Uygulamaları

Örnek 28.8 Uzun bir silindirik iletken içindeki manyetik alan

R yarıçapında silindir şeklinde bir iletken I akımı taşımaktadır (Şekil 28.20). Akım silindirin bütün hacminde düzgün olarak dağılmıştır. Manyetik alanı silindirin eksenine olan r uzaklığının fonksiyonu olarak bulunuz; $r < R$ (iletkenin içi) ve $r > R$ (iletkenin dışı) durumlarını ayrı ayrı inceleyiniz.



$$I_{iç} = I,$$

$$\underbrace{\oint \vec{B} \cdot d\vec{l}} = \mu_0 I_{iç}$$

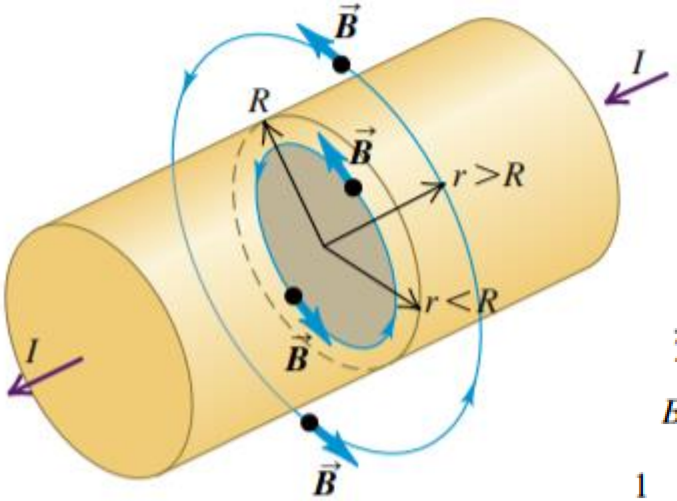
$$\oint \vec{B} \cdot d\vec{l} = \oint B dl = B \oint dl = B(2\pi r)$$

$$B = \frac{\mu_0 I}{2\pi r} \qquad (\text{iletkenin dışında } r > R)$$

Ampere Yasasının Uygulamaları

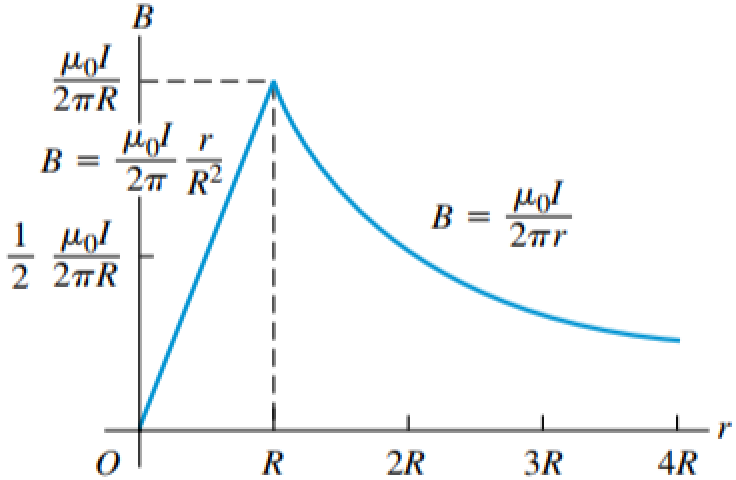
Örnek 28.8 Uzun bir silindirik iletken içindeki manyetik alan

R yarıçapında silindir şeklinde bir iletken I akımı taşımaktadır (Şekil 28.20). Akım silindirin bütün hacminde düzgün olarak dağılmıştır. Manyetik alanı silindirin eksenine olan r uzaklığının fonksiyonu olarak bulunuz; $r < R$ (iletkenin içi) ve $r > R$ (iletkenin dışı) durumlarını ayrı ayrı inceleyiniz.

