



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember

Magnetic Field

NURRISMA PUSPITASARI

Magnetic Field

- Induksi Magnet dan Flux Magnet
- Gerak Muatan Listrik dalam Medan Magnet
- Kawat Berarus dalam Medan Magnet
- Pemakaian Medan Magnet
- Induksi magnet oleh kawat lurus berarus
- Induksi magnet oleh kawat melingkar
- Induksi magnet oleh solenoida
- Induksi magnet oleh toroida
- Gaya magnet pada dua kawat berarus

Magnetic Field

- **Induksi Magnet dan Flux Magnet**
- **Gerak Muatan Listrik dalam Medan Magnet**
- **Kawat Berarus dalam Medan Magnet**
- **Pemakaian Medan Magnet**
- Induksi magnet oleh kawat lurus berarus
- Induksi magnet oleh kawat melingkar
- Induksi magnet oleh solenoida
- Induksi magnet oleh toroida
- Gaya magnet pada dua kawat berarus

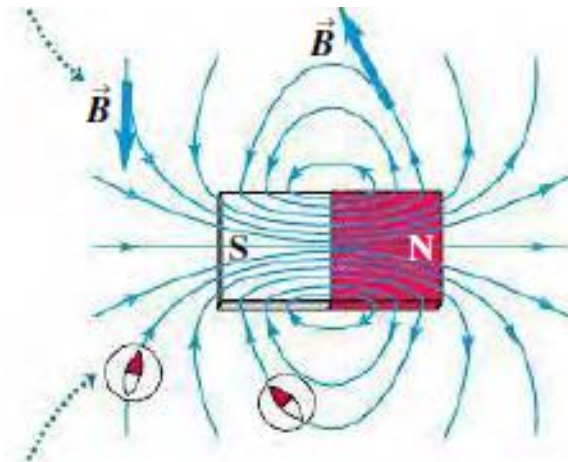
Electrics & Magnetics

	Electrics	Magnetics
1	Muatan bisa berdiri sendiri (Positive or Negative)	Selalu berpasangan (Kutub Utara dan Kutub Selatan)
2	Fluks Listrik (ϕ) $\phi = E A$	Fluks Listrik (ϕ) $\phi = B A$
3	Gaya Listrik Timbul jika ada interaksi dua muatan	Gaya Magnet Timbul jika ada interaksi dua kutub magnet
<p>“Kutub atau muatan sejenis akan tarik menarik sedangkan kutub atau muatan yang berlawanan jenis akan tolak menolak”</p>		
<p>“Fenomena kelistrikan dan kemagnetan saling berkaitan, ELEKTROMAGNETISE”</p>		

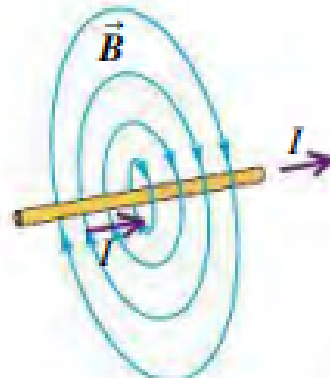
INDUKSI MAGNET DAN FLUX MAGNET

Medan Magnet : Suatu besaran vektor, yaitu pengaruh kemagnetan suatu benda terhadap pergerakan muatan

Garis Medan Magnet: yaitu garis-garis yang arah garis singgungnya pada setiap titik pada garis-garis induksi magnet menunjukkan arah vektor induksi magnet dititik-titik tersebut.

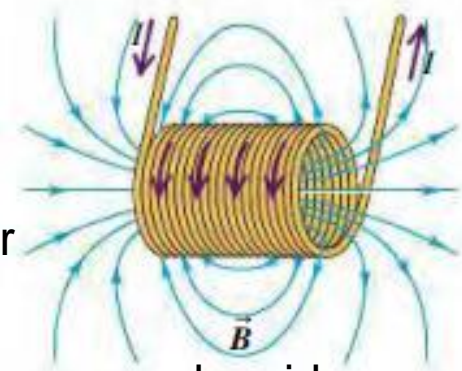
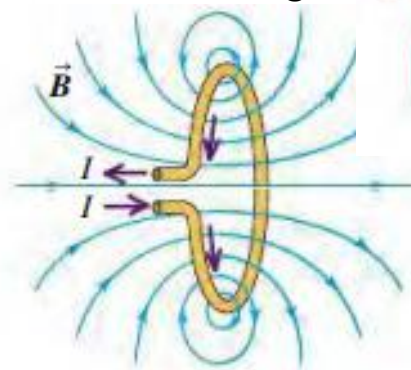


magnet batang



kawat lurus

kawat melingkar



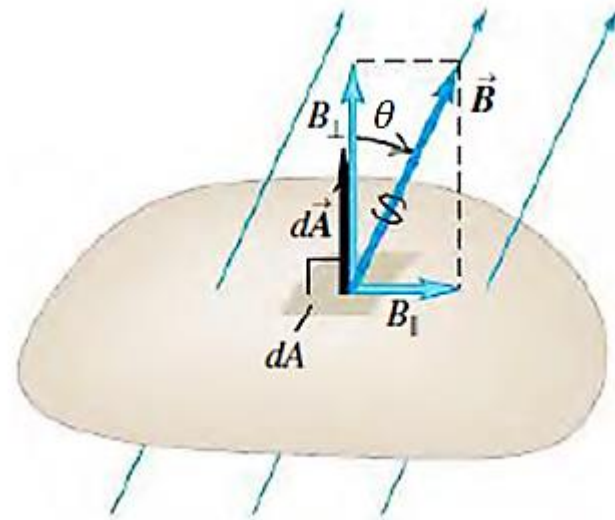
solenoida

Flux Magnet (ϕ): Jumlah garis induksi magnet yang menembus suatu luasan secara tegak lurus

ϕ { weber (Wb) \rightarrow **MKS**
maxwell (M) \rightarrow **CGS**

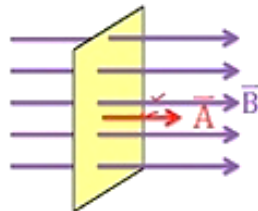
$$\phi = \iint \vec{B} \cdot d\vec{A}$$

$$\phi = \iint B dA \cos \theta = B \cdot A \cos \theta$$



dengan θ adalah sudut antara arah \vec{B} dengan arah normal bidang $d\vec{A}$

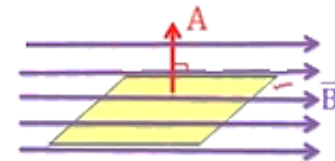
Maksimum



$$\phi_B = BA \cos 0^\circ$$

$$\phi_B = BA$$

Minimum



$$\phi_B = BA \cos 90^\circ$$

$$\phi_B = 0$$

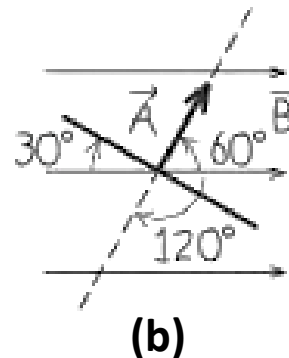
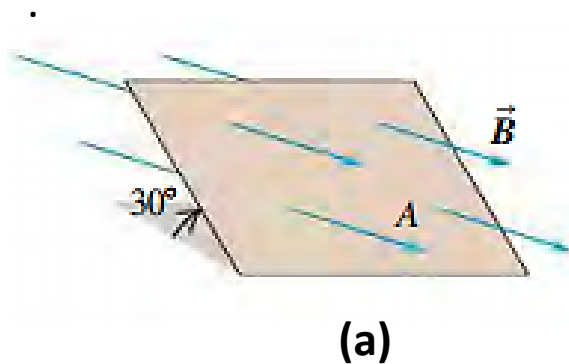
Induksi Magnet (B**):** yaitu banyaknya garis-garis induksi magnet persatuan luas

