

11.2.4. Manyetizma ve Elektromanyetik İndüklenme

11.2.4.1. Üzerinden akım geçen telin, halkanın ve akım makarasının (bobin) oluşturduğu manyetik alanın şiddetini etkileyen değişkenleri analiz eder ve yönünü gösterir.

a. Öğrencilerin deney yaparak veya simülasyonlar kullanarak manyetik alan şiddetini etkileyen değişkenleri analiz etmeleri ve matematiksel modeli tartışmaları sağlanır.

b. Öğrencilerin sağ el kuralını kullanarak telin, halkanın ve akım makarasının manyetik alan kuvvet çizgilerini göstermeleri sağlanır.

c. Öğrencilerin manyetik alan şiddetiyle ilgili hesaplamalar yapmaları sağlanır.

11.2.4.2. Üzerinden akım geçen bir tele manyetik alanda etki eden kuvvetin yönünün ve şiddetinin bağlı olduğu değişkenleri analiz eder.

a. Öğrencilerin deney yaparak veya simülasyonlar kullanarak kuvveti etkileyen değişkenleri analiz etmeleri ve matematiksel modeli tartışmaları sağlanır.

b. Öğrencilerin manyetik kuvvetin yönünü belirlemek için sağ el kuralını uygulamaları sağlanır.

11.2.4.3. Manyetik alan içerisinde akım taşıyan tel çerçevenin hareketini analiz eder.

a. Öğrencilerin sağ el kuralını kullanarak telin üzerine etki eden manyetik kuvvetlerin yönünü bulmaları ve oluşan torka yönelik çıkarım yapmaları sağlanır.

11.2.4.4. Yüklü parçacıkların manyetik alan içindeki hareketini analiz eder.

a. Öğrencilerin sağ el kuralını kullanarak yüklü parçacıklara etki eden manyetik kuvvetin yönünü bulmaları ve bu kuvvetin etkisiyle yükün manyetik alandaki yörüngesini çizmeleri sağlanır.

11.2.4.5. Manyetik akıyı açıklar ve manyetik akıyı etkileyen değişkenleri analiz eder.

11.2.4.6. Manyetik akı değişimi ile oluşan indüksiyon akımını analiz eder.

a. Öğrencilerin deney yaparak veya simülasyonlar kullanarak indüksiyon akımını oluşturan nedenler üzerine çıkarım yapmaları sağlanır.

11.2.4.7. Öz-indüksiyon akımının oluşum sebebini açıklar.

a. Öz-indüksiyon akım ile ilgili matematiksel işlemlere girilmez.

11.2.4.8. Elektrik motorunun ve dinamonun çalışma ilkelerini karşılaştırır.

2.4. MANYETİZMA VE ELEKTROMANYETİK İNDÜKLENME

2.4.1. Üzerinden Akım Geçen Telin, Halkanın ve Akım Makarasının (Bobin) Oluşturduğu Manyetik Alan

Telin Manyetik Alanı

Danimarkalı bilim adamı Hans Christian Oersted, 1819 yılında yaptığı deneyde iletken bir telin etrafına bir pusula yerleştirdi. Telden akım geçince pusulanın saptığını gördü. Yine aynı yıl Fransız matematikçi ve fizikçi Andre Marie Ampere üzerinden akım geçen iki telin birbirine kuvvet uyguladığını gözlemledi. İngiliz kimyacı ve fizikçi Michael Faraday ve ondan bağımsız olarak Joseph Henry mıknatısların elektrik akımı oluşturduğunu ve değişen manyetik alanın elektrik alanı doğurduğunu buldu.

Üzerinden akım geçen telin etrafındaki manyetik alan, telden geçen akım şiddeti ile doğru orantılı, akım geçen tele uzaklıkta ters orantılıdır.

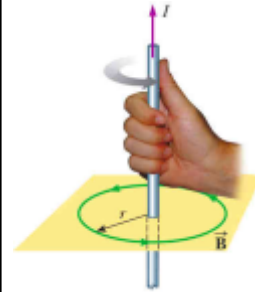
Telin bulunduğu ortam telin etrafında oluşan manyetik alanı değiştirmektedir. Telin etrafında oluşan manyetik alan vektörelidir ve $\vec{B}$ ile gösterilir. Meydana gelen manyetik alan

$$B = K \frac{2i}{d}$$

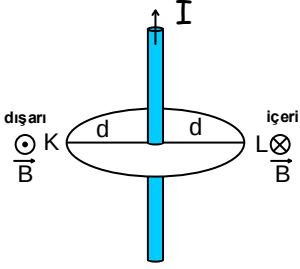
bağıntısı ile bulunur. K sayısı boşluğun manyetik geçirgenliği olan μ_0 değerine bağlıdır. Telin etrafında oluşan manyetik alan bulunurken K değeri,

$$K = \mu_0 / 4\pi = 10^{-7} \text{ N/A}^2 \text{ alınır.}$$

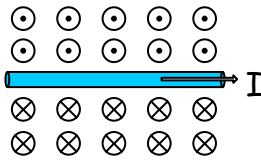
Manyetik alan, vektörel bir büyüklük olduğu için telin etrafındaki manyetik alanın yönü önemlidir.



Telden şekildeki gibi akım geçsin. Telin etrafına oluşan manyetik alanı bulmak için sağ elin başparmağı akım yönünü gösterecek şekilde tel avuç içine alınır. Tel çevresinde bükülen dört parmağın yönü, manyetik alanın yönünü gösterir.

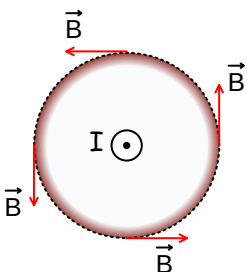


Şekilde görüldüğü gibi üzerinden akım geçen telin etrafındaki manyetik alan, telin sağ tarafında sayfanın içine doğru, sol tarafında ise sayfanın dışına doğrudur. Bu iki durumu ayırmak için manyetik alan sayfa düzleminden çıkıp bize doğru geliyorsa $\odot$ sembolü kullanılır. Ok, bizden sayfa düzlemine doğru gidiyorsa okun arkasını görürüz. Manyetik alan, bizden sayfa düzlemine doğru ise $\otimes$ sembolü kullanılır.

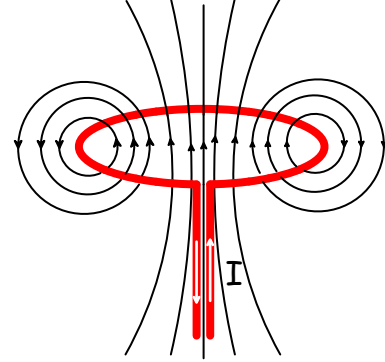


Üzerinden i akımı geçen şekilde telin etrafında oluşan manyetik alanın yönünü bulmak için sağ el kuralı kullanılır. Sağ elin başparmağı akım geçecek yönde tutularak tel, avuç içisine alınır. Dört parmak, manyetik alanın yönünü gösterir. Buna göre telin üstünde manyetik alan bize doğru, telin altında ise manyetik alan bizden sayfa düzleminin içine doğrudur.

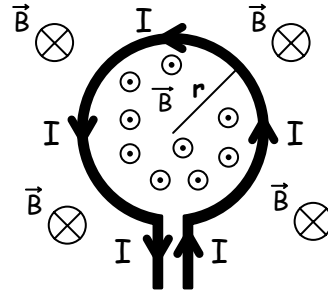
Sayfa düzlemine dik ve bize doğru gelen telin etrafında oluşan manyetik alanı bulmak için tel, başparmak akımın yönünü gösterecek şekilde sağ elin avuç içine alınır. Yana açılan dört parmak ise manyetik alanın yönünü gösterir. Manyetik alanın yönü şekildeki gibi olur.



Halkanın Manyetik Alanı



Üzerinden akım geçen halkanın etrafında oluşan manyetik alan çizgileri şekildeki gibidir. Manyetik alanın yönü, sağ el kuralı ile bulunur. Tel, başparmak akım yönünü gösterecek şekilde sağ elin avuç içine alınır dört parmağın yönü manyetik alanın yönünü gösterir.



Telin içerisinde sayfa düzleminden bize doğru, telin dışında ise bizden sayfa düzlemine doğru manyetik alan meydana gelir.

Halka şeklindeki telin merkezinde meydana gelen manyetik alan,

$$B = k \frac{2\pi I}{r} \text{ bağıntısı ile bulunur.}$$

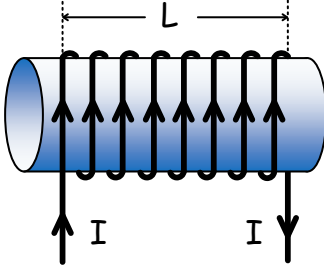
Eğer tel halkada N tane sarım varsa; halkanın merkezindeki manyetik alan şiddeti;

$$B = k \frac{2\pi I}{r} N \text{ bağıntısı ile hesaplanır.}$$

Halka tam değil de yarım halka ise manyetik alan,

$$B = \frac{1}{2} k \frac{2\pi I}{r} \text{ bağıntısı ile bulunur.}$$

Akım Makarası (Bobin)ın Oluşturduğu Manyetik Alan



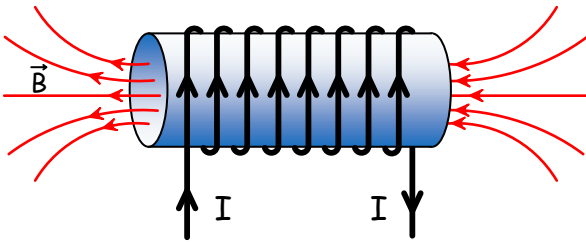
N tane sarımdan oluşan bobinden I akımı geçtiğinde bobinin etrafında şekildeki gibi manyetik alan meydana gelir. *Manyetik alan sarım sayısı ile doğru orantılı, tellerin üzerinden geçen akım ile doğru orantılı ve sarımların uzunluğu ile ters orantılıdır.*

Bobinin merkezindeki manyetik alan

$$B = \mu_0 \frac{N I}{L}$$

bağıntısı ile bulunur.

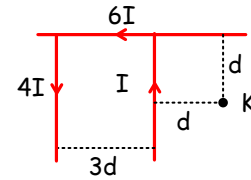
Bobinin etrafında oluşan manyetik alanın yönünü bulmak için, bobin, sağ elin dört parmağı akım yönünde olacak şekilde avuç içirisine alınır. Yana açılan başparmak manyetik alanın yönünü gösterir. Şekilde görülen bobinde oluşan manyetik alan, bobinin sol tarafından çıkıp sağ tarafına girecek şekilde olur.



Kavram Yanılgıları

- ☐ Kuzey ve güney kutup, pozitif ve negatif yük ile aynıdır.
- ☐ Manyetik alan çizgileri bir kutuptan çıkar diğer kutupta sona erer.
- ☐ Kutuplar izole edilebilir.
- ☐ Akı, alan çizgileri ile aynıdır.
- ☐ Akı, gerçekte manyetik alan çizgilerinin akışıdır.
- ☐ Manyetik alanlar elektrik alanlarla aynıdır.
- ☐ Durgun yüklere manyetik kuvvet etkir.
- ☐ Mıknatıslardaki manyetik alanlar hareketli yükler tarafından oluşturulmaz.
- ☐ Manyetik alanlar 3 boyutlu değildir.
- ☐ Manyetik alan çizgileri sizi dünya üzerinde tutar.
- ☐ Yükler serbest bırakıldığında bir mıknatısın kutuplarına doğru hareket eder.

KENDİMİZİ DENEYELİM

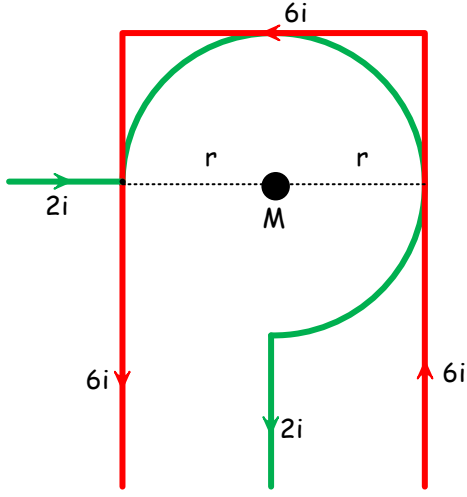


Şekildeki gibi sayfa düzleminde bulunan üç telden gösterilen yönlerde ve büyüklükte akımlar geçmektedir. Üzerinden i akımı geçen telin K noktasında oluşturduğu manyetik alan B ise K noktasındaki bileşke manyetik alan kaç B olur?

$$B_2 = \mu_0 \frac{2(4i)}{4d} = \mu_0 \frac{8i}{4d} = B \odot$$

$$B_3 = \mu_0 \frac{2(6i)}{d} = \mu_0 \frac{12i}{d} = 6B \odot$$

$$B_{\text{net}} = B_3 + B_2 - B_1 = 6B + B - B = 6B \odot$$



Üzerinden 2i ve 6i akımlar geçen tellerin dairenin merkezi M noktasında oluşturdukları manyetik alanın büyüklüğünü ve yönünü bulunuz.

$$B_1 = K \frac{2(6i)}{r} = K \frac{12i}{r} \odot$$

$$B_2 = K \frac{2(6i)}{r} = K \frac{12i}{r} \odot$$

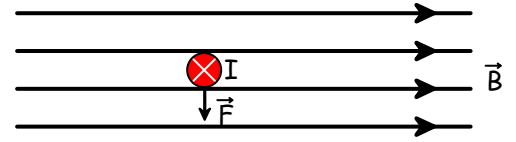
$$B_3 = K \frac{2(6i)}{r} = K \frac{12i}{r} \odot$$

$$B_4 = \frac{3}{4} K \frac{2\pi I}{r} = \frac{3}{4} K \frac{2.3(2i)}{r} = K \frac{9i}{r} \otimes$$

$$B_{\text{net}} = K \frac{12i}{r} + K \frac{12i}{r} + K \frac{12i}{r} - K \frac{9i}{r} = K \frac{25i}{r} \odot$$

2.4.2.Üzerinden Akım Geçen Bir Tele Manyetik Alanda Etki Eden Kuvvet

Elektrik motorlarında elektrik enerjisi, hareket enerjisine dönüşür. Elektrik motorunda sabit bir manyetik alan içerisinde tel sarımlar bulunmaktadır. Devreye akım verildiğinde üzerinden akım geçen teller dönmeye başlar. Bir manyetik alan içerisinde bulunan ve üzerinden akım geçen tellere manyetik kuvvet etki eder.