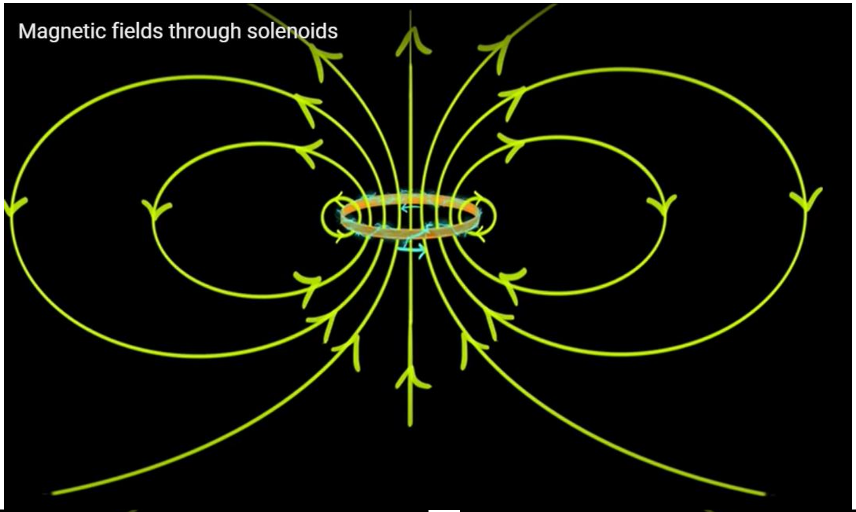


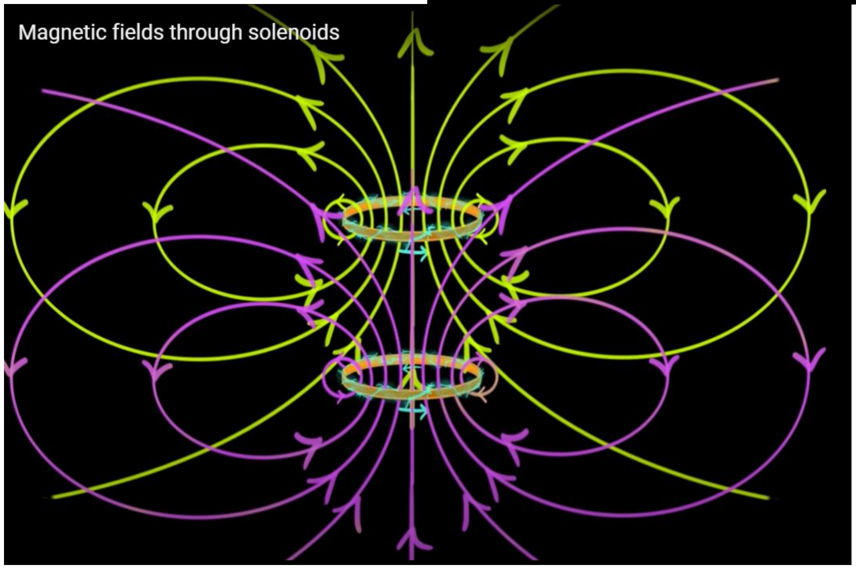
$$B = \frac{\mu_0 I}{2\pi}\frac{r}{R^2} \quad \text{(iletkenin içinde } r < R\text{)}$$

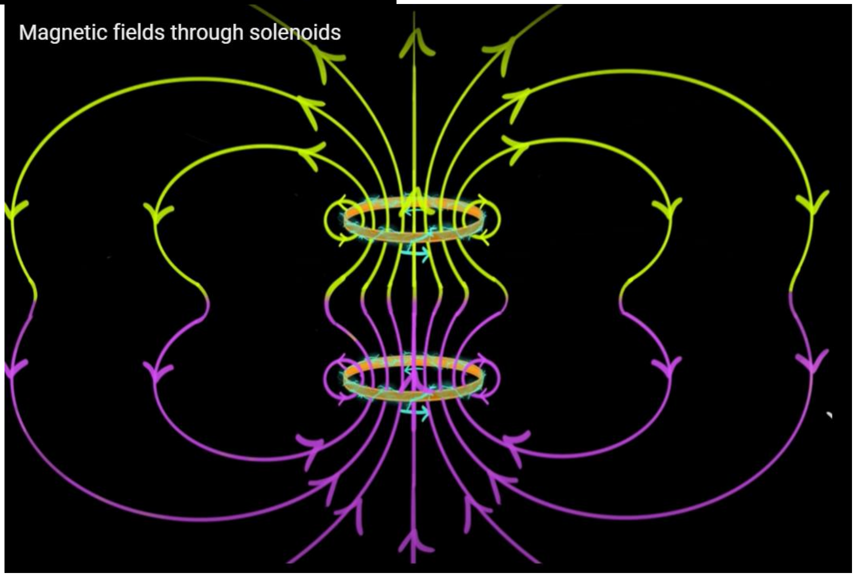
$$B = \frac{\mu_0 I}{2\pi r} \quad \text{(iletkenin dışında } r > R\text{)}$$