$$B = \frac{\Phi}{A} \left\{ \begin{array}{l} \frac{\text{Weber}}{\text{m}^2} = \text{Tesla (T)} \\ \frac{\text{Maxell}}{\text{cm}^2} = \text{Gauss (G)} \end{array} \right.$$

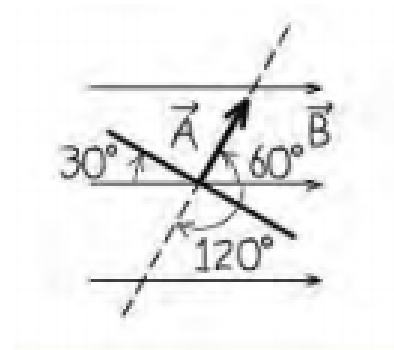
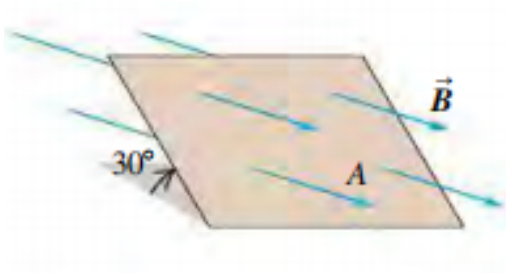
$$1 \text{ Tesla} = 10^4 \text{ Gauss}$$

Example:

Figure 1 a is a perspective view of a flat surface with area 3.0 cm^2 in a uniform magnetic field \vec{B} . The magnetic flux through this surface is $+0.90 \text{ mWb}$. Find the magnitude of the magnetic field and the direction of the area vector \vec{A}



SOLUTION



$$B = \frac{\phi_B}{A \cos \theta} = \frac{0.9 \times 10^{-3} \text{ Wb}}{3 \times 10^{-4} \text{ m}^2 \times 0,5}$$

$$B = 6 \text{ T}$$

the direction of \vec{A} is perpendicular to the surface, so θ could be either 60° or 120° . But ϕ_B , \vec{B} , and \vec{A} are all positive, so $\cos \theta$ must also be positive.

Selain karena interaksi dua kutub magnet,
Gaya magnet juga bisa timbul karena adanya gejala kelistrikan.

Fenomena tersebut ditemukan oleh **Oersted** saat dia mendekatkan kompas ke penghantar berarus listrik. Gejala ini menghasilkan penyimpangan jarum kompas.

Seperti yang kita tahu, Gaya magnet muncul pada dua kutub magnet yang sama-sama menghasilkan medan magnet

Jarum kompas menghasilkan medan magnet karena jarum menunjukkan **gaya** magnet yang berada di sekeliling sistem yang juga menghasilkan medan magnet.

**Jadi, Penghantar berarus listrik menghasilkan medan magnet
(KEMAGNETAN timbul karena adanya KELISTRIKAN)**

Gaya yang dihasilkan ini disebut dengan GAYA LORENTZ

GAYA LORENTZ

$$\vec{F} = q\vec{v} \times \vec{B}$$

Gaya (F) pada muatan (q) yang bergerak dengan kecepatan (v) dalam medan magnet (B)

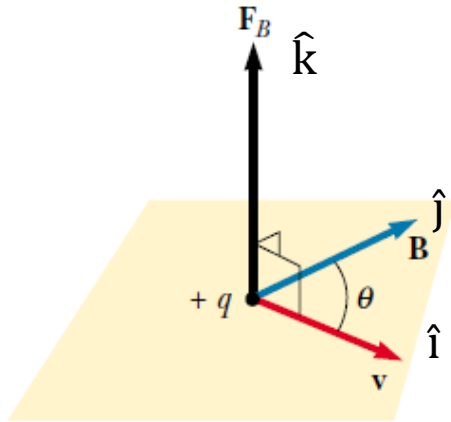
Gerak Muatan Listrik dalam Medan Magnet

$$\vec{F} = i\vec{l} \times \vec{B}$$

Gaya (F) pada penghantar sepanjang (l) berarus listrik (i) dalam medan magnet (B)