Düzgün bir manyetik alan içerisinde şekildeki gibi sayfa düzlemine dik olarak yerleştirilen iletken telden sayfa düzleminin içerisinde doğru akım geçsin. Telin etrafında meydana gelen manyetik alan, telin üst tarafındaki manyetik alanı güçlendirir. Telin alt tarafında ise manyetik alanı zayıflatacak yönde bir manyetik alan oluşturur. Bu yüzden üzerinden akım geçen tele manyetik alanı fazla olan yerden az olan yere doğru bir kuvvet etki eder ve teli iter.

Üzerinden akım geçen tele etki eden kuvvet, telden geçen akım ve manyetik alanla doğru orantılıdır.

Üzerinden i akımı geçen B manyetik alanındaki L uzunluğundaki tele etkiyen manyetik kuvvet,

F = B.I.L bağıntısı ile bulunur.

F; Newton (N)

B; Weber/metre-kare (Wb/m²)

I; Amper (A)

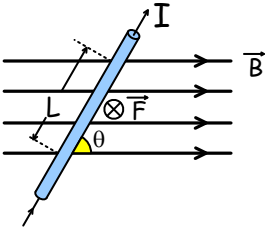
L (metre (m)



Manyetik kuvvetin yönü, sağ el kuralıyla bulunur. Sağ elin başparmağı şekildeki gibi akımın yönünde tutulur. Dört parmak manyetik alanın yönünü gösterecek şekilde tutulursa avuç içi kuvvetin yönünü gösterir.

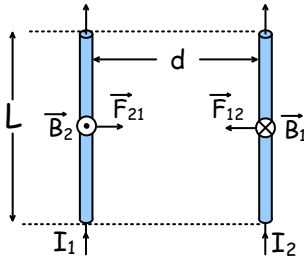
Manyetik kuvvet hem akım geçen tele hem de manyetik alana diktir. Eğer tel manyetik alana dik değilse manyetik alanın tele dik bileşeni alınır.

Tel, manyetik alana paralelse manyetik kuvvet oluşmaz.



Şekildeki gibi üzerinden i akımı geçen L uzunluğundaki tel, manyetik alana θ açısı yapacak şekilde yerleştirilirse tele etki eden kuvvet:

$$F = B.L.I.\sin\theta \quad \text{bağıntısı ile bulunur.}$$



Aralarında d uzaklığı bulunan boyca eşit ve paralel iki telden aynı yönde I_1 ve I_2 akımları şekildeki gibi geçsin. Üzerinden I_2 akımı geçen tel diğer tel üzerinde bize doğru bir manyetik alan meydana getirir. Üzerinden I_1 akımı geçen tel diğer tele sayfa düzleminin içine doğru bir manyetik alan meydana gelir. Bu manyetik alanlardan dolayı tellere şekilde gösterilen yönlere kuvvetler etki eder. Sonuç olarak **üzerinden aynı yönde akım geçen iki tel birbirine eşit büyüklükte kuvvet uygulayarak birbirini çeker.**

Üzerinde aynı yönde akım geçen iletken teller birbirini çeker. **Tellerden geçen akımlardan birinin yönü ters çevrilirse tellerin birbirine uyguladığı kuvvetlerin büyüklüğü değişmez. Fakat teller birbirini iter.**

Tellere etki eden kuvvetler birbirine eşit ve zıt yönlüdür.

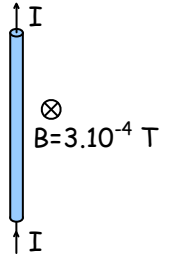
Akımlar aynı yönlü olursa teller arasında çekme kuvveti, zıt yönlü olursa itme kuvveti oluşur.

$$F = K \frac{2I_1.I_2}{d} L$$

KENDİMİZİ DENEYELİM

Şekilde kurulan devrede 5 cm uzunluğundaki telin üzerinden 3 A büyüklüğünde akım geçiriliyor. Buna göre manyetik alanda tele etkiyen kuvveti ve kuvvetin yönünü bulunuz.

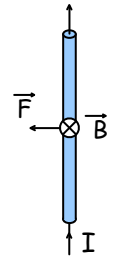
$$(K = 10^{-7} \text{ N/A}^2)$$



$$F = B.L.I$$

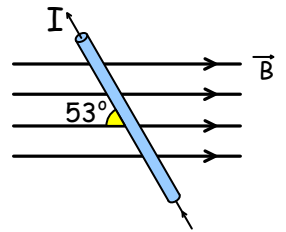
$$F = 3.10^{-4} . 3.0,05$$

$$F = 45.10^{-6} \text{ N}$$



Üzerinden 3A'lık akım geçen 1 m uzunluğundaki tel parçası 5 Tesla şiddetindeki manyetik alan içine 53° açı yapacak şekilde konuyor. Buna göre tel parçasına etkiyen manyetik kuvveti ve yönünü bulunuz.

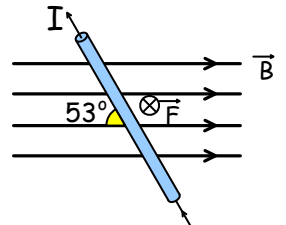
$$(K = 10^{-7} \text{ N/A}^2, \sin 53^\circ = 0,8).$$

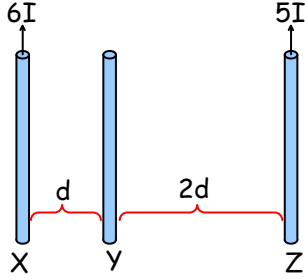


$$F = B.L.I.\sin 53^\circ$$

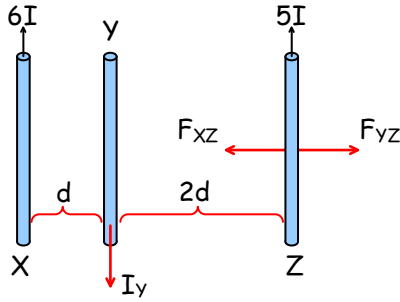
$$F = 5.1.3.0,8$$

$$F = 12 \text{ N}$$





Şekildeki sonsuz uzunluktaki tellerden X ve Y telleri sabit tutulurken Z teli serbest bırakılıyor. Tellerden aynı zamanda şekildeki akımlar geçirilince Z teli hareketsiz kalıyor. Y telinden geçen akımın büyüklüğünü ve yönünü bulunuz.



$$F_{xz} = K \frac{2I_x \cdot I_z}{3d} L \quad F_{yz} = K \frac{2I_y \cdot I_z}{2d} L$$

$$F_{xz} = K \frac{2 \cdot 6I \cdot 5I}{3d} L \quad F_{yz} = K \frac{2 \cdot I_y \cdot 5I}{2d} L$$

$$F_{xz} = K \frac{20I^2}{d} L$$

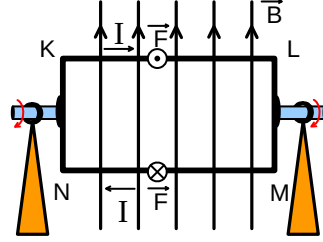
$$F_{xz} = F_{yz}$$

$$K \frac{20I^2}{d} L = K \frac{2 \cdot I_y \cdot 5I}{2d} L$$

$$20I^2 = I_y \cdot 5I$$

$$4I = I_y$$

2.4.3. Manyetik Alan İçerisinde Akım Taşıyan Tel Çerçevesinin Hareketi



Üzerinden akım geçen sayfa düzlemindeki şekildeki gibi bir tel çerçeveye sayfa düzleminde yukarı doğru düzgün manyetik alan uygulansın. Tel çerçevesinin üst tarafındaki L uzunluğundaki parçasına sağ el kuralına göre sayfa düzleminde bize doğru F kuvveti etki eder. Tel çerçevesinin alt tarafındaki L uzunluğundaki parçasına sayfa düzleminin içine doğru F kuvveti etki eder. Tel çerçevesinin sol ve sağ parçaları manyetik alana paralel olduğu için manyetik kuvvet etki etmez. Telin sol ve sağ kısmında bulunan teller üzerlerinden zıt yönde akım geçtiği için birbirlerini iter. Bu kuvvet, telin gerilmesini sağlar. Telin üst ve alt taraflarında zıt yönde ve eşit büyüklükte kuvvet etki ettiği için tel çerçeve dönme eksenini etrafında dönmeye başlar.

Çerçeveye etki eden tork (döndürme etkisi);

- ❖ B, manyetik alan şiddeti ile doğru,
- ❖ I, akım şiddeti ile doğru,
- ❖ A, tel çerçevesinin alanı ile doğru,
- ❖ θ , tel çerçevesinin yüzey normali ile manyetik alan arasındaki açının sinüs değeri ile doğru orantılıdır.

$$\tau = B \cdot I \cdot A \cdot \sin\theta$$

Eğer $\theta = 90^\circ$ ise $\sin 90^\circ = 1$ olduğundan torkun şiddeti;

$$\tau = B \cdot I \cdot A$$

bağıntısı ile bulunur.

2.4.4. Yüklü Parçacıkların Manyetik Alan İçindeki Hareketi

Dünya'nın manyetik alanına giren yüklü parçacıklar manyetik alanda saparak kutup ışıklarını oluştururlar. Yapılan deneylerle manyetik alana dik olarak fırlatılan yüklü parçacığın manyetik alanda saptığı gözlenmiştir.

Manyetik alanda üzerinden akım geçen tele etki eden kuvveti öğrendik. Bu kuvvet $\mathbf{F} = \mathbf{B} \cdot \mathbf{I} \cdot \mathbf{L}$ bağıntısı ile bulunur.

Telden birim zamanda geçen yük akım şiddetini verir. Geçen akım şiddeti $\mathbf{I} = \mathbf{q}/\mathbf{t}$ bağıntısı ile bulunur.

q yükünün L uzunluğunda teli yükün v hızıyla geçme süresi $\mathbf{t} = \mathbf{L}/\mathbf{v}$ bağıntısı ile bulunur, $\mathbf{I} = \mathbf{q}/\mathbf{t}$ bağıntısında zaman yerine $\mathbf{t} = \mathbf{L}/\mathbf{v}$ yazarsak,

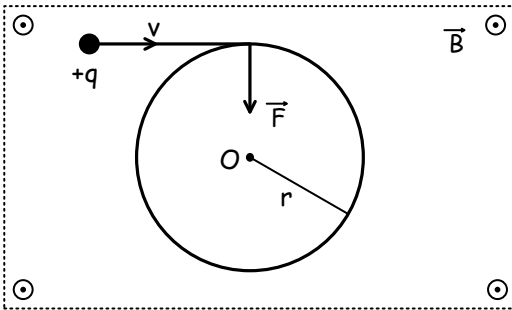
$\mathbf{I} = \mathbf{q} \cdot \mathbf{v}/\mathbf{L}$ elde edilir.

$\mathbf{F} = \mathbf{B} \cdot \mathbf{I} \cdot \mathbf{L}$ bağıntısında akımı yerine yazdığımızda,

$\mathbf{F} = \mathbf{B} \cdot \mathbf{I} \cdot \mathbf{L} = \mathbf{B} \cdot \mathbf{q} \cdot \mathbf{L}/\mathbf{L} = \mathbf{q} \cdot \mathbf{v} \cdot \mathbf{B}$ bağıntısı elde edilir.

Manyetik alana dik olarak v hızıyla giren q yüküne etki eden kuvvet,

$\mathbf{F} = \mathbf{B} \cdot \mathbf{q} \cdot \mathbf{v}$ bağıntısı ile bulunur.



Yüklü bir parçacık v hızı ile bir manyetik alana girerse, parçacığa bir manyetik kuvvet etki eder.

Bu kuvvet;

- ❖ B , manyetik alan şiddeti ile doğru,
- ❖ q , parçacığın yük miktarı ile doğru,
- ❖ v , hızının şiddeti ile doğru,
- ❖ θ , manyetik alan ile hız vektörleri arasındaki açının sinüs değeri ile doğru orantılıdır.

$$\mathbf{F} = \mathbf{B} \cdot \mathbf{q} \cdot \mathbf{v} \cdot \sin\theta$$

Eğer $\theta = 90^\circ$ ise $\sin 90^\circ = 1$ olduğundan manyetik kuvvet şiddeti;

$$\mathbf{F} = \mathbf{B} \cdot \mathbf{q} \cdot \mathbf{v} \quad \text{bağıntısı ile bulunur.}$$

Sağ El Kuralı:

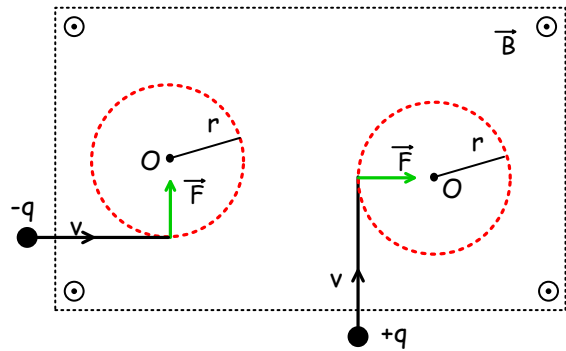
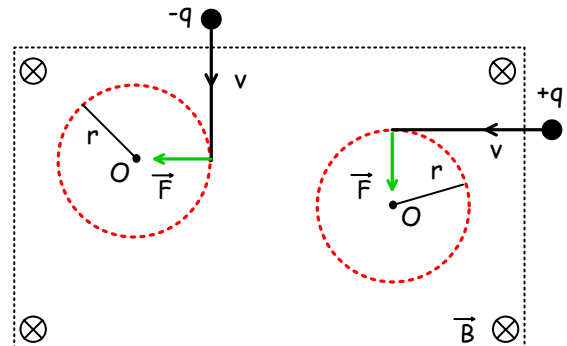
Dört parmak manyetik alan yönünü, baş parmak hız yönünü gösterecek şekilde birbirine dik olarak açılır. Avuç içinin gösterdiği yön manyetik kuvvet yönüdür.