Ampere Yasasının Uygulamaları

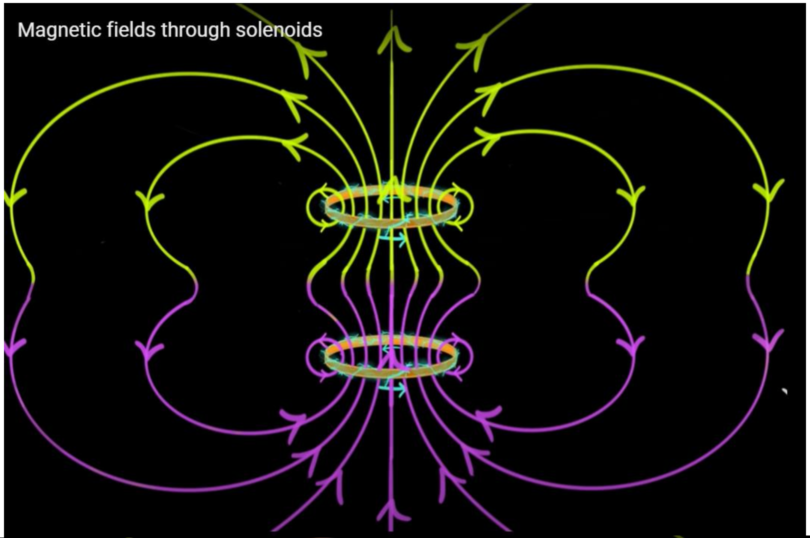


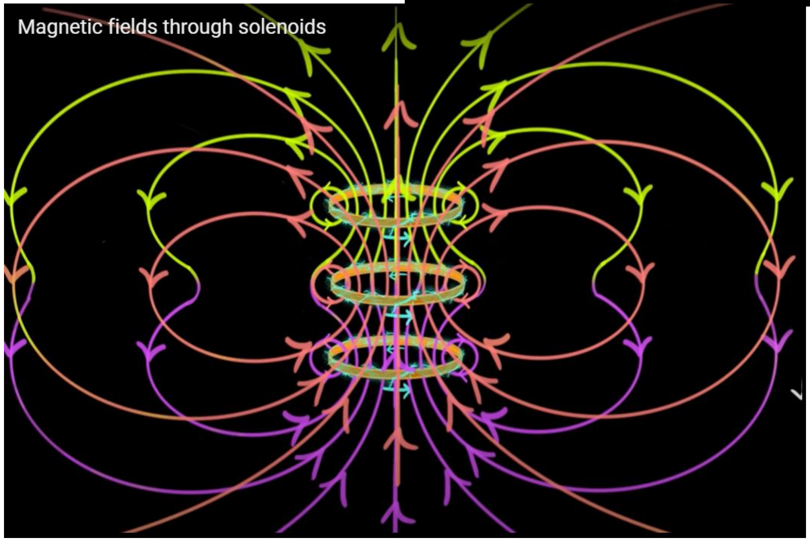


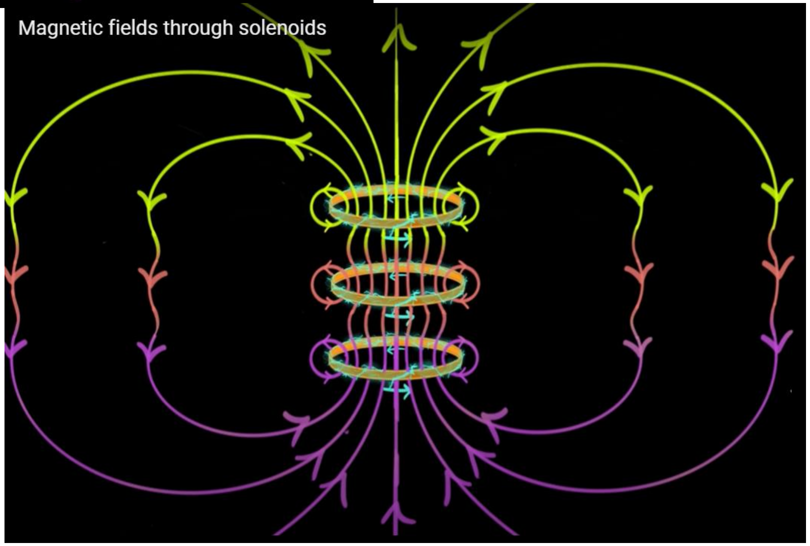


Görseller aşağıdaki linkten alınmıştır;
https://www.youtube.com/watch?v=2XRtH46dsCI&t=338s

Ampere Yasasının Uygulamaları





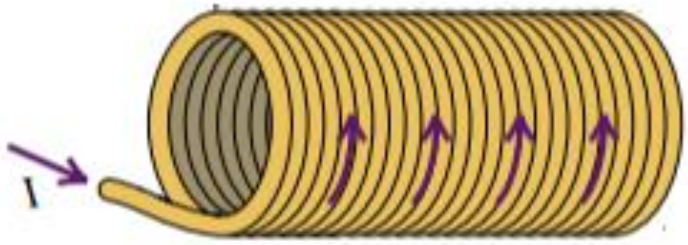


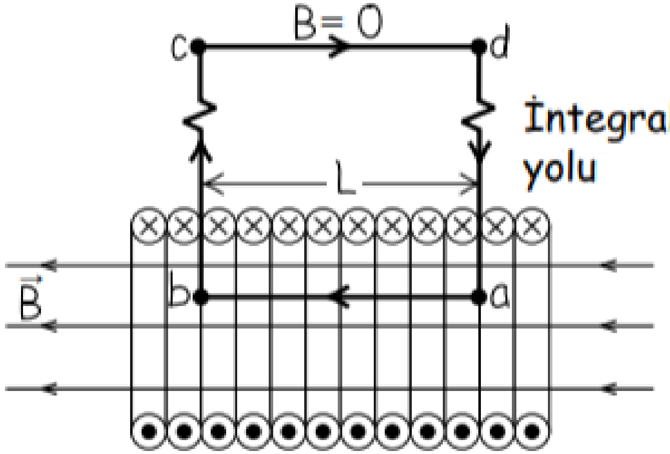
Görseller aşağıdaki linkten alınmıştır;
https://www.youtube.com/watch?v=2XRtH46dsCI&t=338s

Ampere Yasasının Uygulamaları