Penghantar/Kumparan dalam Medan Magnet

Gerak Muatan Listrik dalam Medan Magnet



Gaya Lorentz

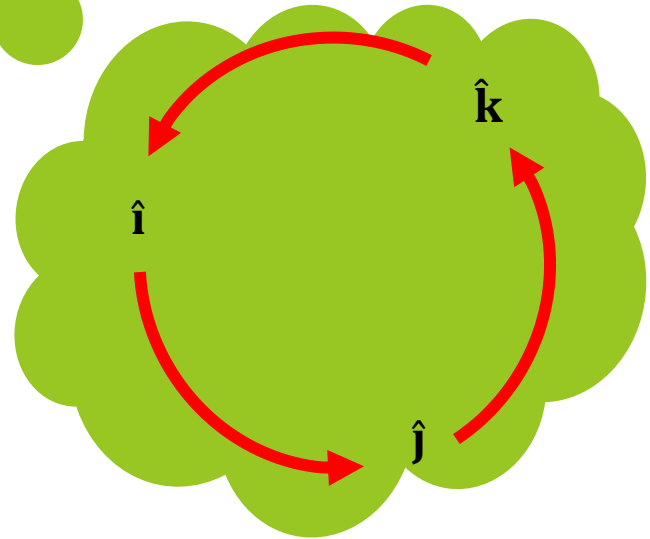
$$\vec{F} = q(\vec{v} \times \vec{B})$$

ingat perkalian silang (cross)
untuk vektor

$$\hat{i} \times \hat{j} = \hat{k} \qquad \hat{i} \times \hat{k} = -\hat{j}$$

$$\hat{k} \times \hat{i} = \hat{j} \qquad \hat{j} \times \hat{i} = -\hat{k}$$

$$\hat{j} \times \hat{k} = \hat{i} \qquad \hat{k} \times \hat{j} = -\hat{i}$$



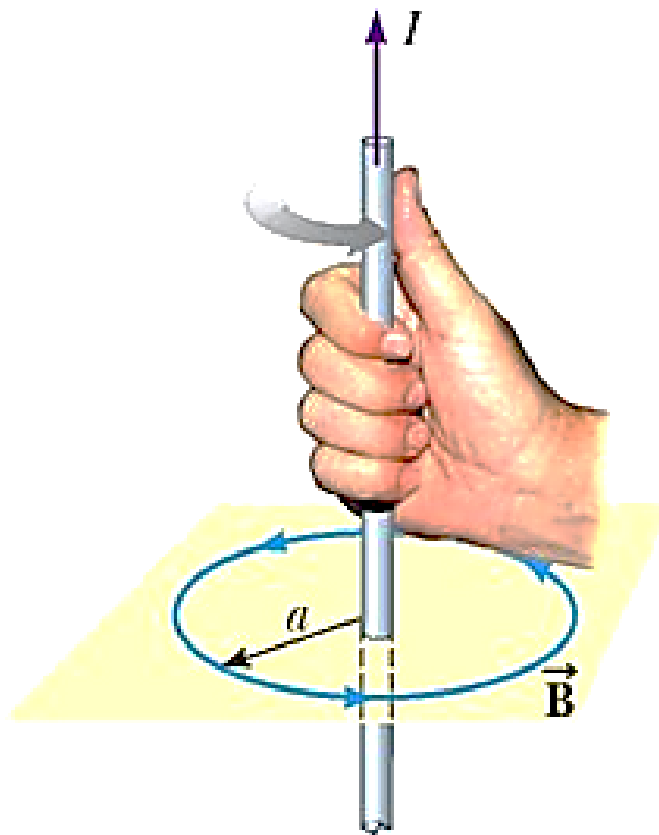
The Right Hand Rule

(Kaidah Tangan Kanan)

What is the right hand rule ?

- It's a method of determining the direction of Force (F), Current (I) or Magnetic Field (B)
- There are actually 3 right hand rules that we will use

The 1st Right Hand Rule

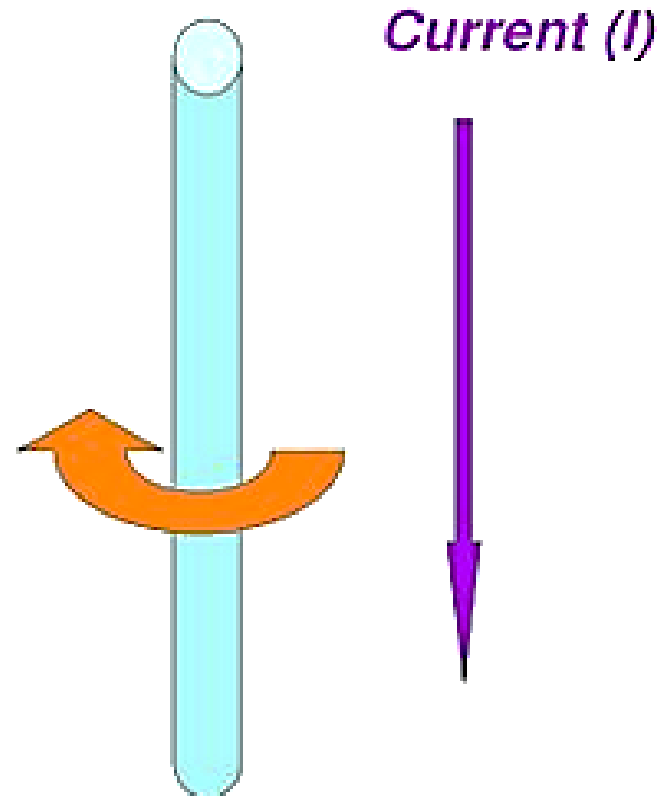


© 2004 Thomson/Cole - Pearson

- Only finds B . Given I .
- Grasp the wire with your right hand.
- Your thumb is the current, your fingers are the magnetic field (B).
- The field will either point clockwise or counter-clockwise.

1st RHR: Another Example

- The current in the wire is going downward.
- Which way does the magnetic field point?
- Clockwise!



What if the wire is sideways?

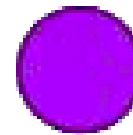
- The current in the wire is going to the right.
- Which way does the magnetic field point?
- It is coming out toward you!
- But this is hard to show....



Current (I)

How do we show that?

- If current, magnetic field or force is coming out of the paper we use a **dot**.

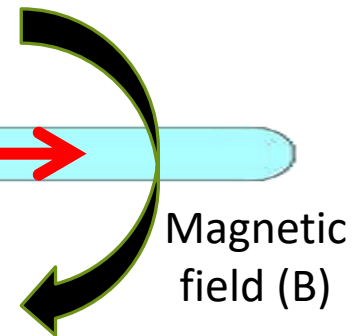


dot

(keluar bidang gambar)
out of the paper



Current (I)



Magnetic field (B)

- If current, magnetic field or force is going into the paper, we use an **X**.



cross

means into the paper
(masuk bidang gambar)

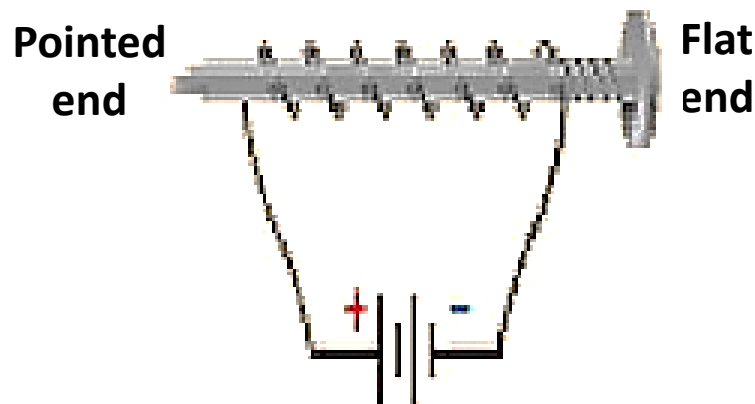
2nd Right Hand Rule



North : Utara
South : Selatan

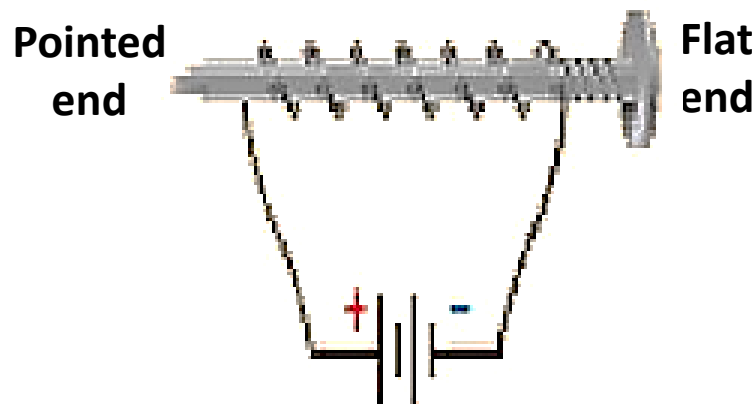
- Can be used to find out the direction of the magnetic field in an electromagnet.
- Curl your fingers in the direction of the current.
- Thumb = North Pole

2nd RHR Example



- An electromagnet is wrapped around a nail.
- Which end is the north end of the magnet?
- The flat end or pointed end?