Eğer yük $(-)$ işaretli ise kuvvetin yönü avuç içinin tersi olur.

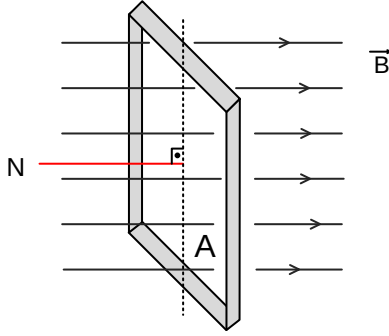
$\vec{v}$ hızı ile $\vec{B}$ manyetik alanına dik olarak giren yüklü parçacık düzgün dairesel hareket yapar. Bu hareketin yarıçapı;

$$\begin{aligned} F_{\text{mer}} &= F_{\text{man}} \\ \frac{mv^2}{r} &= B \cdot q \cdot v \\ r &= \frac{mv}{B \cdot q} \end{aligned}$$

ifadesi ile hesaplanır.



2.4.5. Manyetik Akı



Düzgün bir manyetik alanda manyetik alan kaynağına yakın ve manyetik alana dik olacak şekilde bir yüzey yerleştirelim. Yüzeyin içerisinden belirli sayıda manyetik alan çizgisi geçer. Manyetik alan çizgileri N kutbundan çıkıp S kutbuna girer ve alan çizgileri kutuplardan uzaklaştıkça azalır. Tel çerçeveyi manyetik alan kaynağından uzaklaştırırsak yüzeyin içerisinden geçen manyetik alan çizgi sayısı azalır. Yüzeyi manyetik alana doğru döndürdüğümüzde ise çerçeve içerisinden geçen alan çizgi sayısı azalır. Belirli bir alandaki manyetik alan çizgilerinin sayısı manyetik akı kavramı ile açıklanır.

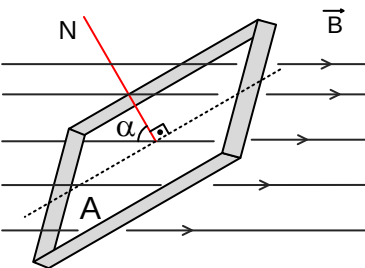
Birim yüzeyden dik olarak geçen manyetik alan çizgileri sayısına manyetik akı denir. Manyetik akı, manyetik alan şiddetinin büyüklüğüne (B) ve yüzeyin alanına (A) bağlıdır.

Manyetik akı $\phi = B \cdot A$ bağıntısı ile bulunur.

ϕ ; manyetik akı (Wb)

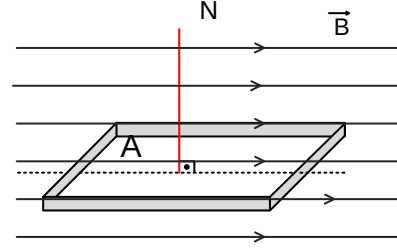
B; manyetik alan şiddeti (Wb/m²)

A; manyetik alan çizgilerinin geçtiği yüzey alanı (m²)



Manyetik alan çizgileri A yüzeyine dik değilse (yüzeyin normali ile alan çizgileri arasında α açısı varda) manyetik akı;

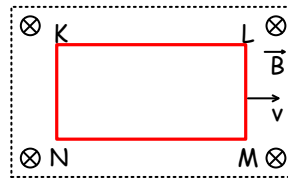
$$\Phi = B \cdot A \cdot \cos \alpha$$



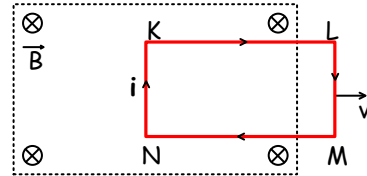
Manyetik alan çizgileri A yüzeyine paralel ise (yüzeyin normali ile alan çizgileri arasındaki açı 90 derece ise) manyetik akı sıfır olur.

$$\Phi = 0$$

2.4.6. Manyetik Akı Değişimi ile Oluşan İndüksiyon Akımı



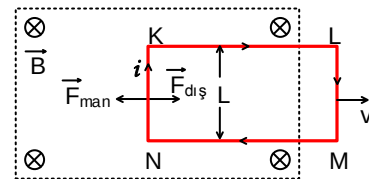
B manyetik alanı içindeki KLMN tel halkası halkanın tamamı alan içinde kalmak koşuluyla sabit v hızı ile hareket ettirilirse halkadan bir akım geçmediği görülür.



KLMN tel halkası alan dışına çıkmaya başladığı andan itibaren halkada bir akım oluştuğu görülür.

Tel halkada akım oluşmasının nedeni, halka alan dışına çıkmaya başladığı andan itibaren halka yüzeyinden geçen alan çizgi sayısının değişmeye başlamasıdır.

Yani tel halkadan geçen manyetik akı değişimi halkada indüksiyon elektromotor kuvveti meydana getirmiştir.



Manyetik alan içinde kalan tel halkanın KN parçasına sağ el kuralına göre sayfa düzleminde sola doğru bir manyetik kuvvet etki eder. Tel halkanın sabit hızla hareket edebilmesi için uygulanan kuvvetin manyetik kuvvete eşit ve zıt yönlü olması gerekir.

$$\vec{F}_{dış} = -\vec{F}_{man}$$

$$F = -B.L.i$$

Yapılan iş: $W = F.\Delta X$

Halkanın Δt sürede v hızıyla yaptığı yer değiştirme

$$\Delta X = v.\Delta t$$

Halkanın herhangi bir noktasından geçen yük miktarı;

$$q = I.\Delta t$$

q yükünün yaptığı iş: $W = \varepsilon.q$

Buna göre; $\varepsilon.q = F.\Delta X$

$$\varepsilon.I.\Delta t = -B.L.I.v.\Delta t$$

$$\varepsilon.\Delta t = -B.L.v.\Delta t$$

L uzunluğundaki telin ΔX yolu boyunca taradığı alan;

$$A = L.\Delta X = L.v.\Delta t$$

$$\varepsilon.\Delta t = -B.L.v.\Delta t$$

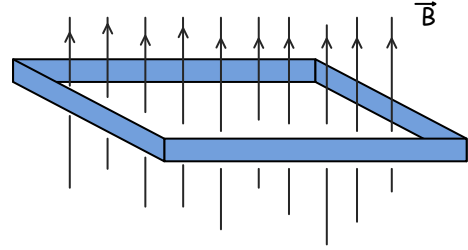
$$\varepsilon.\Delta t = -B.A = \Delta\phi$$

B manyetik alanı içinde v hızıyla hareket eden tel halkada meydana gelen indüksiyon elektromotor kuvveti;

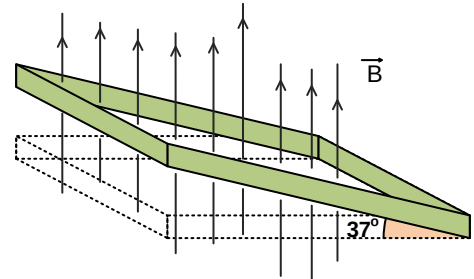
$$\varepsilon = -\frac{\Delta\phi}{\Delta t}$$
 bağıntısıyla bulunur.

İndüksiyon elektromotor kuvveti, manyetik akının değişim hızına eşittir.

ÖRNEK:



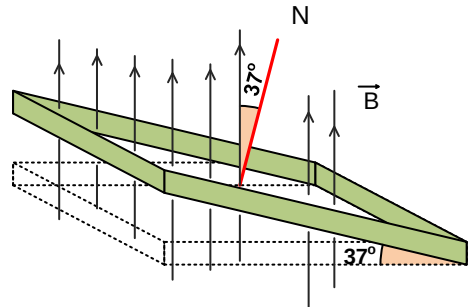
Şekil-1



Şekil-2

Büyüklüğü 6.10^{-3} Wb/m^2 olan düzgün bir manyetik alan içinde alan çizgilerine dik olarak konan 200 sarımlı ve 500 cm^2 alana sahip tel halka 0,3 saniyede şekil-1 deki konumundan yatayla 37° açı yapacak şekilde şekil-2 deki konumuna getirilirse oluşan indüksiyon elektromotor kuvveti kaç volt olur?

ÇÖZÜM:



$$\begin{aligned}\Delta\phi_1 &= B.A \\ &= 6.10^{-3}.5.10^{-2} \\ &= 30.10^{-5} \text{ Wb} \\ \Delta\phi_2 &= B.A.\cos 37^\circ \\ &= 6.10^{-3}.5.10^{-2}.0,8 \\ &= 24.10^{-5} \text{ Wb}\end{aligned}$$

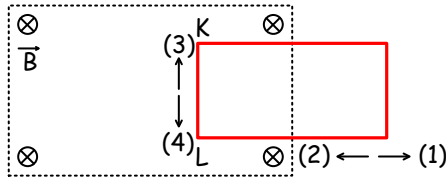
$$\begin{aligned}\varepsilon &= -\frac{\Delta\phi}{\Delta t} N = -\frac{\Delta\phi_2 - \Delta\phi_1}{\Delta t} N \\ &= -\frac{24.10^{-5} - 30.10^{-5}}{0,3} 200 \\ &= 4.10^{-2} \text{ Volt}\end{aligned}$$

Bir manyetik alan içindeki kapalı bir halkadan geçen manyetik akı değişimi bir indüksiyon akımı yaratır. Oluşan bu indüksiyon akımı da başka bir manyetik alan oluşturur. Oluşan bu yeni manyetik alan, manyetik akı değişimine neden olan manyetik alana zıt yöndedir.

Bunun nedeni Enerjinin Korunumu Kanunu'dur. Manyetik akı değişimini yaratmak için harcanan enerji, oluşan indüksiyon akımının direnç üzerinde meydana getirdiği ısı enerjisine eşit olur.

İndüksiyon akımının yönü, kendisini meydana getiren nedene karşı koyacak yönde oluşur.

Manyetik Alan İçinde Hareket Eden Tel Halkada Oluşan İndüksiyon Akımı

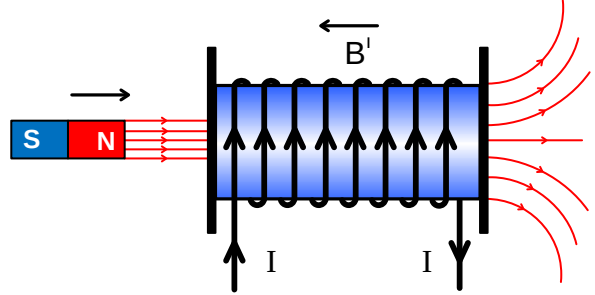


B manyetik alanı içindeki tel halka (1) yönünde hareket ettirilirse halkadan geçen manyetik akı değişimi azalacağından bir indüksiyon akımı doğar. Bu akımın yaratacağı manyetik alan da manyetik akı azalmasına karşı koyacak şekilde B manyetik alanını destekleyecek biçimde sayfa düzleminde içeri doğru olur. Bu manyetik alanın oluşabilmesi için indüksiyon akımının yönü KL telinde (3) yönünde olur.

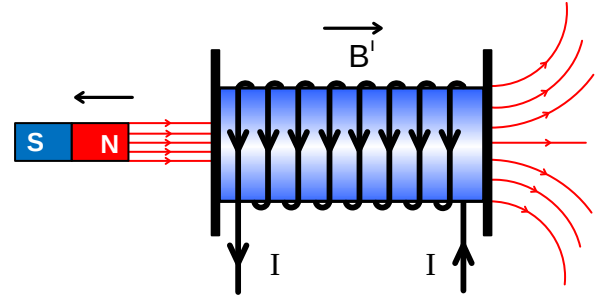
Eğer tel halka (2) yönünde hareket ettirilirse manyetik akı artacaktır. Bu durumda oluşan indüksiyon akımının yaratacağı manyetik alan da manyetik akı artmasına karşı koyacak şekilde sayfa düzleminde dışarı doğru olur. Bu manyetik alanın oluşabilmesi için indüksiyon akımının yönü KL telinde (4) yönünde olur.

Tel halka tamamen B manyetik alanı içinde olduğu sürece manyetik akı değişimi "sıfır" olacağından tel halkada indüksiyon akımı oluşmaz.

Mıknatıs Etkisiyle Bobinlerde İndüksiyon Akımı Oluşması

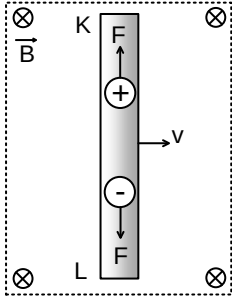


Mıknatıs bobine doğru yaklaştırılırsa bobinin içinden geçen manyetik akı değişimi artacağından bir indüksiyon akımı doğar. Bu akımın yaratacağı manyetik alan da manyetik akı artışına karşı koyacak şekilde sayfa düzleminde sola doğru olur. Bu manyetik alanın oluşabilmesi için bobinde meydana gelen indüksiyon akımının yönü şekildeki gibi olur.