Ampere yasasını kullanarak böyle bir uzun solenoitin merkezinde veya merkez yakınında manyetik alanı bulunuz. Solenoitin uzunluk birimi başına sarım sayısı n olsun ve I akımı taşısın.

$$\oint \vec{B} \cdot d\vec{l} = \mu_0 I_{\text{iç}}$$





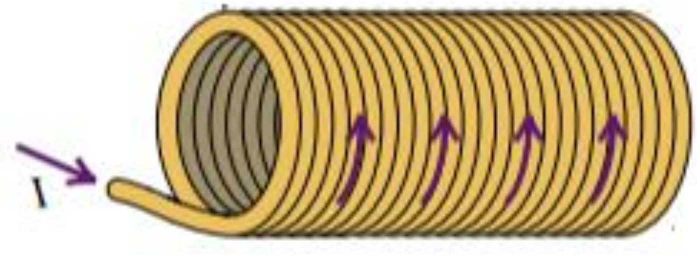
Simetriden dolayı $\vec{B}$ alanı ab kenarı boyunca bu kenara paraleldir ve büyüklüğü sabittir. Ampere yasası integralini uygularken ab kenarı boyunca $\vec{B}$ yönünde ilerleriz. Bu kenarda $B_{\parallel} = +B$'dir, o halde,