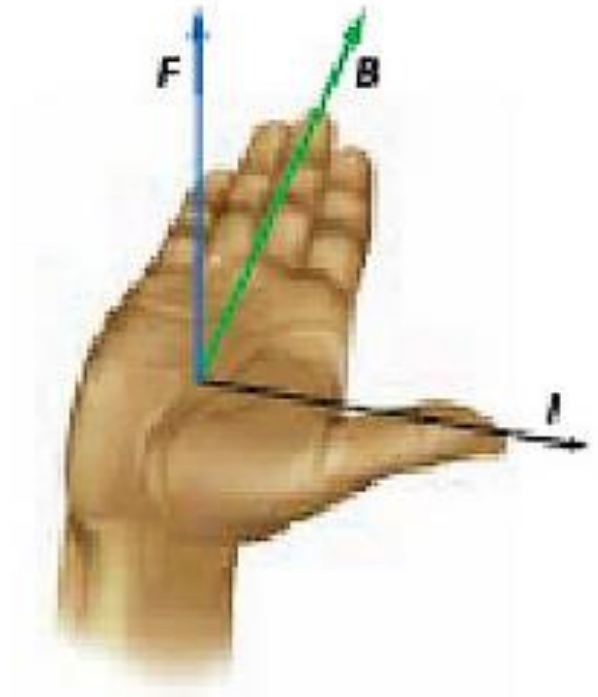
2nd RHR Example Cont'd...



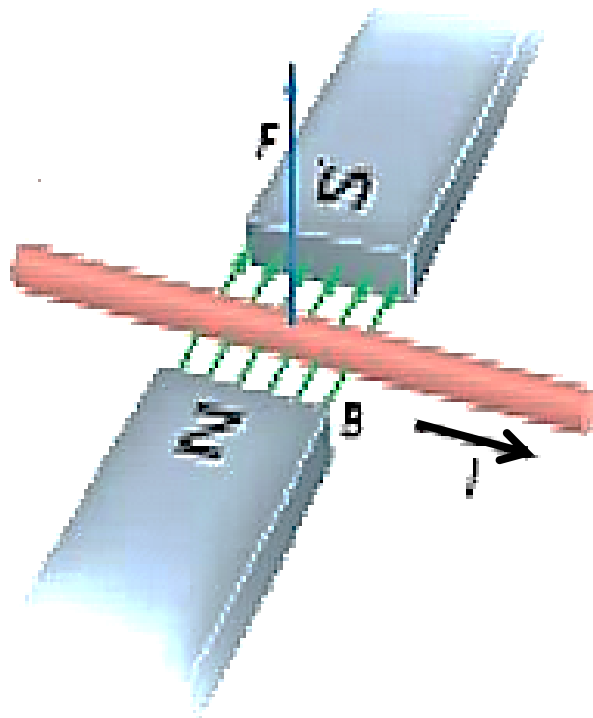
- Wrap your hand in the direction of the current. (remember it always leaves the positive end!)
- Your hand should curl so your fingers are out toward you.
- This means the north pole is the **flat end**!

3rd Right Hand Rule

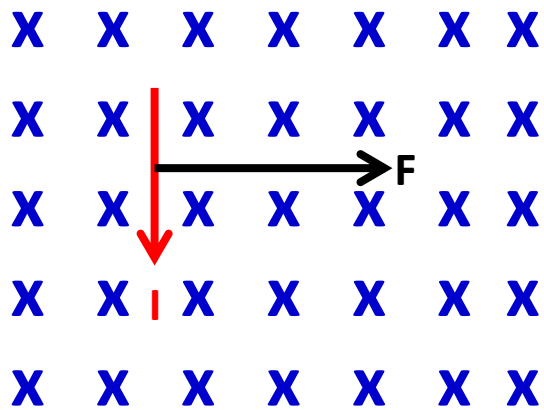
- Your thumb = current (I)
- Your fingers = magnetic field (B)
- Your palm = force (F)



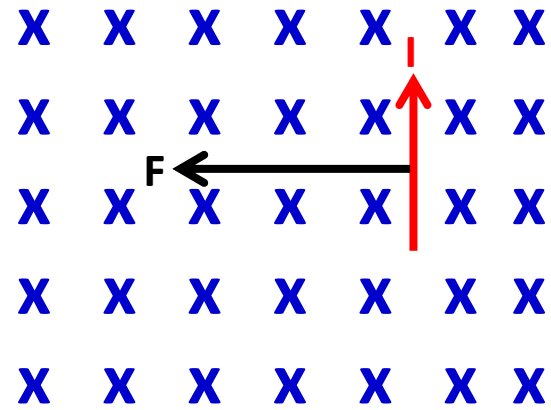
3rd Right Hand Rule



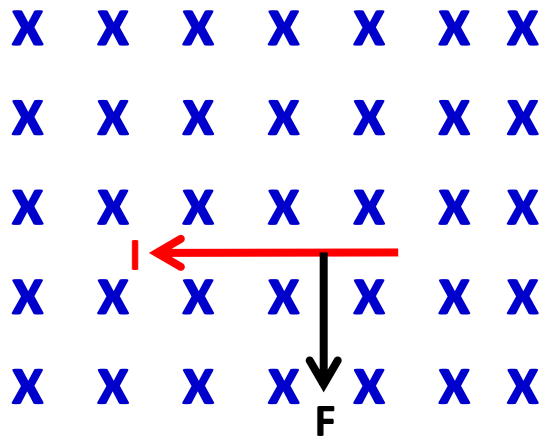
- If a wire travels through a magnetic field, it will experience a force.
- You can figure out which way the force will push by using the 3rd Right Hand Rule.



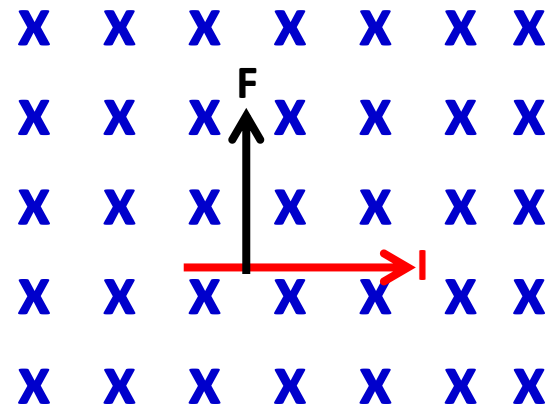
Direction of F ?