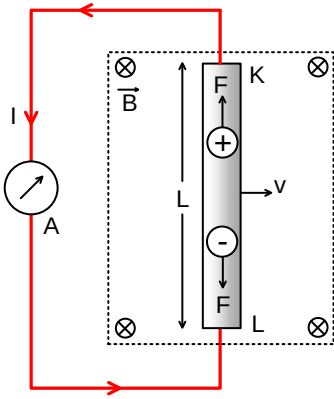


Eğer mıknatıs bobinden uzaklaştırılırsa bobinin içinden geçen manyetik akı azalacaktır. Bu durumda oluşan indüksiyon akımının yaratacağı manyetik alan da manyetik akının azalmasına karşı koyacak şekilde sayfa düzleminde sağa doğru olur. Bu manyetik alanın oluşabilmesi için bobinde meydana gelen indüksiyon akımının yönü şekildeki gibi olur.

İletken çubuğun uçları arasındaki indüksiyon elektromotor kuvveti



B manyetik alanı içindeki KL iletken teli v hızıyla hareket ettirilirse iletken telin içindeki elektrik yükleri de v hızıyla hareket eder. Bu durumda iletken içindeki (+) yükler sağ el kuralına göre K ucunda, (-) yükler L ucunda toplanır. Böylece iletken telin iki ucu arasında bir elektromotor kuvveti doğar.



KL iletken telinin iki ucu iletken bir tel ile birleştirilerek kapalı bir devre oluşturulursa telden bir akımın geçtiği görülür. Bu akıma indüksiyon akımı denir.

L uzunluğundaki bir iletken v hızıyla B manyetik alanı içinde hareket ettirilirse iki ucu arasında oluşan indüksiyon elektromotor kuvveti;

$$\varepsilon = -B.L.v.\sin\alpha \quad \text{bağıntısıyla hesaplanır.}$$

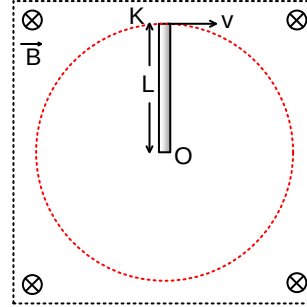
α ; iletken tel ile hız vektörü arasındaki açıdır.

$\alpha = 90^\circ$ ise $\sin 90^\circ = 1$ olduğundan;

$$\varepsilon = -B.L.v \quad \text{olur.}$$

Hız vektörü iletken tele paralel olursa;
 $\alpha = 0^\circ$ ve $\sin 0^\circ = 0$ olduğundan;

$$\varepsilon = 0 \quad \text{olur.}$$



L uzunluğundaki bir iletken tel B manyetik alanı içinde O noktası etrafında w açısal hızıyla döndürülürse iki ucu arasında oluşan indüksiyon elektromotor kuvveti;

$$\varepsilon = -\frac{1}{2} B.L.v$$

veya $v = w.r = w.L$ olduğundan

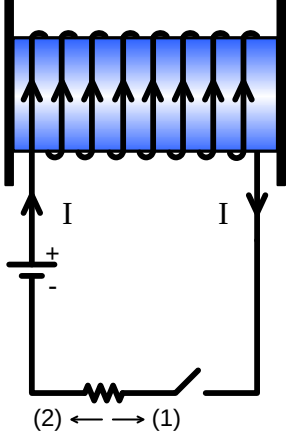
$$\varepsilon = -\frac{1}{2} B.L^2.w$$

olur.

Kavram Yanılgıları

- ☐ Elektrik (enerjisi) üretmek için iş yapmak gerekmez.
- ☐ Elektrik (enerjisi) üretilirken sadece mıknatıslar hareket edebilir.
- ☐ Gerilim sadece kapalı bir devrede olur.
- ☐ Manyetik akı, manyetik akının değişmesinden ziyade, indüklenmiş emkiye sebep olur.
- ☐ Tüm elektrik alanlar (+) yüklerden başlar ve (-) yüklerde son bulur.
- ☐ Barajlardaki su, elektrik (enerjisine) neden olur

2.4.7. Öz İndüksiyon Akımının Oluşumu



Bir bobinin üzerinden geçen akım şiddeti değişirse, içinde oluşan manyetik alan şiddeti ve buna bağlı olarak manyetik akı değişir.

Bu manyetik akı değişimi bobinde yeni bir indüksiyon emk'sı ve buna bağlı bir indüksiyon akımının doğmasına neden olur.

Oluşan bu yeni akımın yönü Lenz Kanunu'na göre kendisini meydana getiren nedene karşı koyacak yöndedir.

Bu yeni emk'ya öz indüksiyon emk'sı, akıma da öz indüksiyon akımı denir.

Şekildeki devrede anahtar kapatıldığında devre akımı sıfır değerinden I değerine ulaşmaya kadar artarken bobinin içinde oluşan manyetik alan şiddeti (dolayısıyla manyetik akı değeri) de artacaktır. Bu durumda Lenz Kanunu'na göre oluşan öz indüksiyon akımının yönü devre akımına zıt yönde olur.

Anahtar açıldığında devre akımı I değerinden sıfır değerine düşüncüye kadar geçen zaman içinde manyetik akı azalacaktır. Bu durumda Lenz Kanunu'na göre oluşan öz indüksiyon akımının yönü devre akımı ile aynı yönde olur.

Öz indüksiyon emk'sı kendisini oluşturan akımın değişim hızı ile doğru orantılıdır. Ayrıca öz indüksiyon emk'i bobinin yapıldığı maddeye bağlıdır.

2.4.8. Elektrik Motorunun ve Dinamonun Çalışma İlkelerini Karşılaştırılması

Elektrik motorları, elektrik enerjisini hareket enerjisine dönüştürür. Elektrik motorlarının birçok kullanım alanları vardır. Kumandalı arabalarda tekerlekleri döndüren, çamaşır makinelerinde kazanı döndüren elektrik motorlarıdır. Elektrik motorları sabit mıknatısların oluşturduğu manyetik alanın içerisinde bulunan sarımlardan oluşur. Sarımlardan elektrik akımı geçtiğinde tellere manyetik moment etki ederek sarımların dönmesi sağlanır.

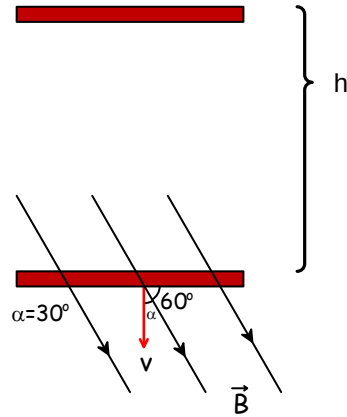
Motorlarda tur sayısı rpm ile ifade edilir, rpm motorun dakikadaki dönüş sayısını verir. Örneğin 1000 rpm'lik bir motor bir dakikada 1000 kez dönüş yapar.

Bisiklet sürerken elektrik enerjisi dinamo ile elde edilir. **Dinamolar hareket enerjisini elektrik enerjisine dönüştürür.** Dinamo sabit bir manyetik alan içerisinde dönen bir tel çerçevesinin içerisinde birim zamanda değişen manyetik akı sayesinde elektrik enerjisi üretir. Dinamolar mekanik enerji, elektrik enerjisine dönüşür.

ÖRNEK:

Şiddeti 1 Wb/m^2 ve eğilme açısı 60° olan yerin manyetik alanında homojen 50 cm uzunluğundaki iletken tel yatay olarak h yüksekliğinden serbest bırakılıyor.

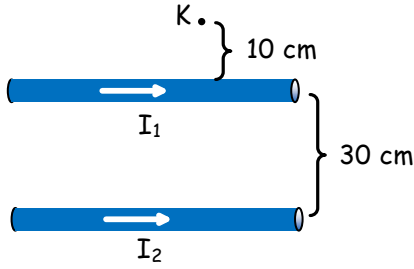
Tel aynı şekilde 4 s'de yere çarptığına göre iki ucu arasında meydana gelecek maksimum emk kaç volt olur?



$$\begin{aligned} v &= g \cdot t \\ v &= 10 \cdot 4 \\ v &= 40 \text{ m/s} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \epsilon &= -B \cdot L \cdot v \cdot \sin \alpha \\ \epsilon &= -1 \cdot 0,5 \cdot 40 \cdot 0,5 \\ \epsilon &= -10 \text{ V} \end{aligned}$$

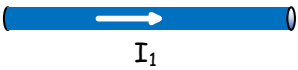
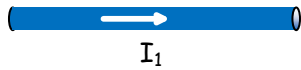
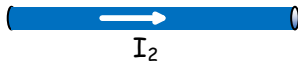
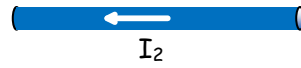
ÖRNEK:



Şekildeki tellerden akımlar aynı yönde geçerken K noktasında oluşan manyetik alan şiddeti $7 \cdot 10^{-6}$ N/A.m, akımlar zıt yönde geçtiklerinde K noktasında oluşan manyetik alan şiddeti $1 \cdot 10^{-6}$ N/A.m oluyor. I_1 ve I_2 akımları kaç Amperdir?

$$\vec{B}_1 \odot \quad K \cdot \quad \vec{B}_2 \odot$$

$$\vec{B}_1 \odot \quad K \cdot \quad B_2 \otimes$$



$$B_1 + B_2 = 7 \cdot 10^{-6}$$

$$B_1 - B_2 = 1 \cdot 10^{-6}$$

$$2B_1 = 8 \cdot 10^{-6}$$

$$B_1 = 4 \cdot 10^{-6} \text{ N/A.m}$$

$$B_2 = 3 \cdot 10^{-6} \text{ N/A.m}$$

$$B_1 = K \frac{2I_1}{d_1}$$

$$4 \cdot 10^{-6} = 10^{-7} \frac{2I_1}{0,1}$$

$$I_1 = 2 \text{ A}$$

$$B_2 = K \frac{2I_2}{d_2}$$

$$3 \cdot 10^{-6} = 10^{-7} \frac{2I_2}{0,4}$$

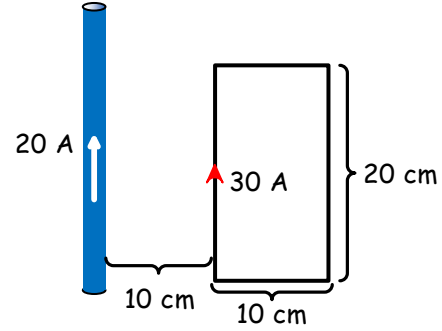
$$I_2 = 6 \text{ A}$$

Eğer I_1 akımı ters çevrilirse

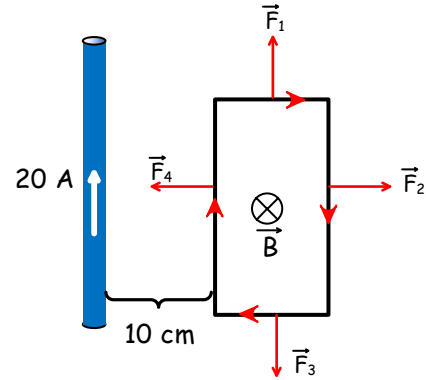
$$I_1 = 1,5 \text{ A}$$

$$I_2 = 8 \text{ A olur.}$$

ÖRNEK:



Şekildeki düz tel ve dikdörtgen biçimindeki tel aynı düzlemedir. Düz telden 20 A, dikdörtgen biçimindeki telden 30 A şiddetinde akımlar şekildeki gibi geçirilirse, dikdörtgen tele etki eden bileşke kuvvet kaç N olur?



$$\vec{F}_1 = -\vec{F}_3$$

$$\vec{F}_1 + \vec{F}_3 = 0$$

$$F_2 = K \frac{2I_1 I_2}{d} L$$

$$F_2 = 10^{-7} \frac{2 \cdot 20 \cdot 30}{0,2} \cdot 0,2$$

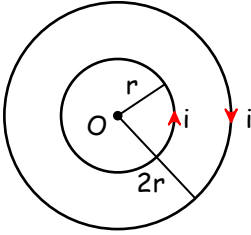
$$F_2 = 12 \cdot 10^{-5} \text{ N}$$

$$F_4 = K \frac{2I_1 I_2}{d} L$$

$$F_4 = 10^{-7} \frac{2 \cdot 20 \cdot 30}{0,1} \cdot 0,2$$

$$F_4 = 24 \cdot 10^{-5} \text{ N}$$

$$F_{\text{net}} = F_4 - F_2 = 24 \cdot 10^{-5} - 12 \cdot 10^{-5} = 12 \cdot 10^{-5} \text{ N}$$

ÖRNEK:

Şekilde eş merkezli, r ve $2r$ yarıçaplı çemberlerden eşit şiddetli i akımları ters yönde geçiyor. Dıştaki çemberin tek başına merkezde yarattığı manyetik alan şiddeti B dir. Buna göre O noktasındaki bileşke manyetik alan şiddeti kaç B olur?