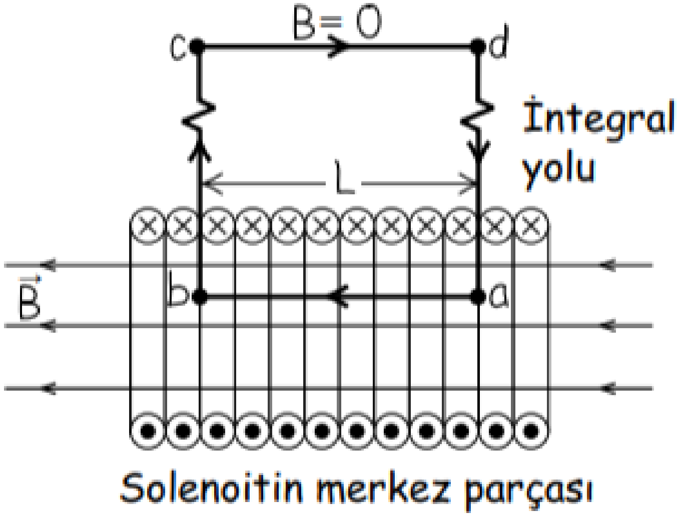
$$\oint \vec{B} \cdot d\vec{l} = \oint B dl = B \oint dl = BL$$

Ampere Yasasının Uygulamaları

Ampere yasasını kullanarak böyle bir uzun solenoitin merkezinde veya merkez yakınında manyetik alanı bulunuz. Solenoitin uzunluk birimi başına sarım sayısı n olsun ve I akımı taşısın.

$$\oint \vec{B} \cdot d\vec{l} = \mu_0 I_{iç}$$





bc ve da kenarı boyunca $B_{\parallel}$ sıfırdır çünkü $\vec{B}$ bu kenara diktir;

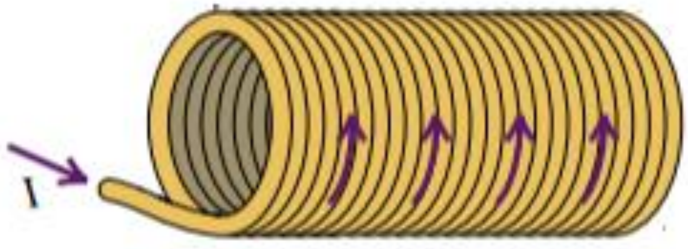
cd kenarı boyunca da $B_{\parallel}$ sıfırdır çünkü $\vec{B} = 0$'dır.

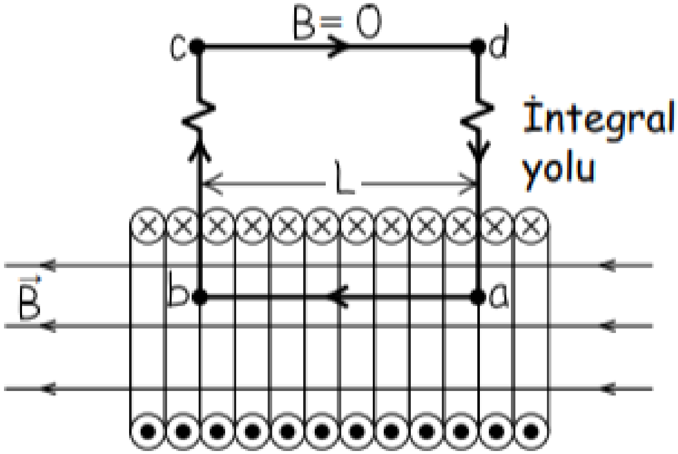
Bu durumda $\oint \vec{B} \cdot d\vec{l}$ integrali bütün kendi üzerine kapanan yol boyunca BL'ye eşittir.