Direction of F ?



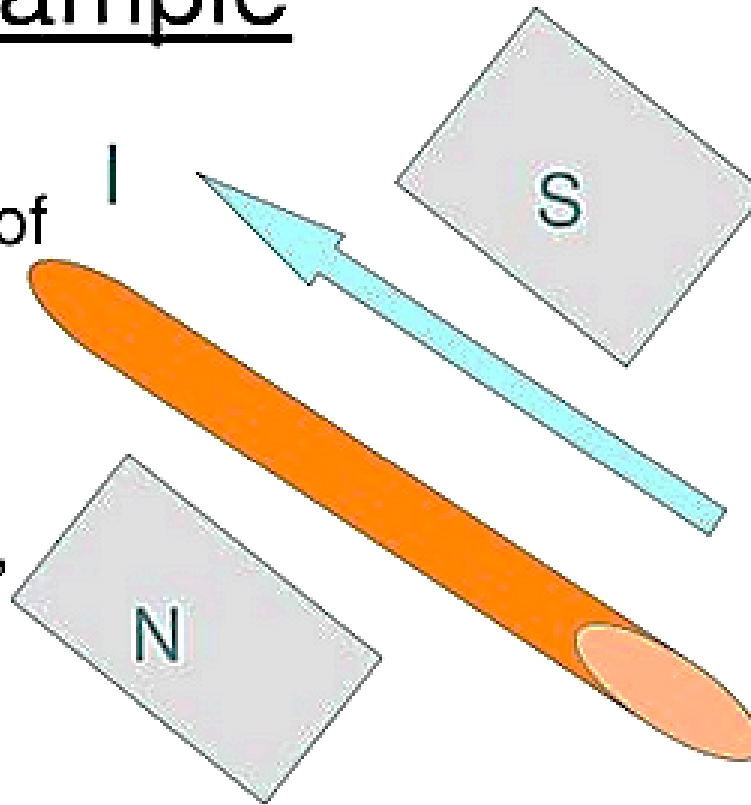
Direction of F ?



Direction of F ?

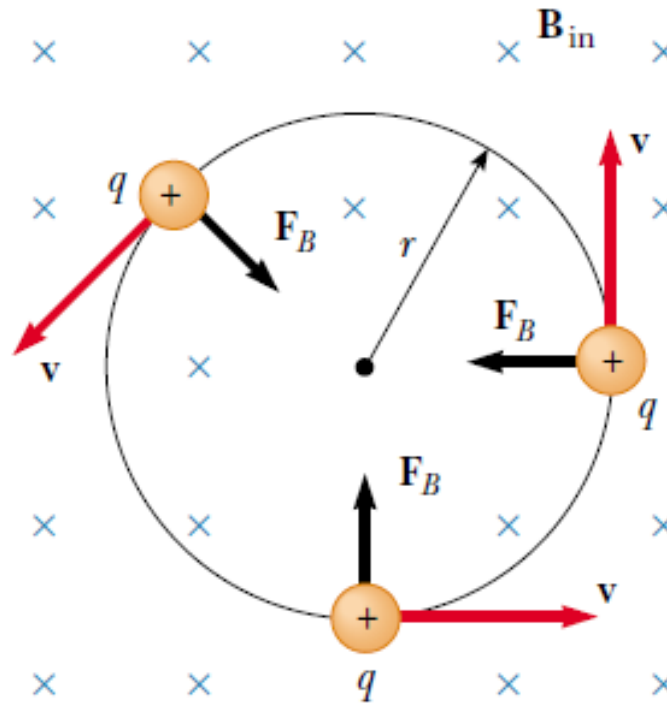
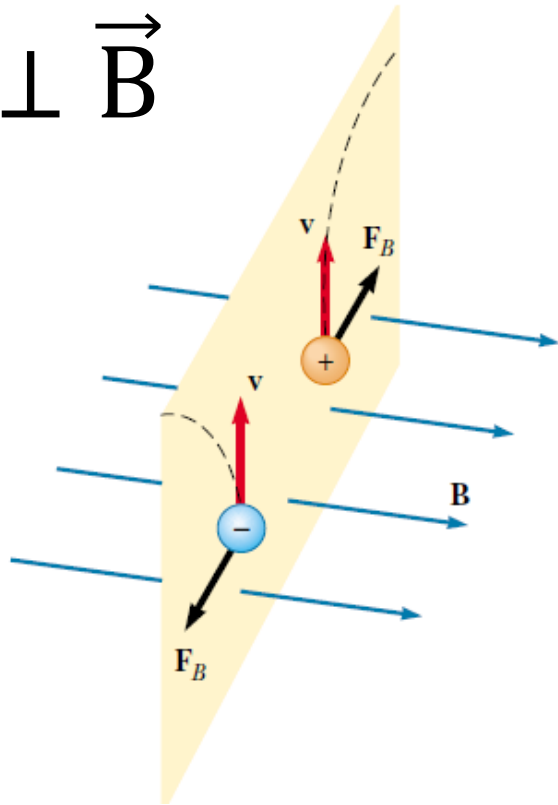
3rd RHR: Example

- Find the direction of the force on the wire.
- Lay your hand flat, face down, due to the direction of I .
- This means force is downward!



Gerak Muatan Listrik dalam Medan Magnet

$$\vec{V} \perp \vec{B}$$



Lintasan lingkaran

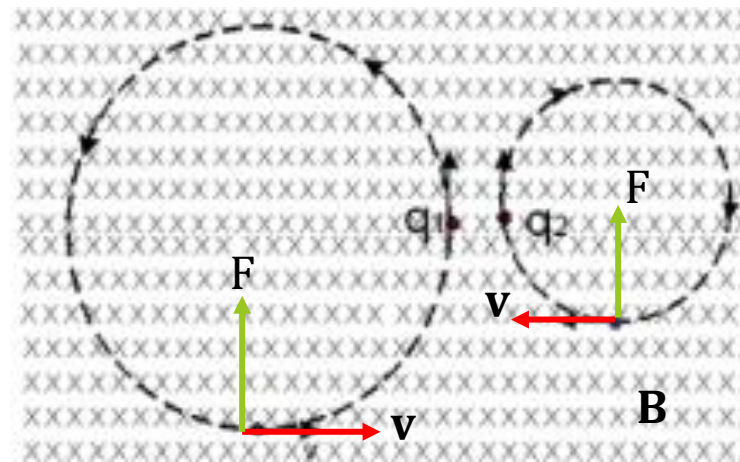
$$\vec{F} = q(\vec{v} \times \vec{B})$$

$$F = qvB \sin \theta$$

Soal Hal. 122 no. 12:

Dua buah muatan q_1 dan q_2 ditembakkan dengan kecepatan v yang sama dalam dan arah yang sama, yaitu tegak lurus medan magnet B serbasama seperti pada gambar. Akibatnya muatan-muatan tersebut bergerak melingkar dengan arah seperti pada gambar. Jika massa muatan adalah sama, maka dapat disimpulkan

- a. $q_1 > 0, q_2 < 0$ dan $|q_1| > |q_2|$
- ~~b. $q_1 > 0, q_2 < 0$ dan $|q_1| < |q_2|$~~
- c. $q_1 < 0, q_2 > 0$ dan $|q_1| < |q_2|$
- d. $q_1 < 0, q_2 < 0$ dan $|q_1| < |q_2|$
- e. $q_1 > 0, q_2 < 0$ dan $|q_1| = |q_2|$



Penyelesaian:

$$\sum F = ma_{sp}$$

$$qvB = m \frac{v^2}{r}$$

$$r = \frac{mv}{qB}$$



$$|q_1| < |q_2|$$

$$q_1 > 0$$

$$q_2 < 0$$

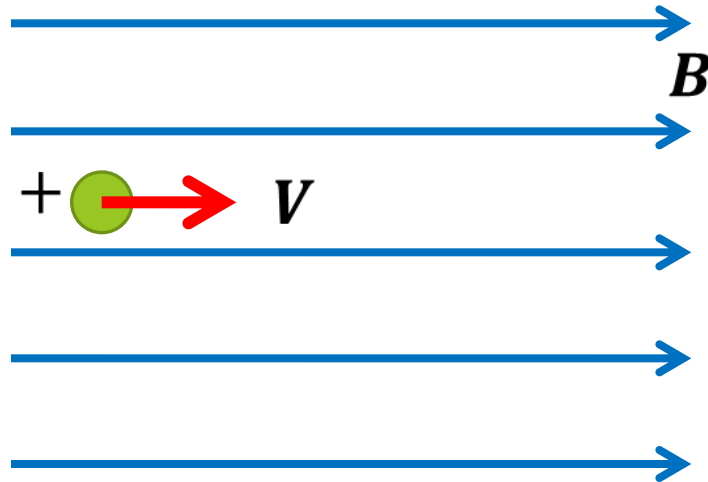
Gerak Muatan Listrik dalam Medan Magnet

$$\vec{V} // \vec{B}$$

$$\vec{F} = q(\vec{V} \times \vec{B})$$

$$F = qVB \sin \theta$$

$$F = 0$$



Lintasan garis lurus
(GLB)

Gerak Muatan Listrik dalam Medan Magnet

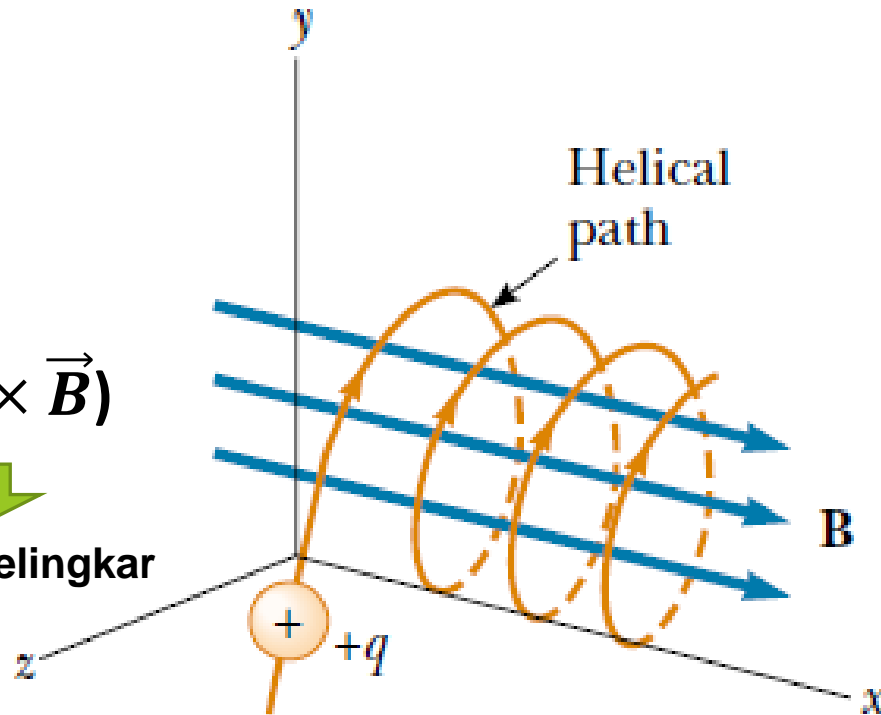
\vec{V} dan \vec{B} membentuk sudut $0 < \theta < 90$

$$\vec{F} = q(\vec{V} \times \vec{B})$$

$$\vec{F} = q(\vec{V}_{\parallel} \times \vec{B}) + q(\vec{V}_{\perp} \times \vec{B})$$

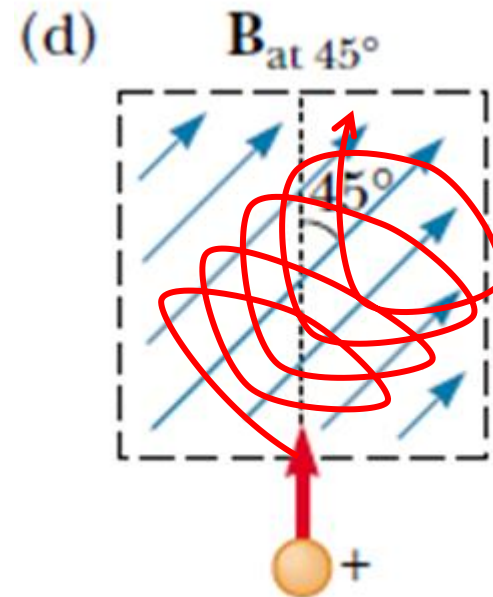
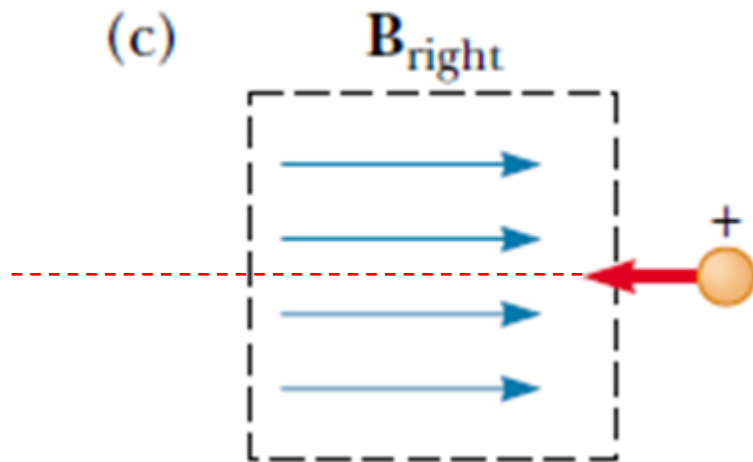
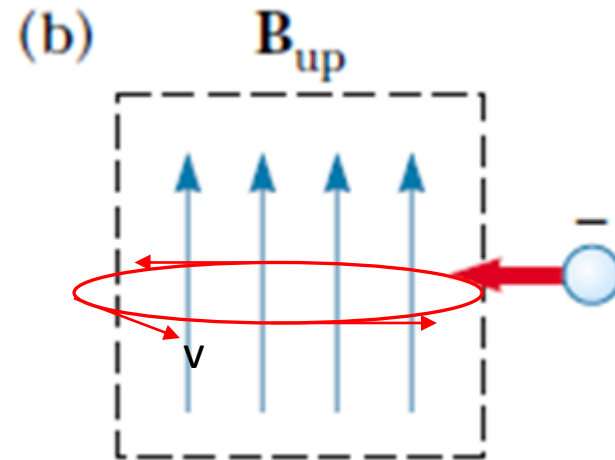
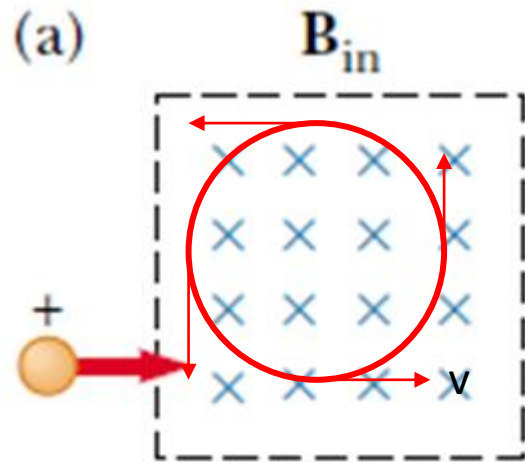
GLB