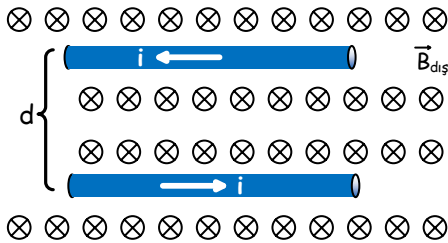
$$B = K \frac{2\pi i}{2r}$$

$$B' = K \frac{2\pi i}{r}$$

$$B = K \frac{\pi i}{r} \otimes$$

$$B' = 2B \odot$$

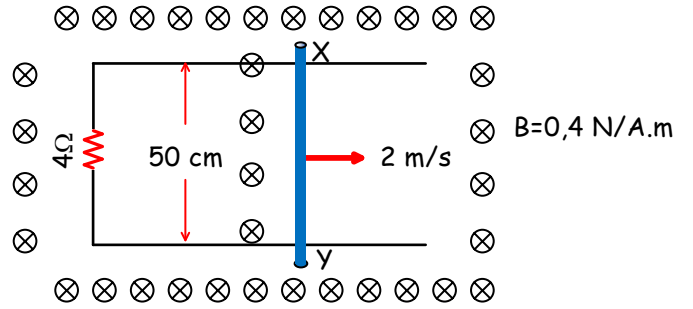
$$B_0 = 2B - B = B \odot$$

ÖRNEK:

Şekildeki sonsuz paralel iletkenler düzgün bir dış manyetik alan içindedirler. Tellerden i şiddetinde akım geçtiğinde birbirlerine kuvvet etki ettirmemeleri için dış manyetik alan şiddeti K , i ve d cinsinden ne olmalıdır?

Tellerin birbiri üzerinde oluşturdıkları manyetik alanların yönleri sayfa düzleminden dışarı doğru, yani dış manyetik alan yönü ile zıttır. Buna göre alan şiddetleri birbirine eşit olursa teller birbirine kuvvet uygulayamazlar.

$$B_{dış} = B = K \frac{2i}{d}$$

ÖRNEK:

Toplam direnci 4Ω olan bir iletken, sayfa düzleminden içeri doğru $0,4 \text{ N/A.m}$ şiddetinde bir manyetik alan içinde tutulmaktadır. XY iletkeni şekildeki gibi 2 m/s hızla sayfa düzleminde sağa doğru çekiliyor.

A) Devrede oluşan emk nedir?

B) Devreden geçen akım kaç amperdir?

C) XY teline etki eden manyetik kuvvet kaç N'dur?

A) $\varepsilon = B.L.v$

B) $\varepsilon = i.R$

C) $F = B.i.L$

$\varepsilon = 0,4.0,5.2$

$0,4 = i.4$

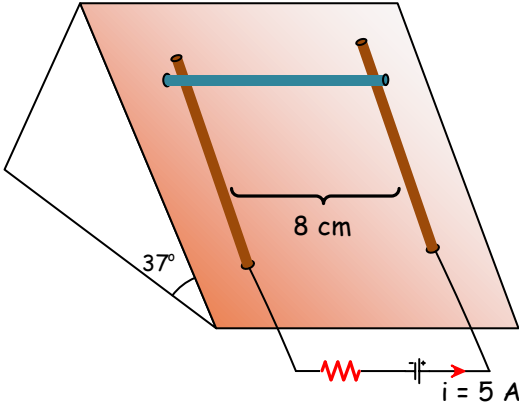
$F = 0,4.0,1.0,5$

$\varepsilon = 0,4.0,5.2$

$i = 0,1 \text{ A}$

$F = 0,02 \text{ N}$

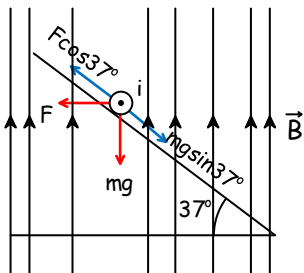
$\varepsilon = 0,4 \text{ Volt}$

ÖRNEK:

Aralarında 8 cm uzaklık bulunan iki iletken çubuk, yatayla 37° lik açı yapacak şekilde yerleştirilerek uçları şekildeki gibi bir üretece bağlanıyor. Paralel çubukların üzerine kütlesi 16 gram olan bir tel, bu çubuklara dik olacak şekilde yerleştiriliyor. Telin sürtünmesiz çubuklar üzerinde hareketsiz kalabilmesi için düzey doğrultudaki düzgün manyetik alanın yönü ve şiddeti ne olmalıdır?

Manyetik alan olmasaydı tel ağırlığının $mg \sin 37^\circ$ bileşeni nedeniyle aşağıya doğru hareket edecekti. Telin aşağıya doğru hareket etmemesi için manyetik kuvvetin raylar doğrultusundaki bileşeni yukarı yönlü ve $mg \sin 37^\circ$ büyüklüğünde olmalıdır.

Tele etki eden manyetik kuvvetin eğik düzlem doğrultusunda ve yukarı yönlü bir bileşeninin olabilmesi için manyetik alanın yukarı yönlü olması ile mümkündür.



$$F \cos 37^\circ = mg \sin 37^\circ$$

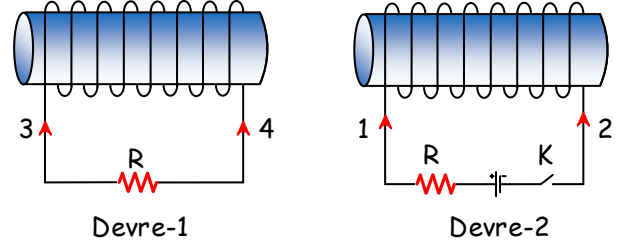
$$0,8F = 0,6 \cdot 0,016 \cdot 10$$

$$F = 0,12 \text{ N}$$

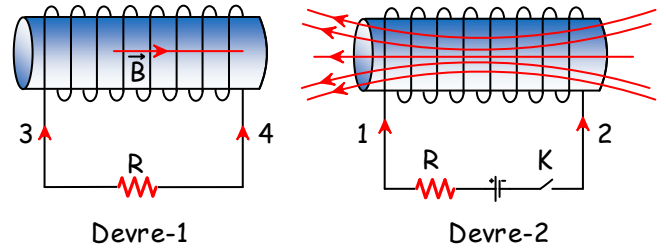
$$F = B \cdot L \cdot i$$

$$0,12 = B \cdot 0,08 \cdot 5$$

$$B = 0,3 \text{ N/A.m}$$

ÖRNEK:

Şekilde görüldüğü gibi yalıtkan borular üzerine teller sarılmıştır. 2'nci devredeki K anahtarı kapatıldığında oluşan indüksiyon ve öz indüksiyon akımlarının yönü için ne söylenebilir?



K anahtarı kapatıldığında devreden 1 yönünde geçen akım sıfırdan i değerine kadar artacaktır. Akımın bu artışını azaltıcı yönde (i akımına zıt yönde) yani 2 yönünde öz indüksiyon akımı oluşur. **Öz indüksiyon akımı mutlaka üreticinin olduğu devrede oluşur.**

2'nci devrede akımın geçmesiyle birlikte bobinin içinde sayfa düzleminde sola doğru manyetik alan oluşur ve bu alan akım değerinin artmasıyla artar.

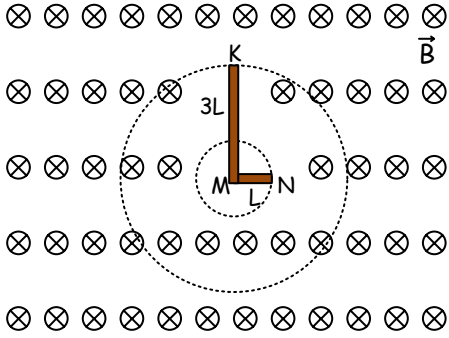
Bu artan manyetik alan 1'inci devredeki bobinin içinden geçer. Buna göre 1'inci devredeki bobinin içinde bu artan manyetik alanı azaltıcı yönde yani sayfa düzleminde sağa doğru bir manyetik alan oluşur. Sağa doğru manyetik alanın oluşabilmesi için devrede 4 yönünde indüksiyon akımı oluşur.

Bu sadece akımın sıfır değerinden i değerine ulaşmaya kadar sürede gerçekleşir. Akım değeri sabit değerine ulaştığı andan itibaren akı değişimi sıfır olacağından indüksiyon ve öz indüksiyon akımları sıfır olur.

Daha sonra K anahtarı açılınca indüksiyon ve öz indüksiyon akımları zıt yönlerde oluşur.

Öz indüksiyon akımı devre akımı azalırken devre akımıyla aynı yönde, devre akımı artarken ona zıt yönde oluşur.

ÖRNEK:



Sayfa düzlemine dik düzgün $\vec{B}$ manyetik alanı içindeki KMN iletkeni şekildeki gibi sayfa düzleminde ve M noktası çevresinde ω açısal hızı ile dönüyor.

MN noktaları arasında oluşan indüksiyon elektromotor kuvvetinin mutlak değeri 1 volt olduğuna göre KN noktaları arasında oluşan indüksiyon elektromotor kuvvetinin mutlak değeri kaç volt olur?

$$\mathcal{E}_{MN} = -\frac{1}{2} B \cdot L^2 \cdot \omega \quad \mathcal{E}_{KM} = -\frac{1}{2} B \cdot (3L)^2 \cdot \omega$$

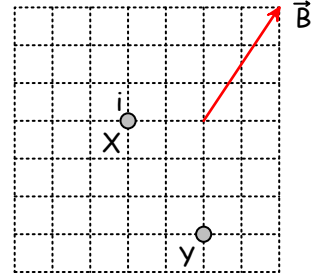
$$\mathcal{E}_{MN} = 1 \text{ V} \quad \mathcal{E}_{KM} = -\frac{1}{2} B \cdot 9L^2 \cdot \omega$$

$$\mathcal{E}_{KM} = 9 \text{ V}$$

$$\mathcal{E}_{KM} = \mathcal{E}_{KM} - \mathcal{E}_{MN} = 9 - 1 = 8 \text{ volt}$$

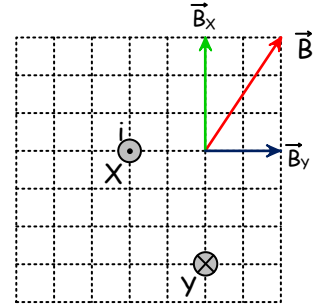
Bölüm Sonu Değerlendirme Soruları

1



Birbirine paralel sonsuz uzunluktaki iki tel olan X telinden i büyüklüğünde akım geçmektedir. İki telin K noktasında oluşturdukları bileşke manyetik alan şekildeki gibi ve B olduğuna göre Y telinden geçen akımın yönünü ve büyüklüğünü bulunuz.

B manyetik alanın yatay ve dikey bileşenlerinin şekildeki gibi oluşabilmesi için X telinden geçen akımın sayfa düzleminde dışarı, Y telinden geçen akımın sayfa düzleminde içeri doğru olması gerekir.



$$B_x = K \frac{2i}{d_x}$$

$$B_y = K \frac{2i_y}{d_y}$$

$$B_x = K \frac{2i}{2} = 3 \text{ br}$$

$$B_y = K \frac{2i_y}{3} = 2 \text{ br}$$

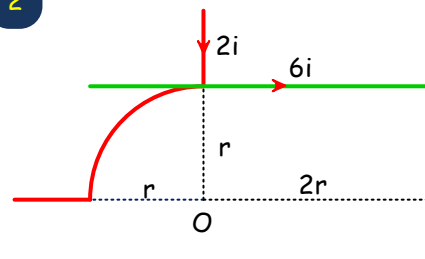
$$K i = 3$$

$$\frac{3}{i} \frac{2i_y}{3} = 2 \text{ br}$$

$$K = \frac{3}{i}$$

$$i_y = i$$

2



Şekildeki tellerden, gösterilen yönde akımlar geçmektedir. Çeyrek dairenin merkezi olan O noktasında meydana gelen manyetik alanın yönünü ve büyüklüğünü bulunuz.

Halka şeklindeki telin O noktasındaki manyetik alanı sayfa düzleminde dışarı iken, 6i akımının O noktasındaki manyetik alanları sayfa düzleminde içeri doğrudur.

$$B_{\text{halka}} = \frac{1}{4} K \frac{2\pi i}{r}$$

$$B_{\text{tel1}} = K \frac{2i}{d} \quad B_{\text{tel2}} = K \frac{2i}{d}$$

$$B_{\text{tel1}} = K \frac{2.6i}{r} \quad B_{\text{tel2}} = K \frac{2.6i}{2r}$$

$$B_{\text{tel2}} = K \frac{12i}{r} \otimes \quad B_{\text{tel2}} = K \frac{6i}{r} \otimes$$

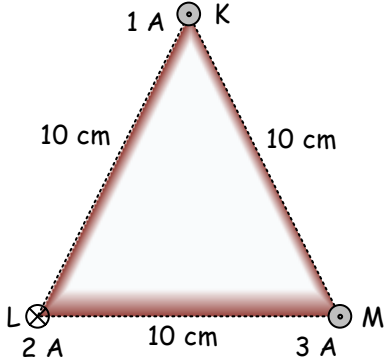
$$B_{\text{halka}} = K \frac{\pi i}{r} \odot$$

$$B_{\text{halka}} = K \frac{3i}{r} \odot$$

$$B_O = K \frac{12i}{r} + K \frac{6i}{r} - K \frac{3i}{r}$$

$$B_O = K \frac{15i}{r} \otimes$$

3



Bir kenarı 10 cm olan eşkenar üçgenin köşelerine sonsuz uzunluktaki K, L, M telleri yerleştiriliyor. K, L, M tellerinden şekilde gösterilen yönlerde ve büyüklüklerde akımlar geçmektedir. K telinin 1 m'lik kısmına etki eden kuvvetin büyüklüğünü ve yönünü bulunuz.

Akımlar aynı yönlü olursa teller arasında çekme kuvveti, zıt yönlü olursa itme kuvveti oluşur.