Ampere Yasasının Uygulamaları

Ampere yasasını kullanarak böyle bir uzun solenoitin merkezinde veya merkez yakınında manyetik alanı bulunuz. Solenoitin uzunluk birimi başına sarım sayısı n olsun ve I akımı taşısın.

$$\oint \vec{B} \cdot d\vec{l} = \mu_0 I_{\text{iç}}$$





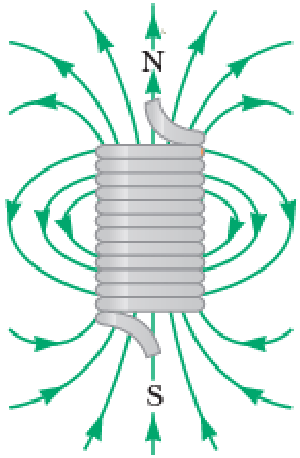
Solenoitin merkez parçası

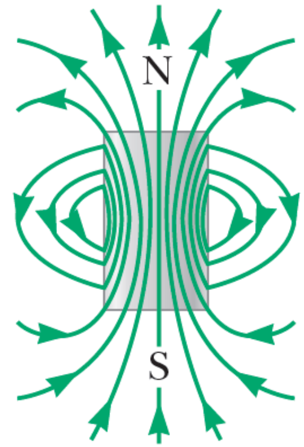
L uzunluğu boyunca sarım sayısı nL'ye eşittir. Her sarım $abcd$ dikdörtgeni içinden bir defa geçer ve I akımı taşır; Dikdörtgeni geçen toplam akım $I_{\text{iç}} = nLI$ olur.

$$BL = \mu_0 nLI$$

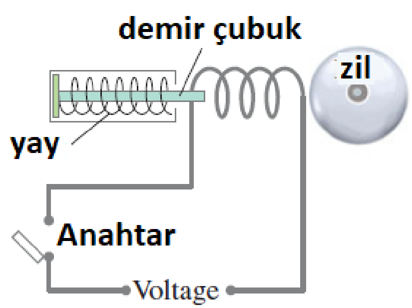
$$B = \mu_0 nI \qquad \text{(solenoit)}$$

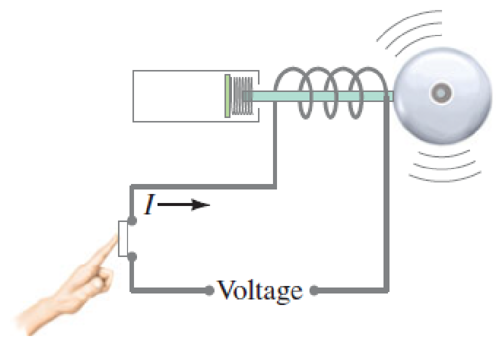
Ampere Yasasının Uygulamaları





Sıkı sarılmış halkalardan oluşan solenoid (sol) üzerinde akım geçtiğinde, çubuk mıknatısın (sağ) sahip olduğu manyetik alan çizgilerine benzer şekilde manyetik alan meydana gelir.





Görseller aşağıdaki kaynaklardan alınmıştır.
H ugh D. Young, Roger A. Freedman *University Physics with Modern Physics*
Raymond A. Serway, John W. Jewett - Physics for Scientists and Engineers with Modern Physics
Douglas C. Giancoli – Physics: Principles with Applications

Manyetik Malzemeler

Malzemenin manyetik özelliklerinin atomik yapısını tanımladıktan sonra, bu malzemeleri manyetik özelliklerine göre *paramanyetik*, *diyamanyetik* ve *ferromanyetik* olarak sınıflandıracağız.

Bohr Magnetonu

Elektronun bu hareketi bir akım halkasına esdeğerdir.

Elektron hareketinin eşdeğer olduğu akım I, birim zamanda yörünge üzerinde bir noktada geçen toplam yüktür; yani elektron yükün e büyüklüğünün yörünge periyodu T'ye bölümüdür;