Gerak Melingkar



GLB + Gerak Melingkar

QUESTIONS



Motion in a Magnetic Field

3. Sebuah electron bergerak dengan kecepatan $\vec{v} = 20\sqrt{3} \frac{\text{m}}{\text{s}} \hat{i} + 20 \frac{\text{m}}{\text{s}} \hat{j}$ dalam medan magnet serba sama $\vec{B} = 0,4\text{T} \hat{j}$. Tentukanlah
- Besar dan arah gaya magnet yang dialami electron
 - Jari-jari lintasan yang dibuat elektron akibat gaya magnet tersebut

Penyelesaian:

- a. Besar dan arah gaya magnet yang dialami elektron

$$\vec{F} = q(\vec{v} \times \vec{B})$$

$$\vec{F} = -1,6 \times 10^{-19} (20\sqrt{3} \hat{i} + 20\hat{j}) \times 0,4\text{T} \hat{j}$$

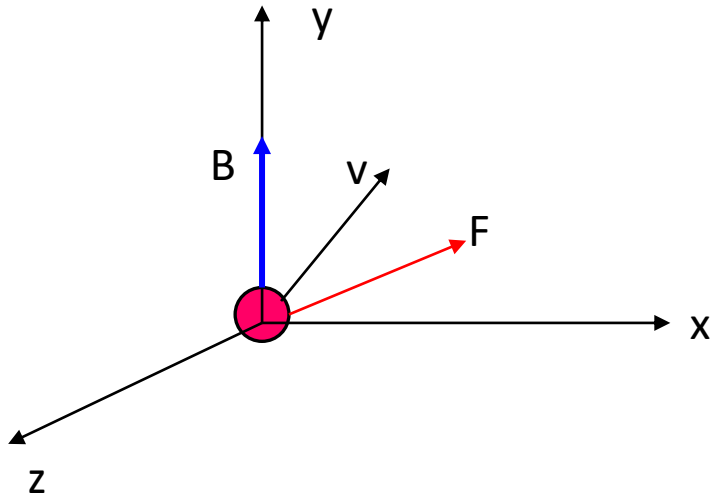
$$\vec{F} = -12,8\sqrt{3} \times 10^{-19} (\hat{i} \times \hat{j}) - 12,8 \times 10^{-19} (\hat{j} \times \hat{j})$$

$$\vec{F} = -12,8\sqrt{3} \times 10^{-19} (\hat{k})$$

$$|\vec{F}| = 12,8\sqrt{3} \times 10^{-19}$$

Arah gaya magnet yang dialami elektron adalah ke sumbu z negative (membentuk sudut 0° terhadap sumbu z)

b. Jari-jari lintasan yang dibuat elektron akibat gaya magnet tersebut

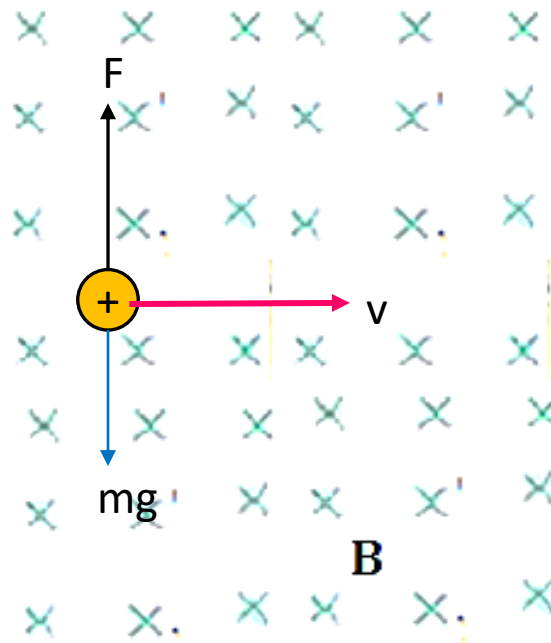


$$\vec{F} = qv_x B$$

$$m \frac{v^2}{r} = qv_x B$$

$$r = \frac{mv_x}{qB} = \frac{9 \times 10^{-31} 20\sqrt{3}}{1,6 \times 10^{-19} \times 0,4} \\ = 2,81 \times 10^{-12} \text{m}$$

4. Sebuah partikel yang memiliki massa 200 mg dan bermuatan $+2 \times 10^{-8}\text{C}$, ditembakkan dalam arah tegak lurus medan magnet homogen. Jika kecepatan electron adalah $\vec{v} = 5 \times 10^4\text{m/s}$, tentukan besar medan magnet homogen itu agar electron tetap bergerak lurus.