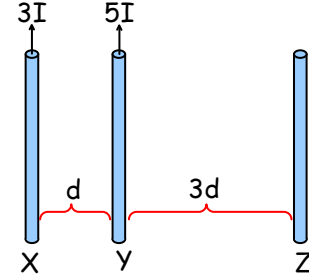
$$F_{LK} = 10^{-7} \frac{2.2.1}{0,1} = 4.10^{-6} \text{ N}$$

$$F_{MK} = 10^{-7} \frac{2.3.1}{0,1} = 6.10^{-6} \text{ N}$$

$$F^2 = (4.10^{-6})^2 + (6.10^{-6})^2 + 2(4.10^{-6})(6.10^{-6})\cos 120^\circ$$

$$F = 5,29.10^{-6} \text{ N}$$

4



Şekilde sonsuz uzunluktaki tellerden X ve Z telleri sabit tutulurken Y teli serbest bırakılıyor. Tellerden aynı anda şekildeki akımlar geçirilince Y teli hareketsiz kalıyor. Z telinden geçen akımın büyüklüğünü ve yönünü bulunuz.

Akımlar aynı yönlü olursa teller arasında çekme kuvveti, zıt yönlü olursa itme kuvveti oluşur. Buna X, Y teline çekme kuvveti uygulamaktadır. Y telinin hareketsiz kalabilmesi için Z teli de Y teline çekme kuvveti uygulamalıdır. Bunun için Z telinden geçen akım Y telinden geçen akım yönü ile aynı olmalıdır.

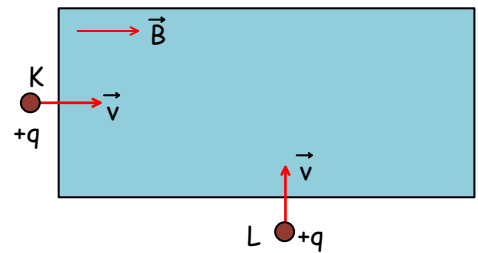
$$F_{XY} = F_{ZY}$$

$$K \frac{2.3i.5i}{d} L = K \frac{2.i.z.5i}{3d} L$$

$$3i = \frac{iz}{3}$$

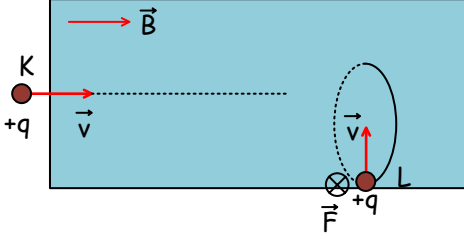
$$iz = 9i$$

5



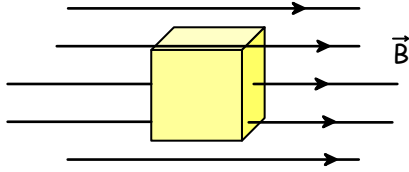
Sayfa düzleminde sağa doğru şekildeki gibi bir manyetik alana, ağırlığı ihmal edilen yüklü parçacıklar fırlatılıyor. Parçacıkların hız ve yükleri şekildeki gibi olduğuna göre parçacıkların manyetik alanda izleyecekleri yörüngelerini çiziniz.

(Parçacıklara etki eden kütle çekimi ihmal edilecek.)



K parçacığı manyetik alana paralel doğrultuda hareket ettiği için yörüngesini değiştirmeden yoluna devam edecektir. Manyetik alana dik doğrultuda giren L parçacığına sağ el kuralına göre sayfa düzleminden içeri doğru bir manyetik kuvvet etki edecektir. Bu kuvvetin etkisinde kalan L parçacığı sayfa düzleminden içeri doğru dairesel bir yörüngede sabit hızlı hareket yapar.

6



Manyetik alan çizgilerine paralel konan bir kenarı 10 cm olan bir demir küpten geçen toplam manyetik akı 48 Wb'dir. Buna göre küpteki akı yoğunluğunu bulunuz.

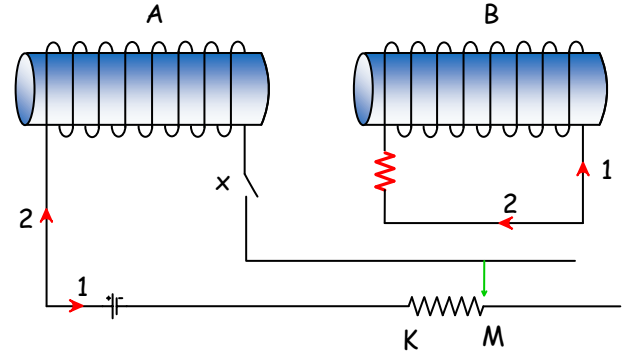
$$\phi = B.A$$

$$48 = B.(0,1)^2$$



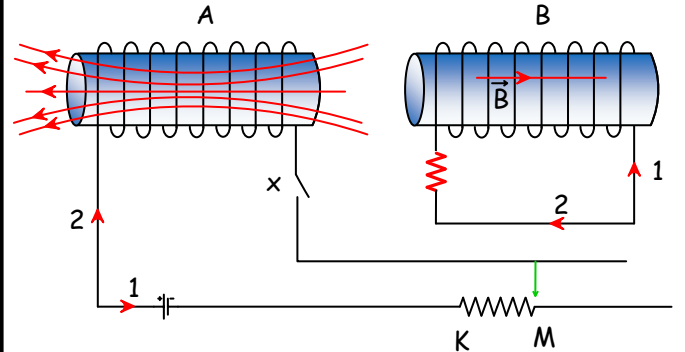
$$B = 4800 \text{ Wb/m}^2$$

7



A) Şekildeki x anahtarı kapatılırsa A bobininin olduğu devrede oluşan öz indüksiyon ve B bobininde oluşan indüksiyon akımlarının yönlerini bulunuz.

B) Şekildeki reosta sürgüsü M noktasından K noktasına getirilirse A bobininin olduğu devrede oluşan öz indüksiyon ve B bobininde oluşan indüksiyon akımlarının yönlerini bulunuz.



A) x anahtarı kapatıldığında devreden 2 yönünde geçen akım sıfırdan i değerine kadar artacaktır. Akımın bu artışını azaltıcı yönde (i akımına zıt yönde) yani 1 yönünde öz indüksiyon akımı oluşur.

B devresinde akımın geçmesiyle birlikte bobinin içinde sayfa düzleminde sola doğru manyetik alan oluşur ve bu alan akım değerinin artmasıyla artar.

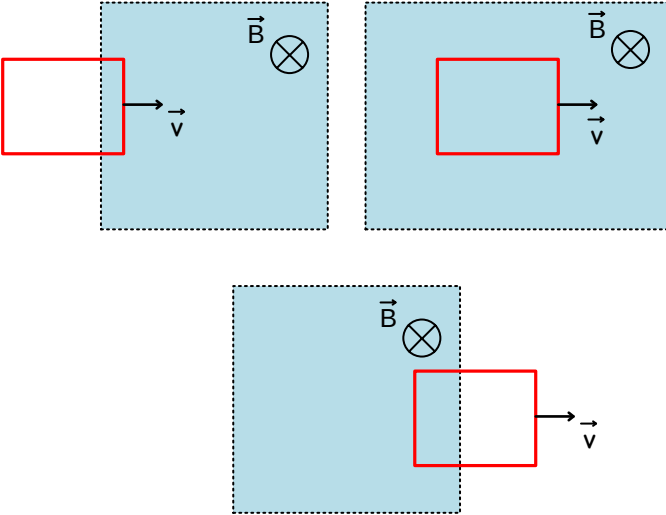
Bu artan manyetik alan B devresindeki bobinin içinden geçer. Buna göre B devresindeki bobinin içinde bu artan manyetik alanı azaltıcı yönde yani sayfa düzleminde sağa doğru bir manyetik alan oluşur. Sağa doğru manyetik alanın oluşabilmesi için devrede 1 yönünde indüksiyon akımı oluşur.

B) Reosta sürgüsü M noktasından K noktasına getirilirse direnç değeri azalacağı için A devresinin akım değeri artacaktır. Akımın bu artışını azaltıcı yönde 1 yönünde öz indüksiyon akımı oluşur.

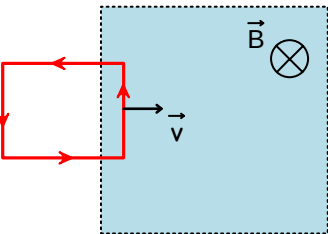
B devresinde akımın geçmesiyle birlikte bobinin içinde sayfa düzleminde sola doğru manyetik alan oluşur ve bu alan akım değerinin artmasıyla artar.

Bu artan manyetik alan B devresindeki bobinin içinden geçer. Buna göre B devresindeki bobinin içinde bu artan manyetik alanı azaltıcı yönde yani sayfa düzleminde sağa doğru bir manyetik alan oluşur. Sağa doğru manyetik alanın oluşabilmesi için devrede 1 yönünde indüksiyon akımı oluşur.

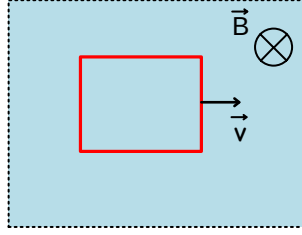
8



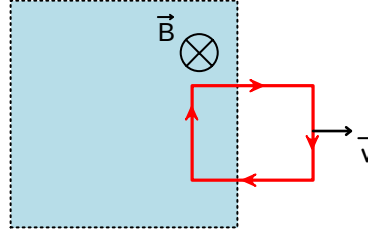
Sayfa düzleminde içeriye doğru olan bir manyetik alanda bir tel çerçeve şeklindeki gibi v sabit hızı ile çekilirken meydana gelen indüksiyon akımlarının yönlerini bulunuz.



Tel halka şeklindeki yönde hareket ettirilirse manyetik akı artacaktır. Bu durumda oluşan indüksiyon akımının yaratacağı manyetik alan da manyetik akı artmasına karşı koyacak şekilde sayfa düzleminde dışarı doğru olur. Bu manyetik alanın oluşabilmesi için indüksiyon akımının yönü şeklindeki gibi olur.

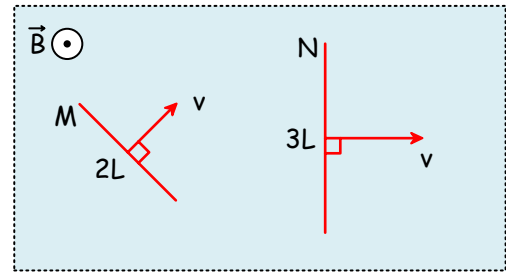


Tel halka tamamen B manyetik alanı içinde olduğu sürece manyetik akı değişimi "sıfır" olacağından tel halkada indüksiyon akımı oluşmaz.



B manyetik alanı içindeki tel halka şeklindeki gibi hareket ettirilirse halkadan geçen manyetik akı değişimi azalacağından bir indüksiyon akımı doğar. Bu akımın yaratacağı manyetik alan da manyetik akı azalmasına karşı koyacak şekilde B manyetik alanını destekleyecek biçimde sayfa düzleminde içeri doğru olur. Bu manyetik alanın oluşabilmesi için indüksiyon akımının yönü şeklindeki gibi olur.

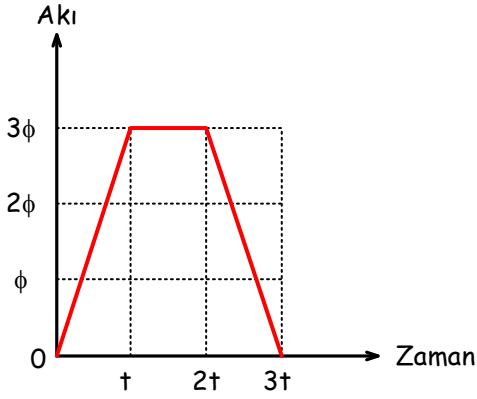
9



Boyları ve hızları verilen şeklindeki iletken teller, düzgün sayfa düzleminde bize doğru düzgün bir manyetik alanda çekiliyor. Oluşan indüksiyon emk'lerinin oranını bulunuz.

$$\frac{\varepsilon_M}{\varepsilon_N} = \frac{B \cdot 2L \cdot v}{B \cdot 3L \cdot v} = \frac{2}{3}$$

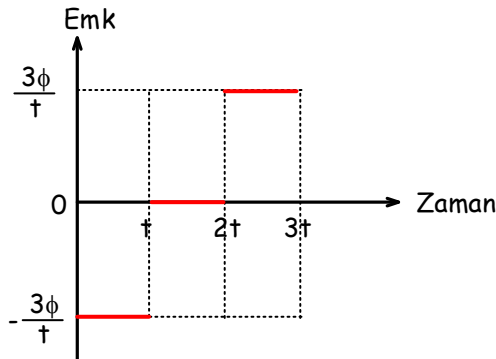
10



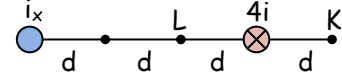
Bir tel çerçevesinde manyetik akının zamanla değişim grafiği şekildeki gibidir. Çerçeve içinde meydana gelen indüksiyon emk'nin zamanla değişim grafiğini çiziniz.

$$\varepsilon_1 = -\frac{\Delta\phi}{\Delta t} \quad \varepsilon_2 = 0 \quad \varepsilon_3 = -\frac{\Delta\phi}{\Delta t}$$

$$\varepsilon_1 = -\frac{3\phi - 0}{t - 0} = -\frac{3\phi}{t} \quad \varepsilon_3 = -\frac{0 - 3\phi}{3t - 2t} = \frac{3\phi}{t}$$

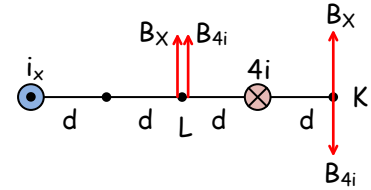


11



Şekildeki gibi sayfa düzlemine dik olarak konulan iki iletken telin, K noktasında oluşturdukları manyetik alanların toplamı sıfırdır. L noktasında oluşan manyetik alanın büyüklüğünü bulunuz.