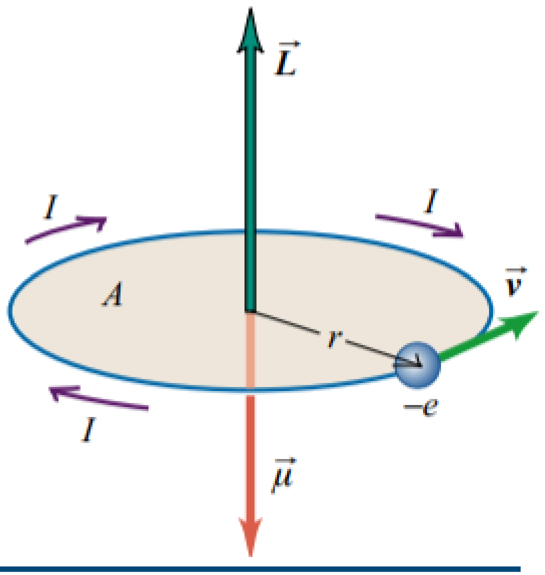
$$I = \frac{e}{T} = \frac{ev}{2\pi r}$$

manyetik moment $\mu = IA$ şöyle olur;

$$\mu = \frac{ev}{2\pi r}(\pi r^2) = \frac{evr}{2}$$

elektronun *açısal momentumu* L cinsinden ($L = mvr$).

$$\mu = \frac{e}{2m} L$$



Manyetik Malzemeler (Bohr Magnetonu)

Atomun açısal momentumu *kuantumludur*;
yani açısal momentumunun bileşeni daima $h/2\pi$'nin tamsayı katıdır,
burada h temel fizik sabitlerinden *Planck sabitidir.*

$$h = 6.626 \times 10^{-34}\ \mathrm{J \cdot s}$$

Eğer $L = h/2\pi$ ise, o halde,

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

Bu büyüklüğe **Bohr magneton** denir ve μ_B ile gösterilir. Sayısal değeri şöyledir;

$$\mu_B = 9.274 \times 10^{-24}\ \mathrm{A \cdot m^2} = 9.274 \times 10^{-24}\ \mathrm{J/T}$$

Manyetik Malzemeler

Bir malzeme akım taşıyan bir iletken içinde tamamen gömüldüğü zaman, malzemedeki toplam manyetik alan $\vec{B}$;

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

genelleştirme için

$$\mu = K_m \mu_0$$

malzemenin **geçirgenliği** **göreceli manyetik geçirgenlik**

manyetik alınganlık $\chi_m = K_m - 1$

Malzeme	$\chi_m = K_m - 1 (\times 10^{-5})$		
Paramanyetik		**Diyamanyetik**	
Alüminyum	66	Bismut	−16.6
Uranyum	40	Cıva	−2.9
Platin	26	Gümüş	−2.6
Alüminyum	2.2	Karbon (elmas)	−2.1
Sodyum	0.72	Kurşun	−1.8
Oksijen (gaz)	0.19	Sodyum klorid	−1.4
		Bakır	−1.0

Manyetik Malzemeler

Paramanyetik maddeler,
bağıl manyetik geçirgenlikleri 1'den büyük olan, dış manyetik alan çizgileri ile aynı yönde mıknatıslaştırılmaya uğrayan maddelerdir. Sadece manyetik alan etkisi altındayken mıktanıs davranışlarını koruyabilirler. Paramanyetik maddeler, kendisini mıknatıslaştıran cisim tarafından çekilirler.

Diyamanyetik maddeler,
dış manyetik alan çizgilerine zıt yönde mıknatıslaştırılmaya uğrayan mazlemelerdir. Sadece manyetik alan etkisi altındayken mıktanıs davranışlarını koruyabilirler. Paramanyetik maddeler, kendisini mıknatıslaştıran cisim tarafından itilirler.

Ferromanyetik maddeler,
herhangi bir mıknatısın manyetik alanı içerisindeyken o mıktanısın manyetik alan çizgileri ile aynı yönde mıknatıslanabilen Demir, Kobalt, Nikel, Çelik, AlNiCo gibi maddelerdir. Ferromanyetik maddeler, kendisini mıknatıslaştıran cisim tarafından çekilirler. İleri derecede duyarlı olan maddeler de vardır. Bu maddeler, zayıf manyetik alan içerisinde dahi mıknatıs özelliği sergileyebilmektedir ve manyetik alan etkisinden çıkarılsalar dahi bu mıknatıslık özelliği belli bir süre daha devam etmektedir.