4i akımının K noktasındaki manyetik alan yönü sayfa düzleminde aşağı doğrudur. K noktasında manyetik alanın sıfır olabilmesi için X telinin K noktasındaki manyetik alan yönü sayfa düzleminde yukarı yönlü ve şiddeti 4i akımının yarattığı alan şiddetine eşit olmalıdır. Buna göre X telinden geçen akımın yönü sayfa düzleminde dışarı doğrudur.

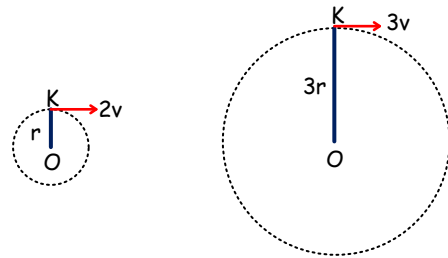


$$K \frac{2.4i}{d} = K \frac{2.i_x}{4d}$$

$$i_x = 16i$$

$$B_L = K \frac{2.4i}{d} + K \frac{2.16i}{2d} = K \frac{24i}{d}$$

12

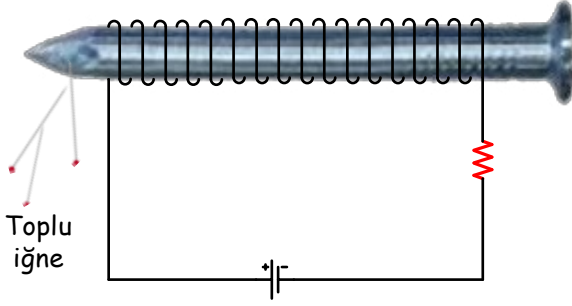


Sayfa düzleminde bize doğru düzgün manyetik alanında, alana dik olarak O noktalarından sabitlenen OK ve OL telleri şekildeki hızlarla döndürülüyor. Tellerde oluşan indüksiyon emk'lerinin oranını bulunuz.

$$\frac{\varepsilon_{OK}}{\varepsilon_{OL}} = \frac{\frac{1}{2} B \cdot r \cdot 2v}{\frac{1}{2} B \cdot 3r \cdot 3v} = \frac{2}{9}$$

TEST SORULARI

1



Bir demir çiviyle yapılan elektromıknatısta çivinin ucuna toplu iğneler şekildeki gibi yapışmaktadır.

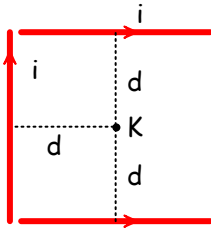
Yapışan toplu iğnelerin sayısını artırmak için,

- I. Sarım sayısı artırılmalı,
- II. Devredeki üretcecin gerilimi artırılmalı
- III. Sarım sayısı aynı kalacak şekilde daha uzun bir çivi kullanılmalı

işlemlerinden hangileri tek başına yapılmalıdır?

- A) Yalnız I
- B) Yalnız II
- C) I ve II
- D) I ve III
- E) I, II ve III

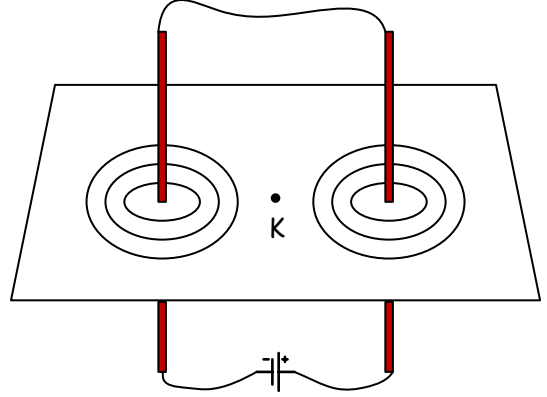
2



Akım taşıyan iletken teller ve K noktası aynı düzlemindedir. K noktasındaki bileşke manyetik alanın yönü nasıldır?

- A) $\odot$
- B) $\rightarrow$
- C) $\uparrow$
- D) $\leftarrow$
- E) $\otimes$

3



Şekilde birbirine paralel M ve N telleri bir üretece bağlanmıştır.

Tellerden akım geçtiğinde,

- I. Tellerin çevresindeki manyetik alan çizgilerinin dolanım yönleri zıttır.
- II. Tellerden eşit uzaklıktaki K noktasında oluşan manyetik alan şiddeti sıfırdır.
- III. Tellerin çevrelerindeki manyetik alan çizgilerinin dolanım yönleri aynıdır.

yargılarından hangileri doğrudur?

- A) Yalnız I
- B) Yalnız II
- C) Yalnız III
- D) I ve II
- E) II ve III

4

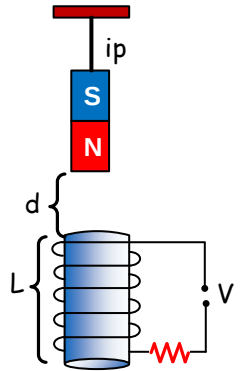
Bir mıknatıs ve bobin şekil düzlemi üzerinde verilen konumlarda tutuluyor.

Mıknatısın bağlı olduğu ip geirlmesi,

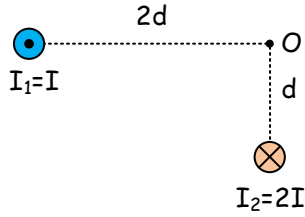
- I. d, uzaklığına
- II. L, bobinin uzunluğuna
- III. Bobinden geçen akımın yönüne

niceliklerinden hangilerine bağlıdır?

- A) Yalnız I
- B) Yalnız II
- C) I ve II
- D) I ve III
- E) I, II ve III



5

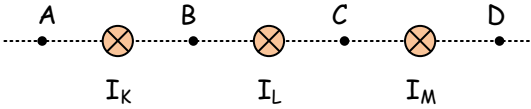


Sayfa düzlemine dik tellerden geçen I_1 ve I_2 akım şiddetlerinin yönü şekildeki gibidir.

Bu tellerin O noktasında oluşturdukları bileşke manyetik alanın yönü aşağıdakilerden hangisidir?

- A) B) C) D) E)

6

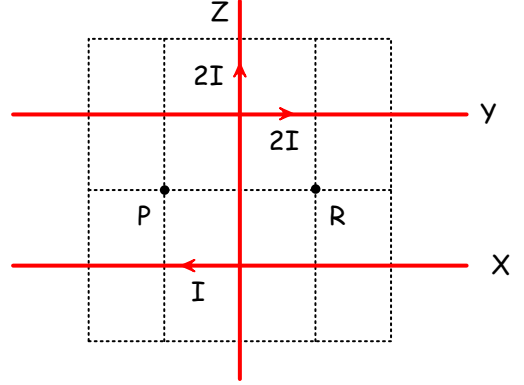


Sayfa düzlemine dik ve birbirine paralel olarak yerleştirilen K, L, M iletken tellerinden geçen I_K , I_L , I_M akımları geçmektedir.

Hangi noktalarda bileşken manyetik alan şiddeti sıfır olabilir?

- A) B ve C B) A ve D C) B ve D
D) A ve C E) B, C, D

7

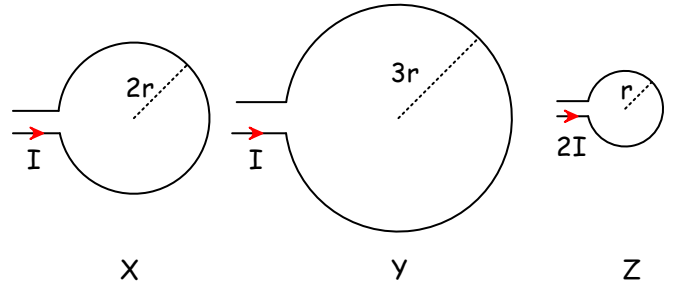


Yalıtılmış iletken X, Y, Z tellerinden I, 2I, 2I akımları geçmektedir.

Tellerin P ve R noktalarında oluşturdukları bileşke manyetik alan şiddetlerinin B_P/B_R oranı kaçtır?

- A) $\frac{1}{5}$ B) $\frac{2}{5}$ C) $\frac{1}{2}$ D) 1 E) $\frac{3}{2}$

8

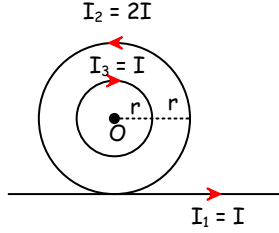


Şekildeki $2r$, $3r$, r yarıçaplı çember şeklindeki iletken tellerden I, I, 2I büyüklüğünde akımlar geçmektedir.

Çemberlerin merkezlerinde oluşan B_X , B_Y , B_Z manyetik alan şiddetlerinin arasındaki ilişki nedir?

- A) $B_Z > B_X > B_Y$ B) $B_X > B_Y > B_Z$ C) $B_X = B_Z > B_Y$
D) $B_Y > B_X > B_Z$ E) $B_Y > B_X = B_Z$

9



Aynı düzlemdeki yalıtılmış tellerden geçen akım şiddetleri I_1 , I_2 , I_3 kadardır.

I_1 akımının O noktasında oluşturduğu manyetik alan $\vec{B}$ ise, bu noktadaki bileşke manyetik alan nedir?

($\pi = 3$)

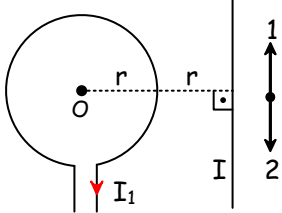
- A) $-\vec{B}$ B) 0 C) $\vec{B}$ D) $2\vec{B}$ E) $6\vec{B}$

10

Çember şeklinde kıvrılmış tel ile düz tel aynı düzlemde olup, çemberin merkezindeki bileşke manyetik alan şiddeti sıfırdır.

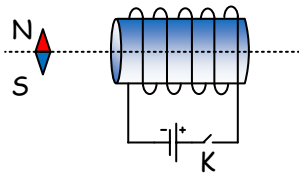
Buna göre I akımının yönü ve büyüklüğü nedir?

($\pi = 3$)



- A) 1 yönünde, I_1 B) 1 yönünde, $3I_1$ C) 1 yönünde, $6I_1$
D) 2 yönünde, $3I_1$ E) 2 yönünde, $6I_1$

11

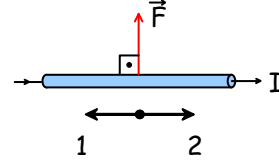


Şekildeki pusula iğnesi, K anahtarı açık iken yerin manyetik alanına paralel olarak durmaktadır. K anahtarı kapatılırsa bobinin maksimum manyetik alan şiddeti yerin manyetik alan şiddetinin büyüklüğüne eşit oluyor.

Anahtar kapalı iken pusula iğnesi nasıl yönelir?

- A) B) C) D) E)

12



Düzgün bir manyetik alan içinde bulunan sayfa düzlemindeki iletken telden geçen I akımı ile tele etkiyen manyetik kuvvet şekildeki gibidir.

Buna göre manyetik alanın yönü aşağıdakilerden hangisidir?

- A) Sayfa düzleminde, 2 yönünde
B) Sayfa düzleminden içeri doğru
C) Sayfa düzleminde, 1 yönünde
D) Sayfa düzleminden dışarı doğru
E) Sayfa düzleminde, F kuvveti ile aynı yönde

13

Akım taşıyan teller sayfa düzleminde olup, X telinin Y teline uyguladığı kuvvet $\vec{F}$ dir.

Buna göre Y teline etki eden bileşke kuvvet nedir?

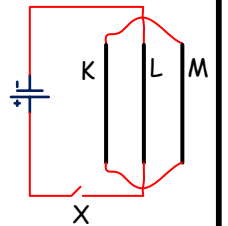
- A) $-\frac{5\vec{F}}{2}$ B) $-\vec{F}$ C) $\vec{F}$ D) $2\vec{F}$ E) $\frac{5\vec{F}}{2}$

14

Aynı düzlemdeki özdeş K, L, M iletken telleri eşit aralıklarla yerleştirilmişlerdir.

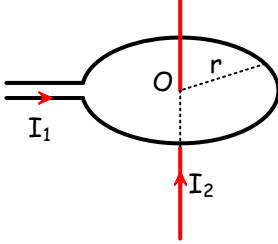
Devredeki X anahtarı kapatıldığında tellerin alacağı durum aşağıdakilerden hangisi gibi olur?

(K ve M tellerinin birbiri üzerindeki etkisi önemsenmiyor.)



- A) B) C) D) E)

15

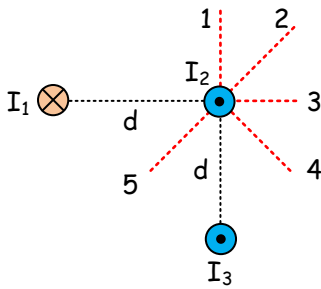


Doğrusal tel, halka düzlemine diktir. Halkadan I_1 , doğrusal telden I_2 akımı geçiyor.

Doğrusal telin L uzunluğuna etki eden manyetik kuvvetin büyüklüğü nedir?

- A) $K \frac{2\pi I_1 I_2}{r} L$ B) $K \frac{2\pi I_1}{r} L$ C) $K \frac{2I_1 I_2}{r} L$
D) $K \frac{I_1 I_2}{r} L$ E) 0

16

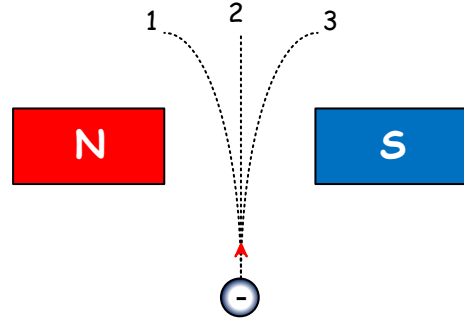


Sayfa düzlemine dik, düz iletken tellerden I_1 , I_2 ve I_3 akımları şekildeki yönlerde geçmektedir.

I_2 akımı geçen tele etki eden manyetik kuvvetin yönü şekilde verilen yönlerden hangisidir?

- A) 1 B) 2 C) 3 D) 4 E) 5

17

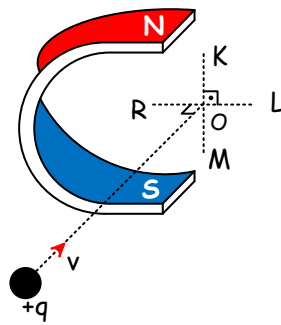


(-) yüklü bir parçacık sayfa düzlemindeki mıknatıs kutupları arasına gönderiliyor.

Parçacık, mıknatısın manyetik alanında hangi yönde hareket eder?

- A) 1 yönünde
B) 2 yönünde
C) 3 yönünde
D) Sayfa düzleminden içeri doğru
E) Sayfa düzleminden dışarı doğru

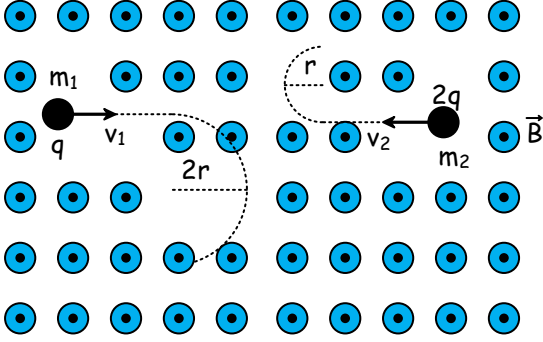
18



Mıknatısın kutupları arasına v hızı ile giren $+q$ yüklü parçacık, kutuplar arasından geçtikten sonra hangi noktaya çarpabilir?

- A) K B) L C) M D) R E) O

19

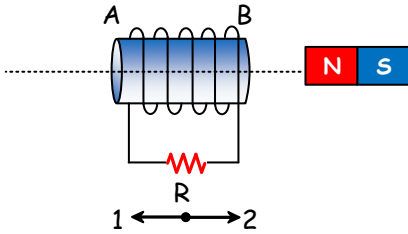


Yükleri q , $2q$ olan m_1 , m_2 kütleli parçacıklar sayfa düzlemine dik manyetik alan içine v_1 , v_2 hızlarıyla giriyorlar.

Buna göre parçacıkların çizgisel momentumlarının P_1/P_2 oranı nedir?

- A) $\frac{2}{3}$ B) $\frac{3}{4}$ C) 1 D) 2 E) 4

20



Şekildeki N-S kutuplu çubuk mıknatıs A-B akım makarasına sabit hızla yaklaştırılıyor.

Buna göre,

- I. Makaradan 1 yönünde akım geçer.
II. Makaranın A ucu S, B ucu N kutuplanır.
III. Makara içinden geçen manyetik akı azalır.

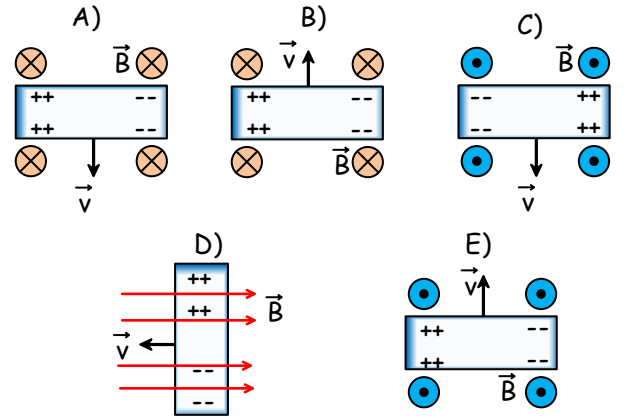
yargılarından hangileri doğru olur?

- A) Yalnız I B) Yalnız II C) I ve II
D) II ve III E) I, II ve III

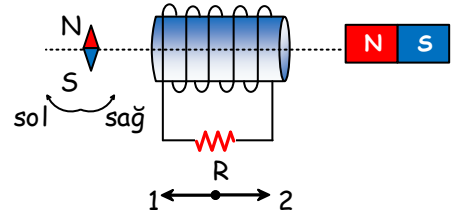
21

$\vec{B}$ manyetik alanında iletken bir tel parçası $\vec{v}$ hızıyla hareket ettiriliyor.

Buna göre, aşağıda verilenlerden hangisinde tel üzerindeki yük dağılımı doğru verilmiştir?



22



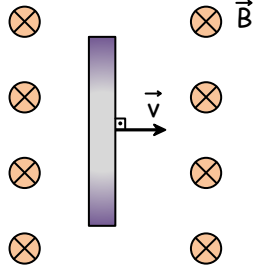
Bir yanında pusula bulunan akım makarasının diğer tarafına ok yönünde mıknatısın N kutbu yaklaştırılıyor.

Bu sırada oluşan indüksiyon akımının yönü ve pusulanın sapma yönü için hangisi doğrudur?

(Mıknatısın pusulaya etkisi dikkate alınmayacaktır.)

	İndüksiyon Akımı	Pusulanın Sapma yönü
A)	1 yönünde	Sağa
B)	2 yönünde	Sola
C)	1 yönünde	Sola
D)	Akım oluşmaz	Sapmaz
E)	2 yönünde	Sağa

23

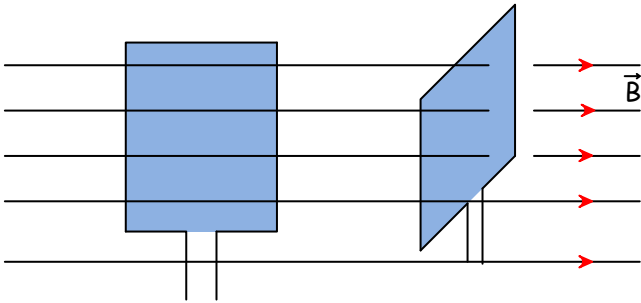


Sayfa düzlemine dik olan $0,125 \text{ Wb/m}^2$ şiddetindeki manyetik alanda uzunluğu 2 m olan iletken bir tel, sayfa düzleminde 4 m/s hızla hareket ettiriliyor.

Buna göre telin uçları arasında oluşan indüksiyon emk'sı kaç volt olur?

- A) 1 B) 2 C) 4 D) 5 E) 6

24

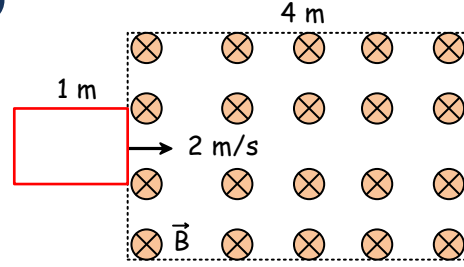


Boyutları 40x20 cm olan iletken bir çerçeve şiddeti $2 \cdot 10^{-2} \text{ Wb/m}^2$ olan manyetik alanda çizgilere paralel durumdan dik duruma 0,01 saniyede gelmektedir.

Buna göre, tel çerçevede oluşan indüksiyon emk'sı kaç volt olur?

- A) $4 \cdot 10^{-2}$ B) $8 \cdot 10^{-3}$ C) $16 \cdot 10^{-2}$ D) $4 \cdot 10^{-3}$ E) $8 \cdot 10^{-2}$

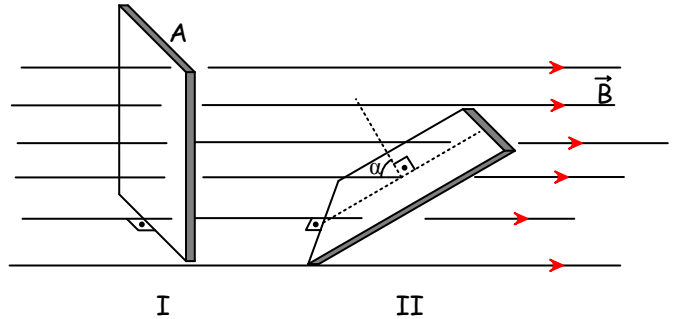
25



Düzgün B manyetik alanı $5 \cdot 10^{-2} \text{ Wb/m}^2$ şiddetindedir. Bu manyetik alan 2 m/s hızla giren iletken tel çerçevede kaç saniye süreyle indüksiyon akımı oluşur?

- A) 0,05 B) 0,5 C) 1 D) 1,5 E) 2

26

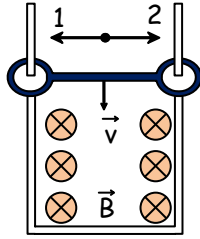


Sayfa düzlemindeki B manyetik alanına dik olarak yerleştirilen, A kesit alanına sahip iletken tel çerçeve Δt sürede I konumundan II konumuna getiriliyor.

Tel çerçevede oluşan indüksiyon emk'sı aşağıdakilerden hangisi ile bulunabilir?

- A) $\frac{BA}{\Delta t}$ B) $\frac{-BA \cos \alpha}{\Delta t}$ C) $\frac{-BA(1 - \sin \alpha)}{\Delta t}$
D) $\frac{BA \sin \alpha}{\Delta t}$ E) $\frac{-BA(\cos \alpha - 1)}{\Delta t}$

27

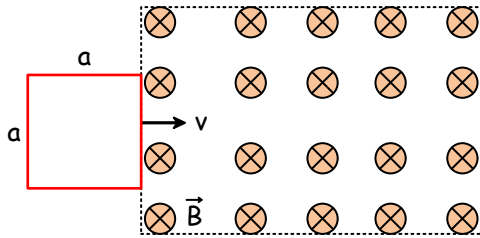


Şekildeki düşey rayın kolları arasında hareket edebilen çubuğun boyu 20 cm dir. Sistem, ray düzlemine dik 1 N/A.m şiddetindeki manyetik alan içindeyken tel serbest bırakıldığında 6 m/s lik sabit hızla düşüyor.

Buna göre, telde oluşan indüksiyon akımının yönü ve indüksiyon emk'sının büyüklüğü aşağıdakilerden hangisidir?

- A) 1 yönünde, $0,6 \text{ V}$ B) 2 yönünde, $1,2 \text{ V}$
 C) 1 yönünde, $0,3 \text{ V}$ D) 2 yönünde, $0,2 \text{ V}$
 E) 2 yönünde, $0,4 \text{ V}$

28



Kenar uzunluğu a olan türdeş, iletken kare çerçeve sayfa düzlemine dik $\vec{B}$ manyetik alanı içinde $\vec{v}$ sabit hızıyla çekiliyor.

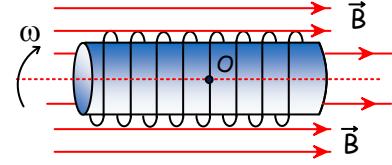
Çerçeve üzerinde oluşan indüksiyon akımını artırmak için,

- I. $\vec{v}$ hızı artırılmalıdır.
 II. $\vec{B}$ manyetik alanı azaltılmalıdır.
 III. a uzunluğu artırılmalıdır.

ifadelerinden hangileri doğrudur?

- A) Yalnız I B) Yalnız II C) I ve II
 D) II ve III E) I, II ve III

29



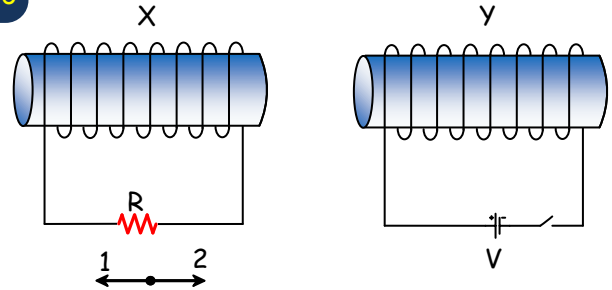
Akım makarası düzgün B manyetik alanında ok yönünde ω açısal hızıyla döndürülüyor.

Akım makarasının uçları arasında oluşan indüksiyon emk'sının bulunabilmesi için,

- I. A , makaranın kesit alanı
 II. N , makaranın sarım sayısı
 III. ω , makaranın açısal hızı
 niceliklerinden hangileri gereklidir?

- A) Yalnız I B) Yalnız III C) I ve II
 D) II ve III E) I, II ve III

30



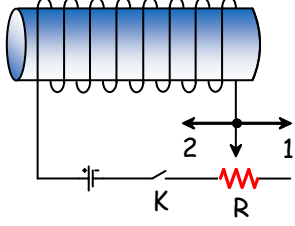
Y akım makarasının bulunduğu devredeki K anahtarı kapatılıp açılıyor.

Bu durumda R direncinden geçen indüksiyon akımının yönü için,

- I. Kapatılırken 2 yönündedir.
 II. Açılırken 1 yönündedir.
 III. Kapalı kaldığı sürece 2 yönündedir.
 ifadelerinden hangileri doğrudur?

- A) Yalnız I B) I ve II C) I ve III
 D) II ve III E) I, II ve III

31



Akım makarası, reosta ve K anahtarının bulunduğu devrede öz indüksiyon akımının oluşabilmesi için,

I. K anahtarı kapalı, ok 1 yönünde hareket ettirilmelidir.

II. Ok hareketsiz, K anahtarı kapatılmalıdır.

III. K anahtarı açık, ok 2 yönünde hareket ettirilmelidir.

işlemlerinden hangileri yapılmalıdır?

- A) Yalnız I B) Yalnız II C) I ve II
D) I ve III E) I, II ve III

1) C
2) E
3) C
4) E
5) A
6) A
7) A
8) A
9) C
10) C

11) C
12) B
13) E
14) A
15) E
16) D
17) E
18) D
19) C
20) C

21) B
22) B
23) A
24) C
25) C
26) E
27) B
28) A
29) E
30) B

31) C