$$\sum F = 0$$

$$F - mg = 0$$

$$F = mg$$

$$qvB = mg$$

$$B = \frac{mg}{qv}$$

$$B = \frac{0,2 \times 10}{2 \times 10^{-8} \times 5 \times 10^4}$$

$$B = 2 \times 10^{-3}\text{T}$$

Kumparan dalam Medan Magnet

Gaya Lorentz

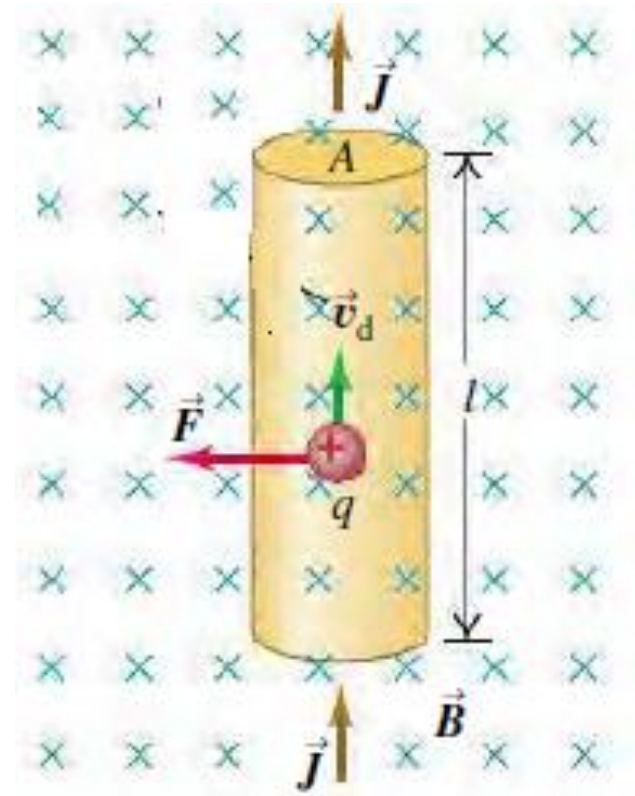
$$\vec{F} = dq(\vec{V} \times \vec{B})$$

$$I = \frac{dq}{dt}$$

$$\vec{F} = I dt(\vec{V} \times \vec{B})$$

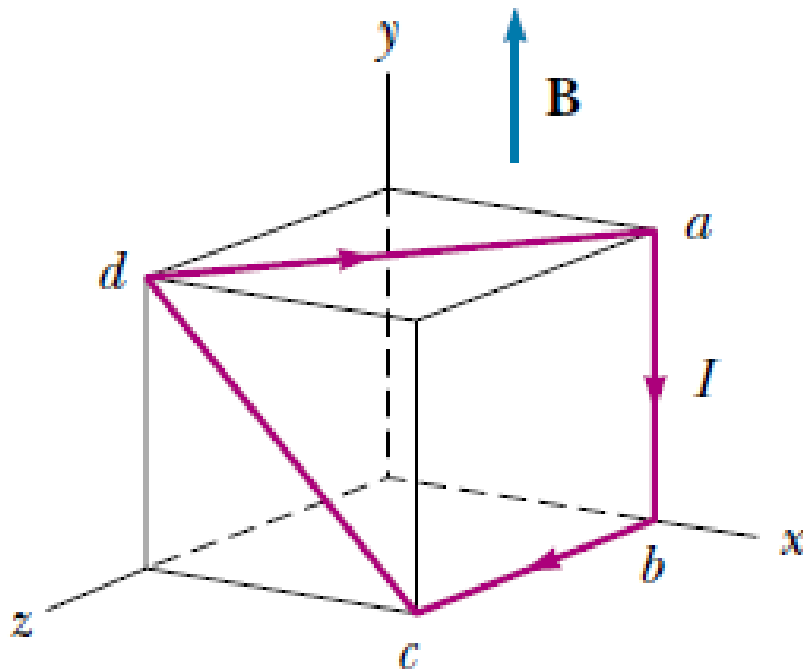
$$\vec{F} = I(dt\vec{V} \times \vec{B})$$

$$\vec{F} = I(\vec{l} \times \vec{B})$$



CONTOH

Sebuah loop kawat a-b-c-d-a dialiri arus $I = 5$ A seperti pada gambar. Jika $B = 0,02$ T dan panjang rusuk kubus adalah 40 cm. Tentukan vector gaya magnet pada masing-masing kawat dan tentukan resultannya



Penyelesaian:

$$\vec{B} = 0,02\text{T } \hat{j}$$

$$\vec{l}_{ab} = -0,4\text{m } \hat{j}$$

$$\vec{l}_{bc} = 0,4\text{m } \hat{k}$$

$$\vec{l}_{cd} = -0,4\text{m } \hat{i} + 0,4\text{m } \hat{j}$$

$$\vec{l}_{da} = 0,4\text{m } \hat{i} - 0,4\text{m } \hat{k}$$

$$\vec{F}_{ab} = I(\vec{l}_{ab} \times \vec{B})$$

$$\begin{aligned} \vec{l}_{ab} &= -0,4\text{m } \hat{j} & \vec{l}_{cd} &= -0,4\text{m } \hat{i} + 0,4\text{m } \hat{j} \\ \vec{l}_{bc} &= 0,4\text{m } \hat{k} & \vec{l}_{da} &= 0,4\text{m } \hat{i} - 0,4\text{m } \hat{k} \end{aligned}$$

$$\vec{F}_{ab} = 5 \cdot \begin{vmatrix} \hat{i} & \hat{j} & \hat{k} \\ 0 & -0,4 & 0 \\ 0 & 0,02 & 0 \end{vmatrix} = 5(0 - 0)\hat{i} - 5(0 - 0)\hat{j} + 5(0 - 0)\hat{k} = 0$$

$$\vec{F}_{bc} = 5 \cdot \begin{vmatrix} \hat{i} & \hat{j} & \hat{k} \\ 0 & 0 & 0,4 \\ 0 & 0,02 & 0 \end{vmatrix} = 5(0 - 0,008)\hat{i} - 5(0 - 0)\hat{j} + 5(0 - 0)\hat{k} = -0,04\text{N}\hat{i}$$

$$\vec{F}_{cd} = 5 \cdot \begin{vmatrix} \hat{i} & \hat{j} & \hat{k} \\ -0,4 & 0,4 & 0 \\ 0 & 0,02 & 0 \end{vmatrix} = 5(0 - 0)\hat{i} - 5(0 - 0)\hat{j} + 5(-0,008 - 0)\hat{k} = -0,04\text{N}\hat{k}$$

$$\begin{aligned} \vec{F}_{da} &= 5 \cdot \begin{vmatrix} \hat{i} & \hat{j} & \hat{k} \\ 0,4 & 0 & -0,4 \\ 0 & 0,02 & 0 \end{vmatrix} = 5(0 + 0,008)\hat{i} - 5(0 - 0)\hat{j} + 5(0,008 - 0)\hat{k} \\ &= 0,04\text{N}\hat{i} + 0,04\text{N}\hat{k} \end{aligned}$$

$$\vec{F}_{\text{tot}} = \vec{F}_{ab} + \vec{F}_{bc} + \vec{F}_{cd} + \vec{F}_{da}$$

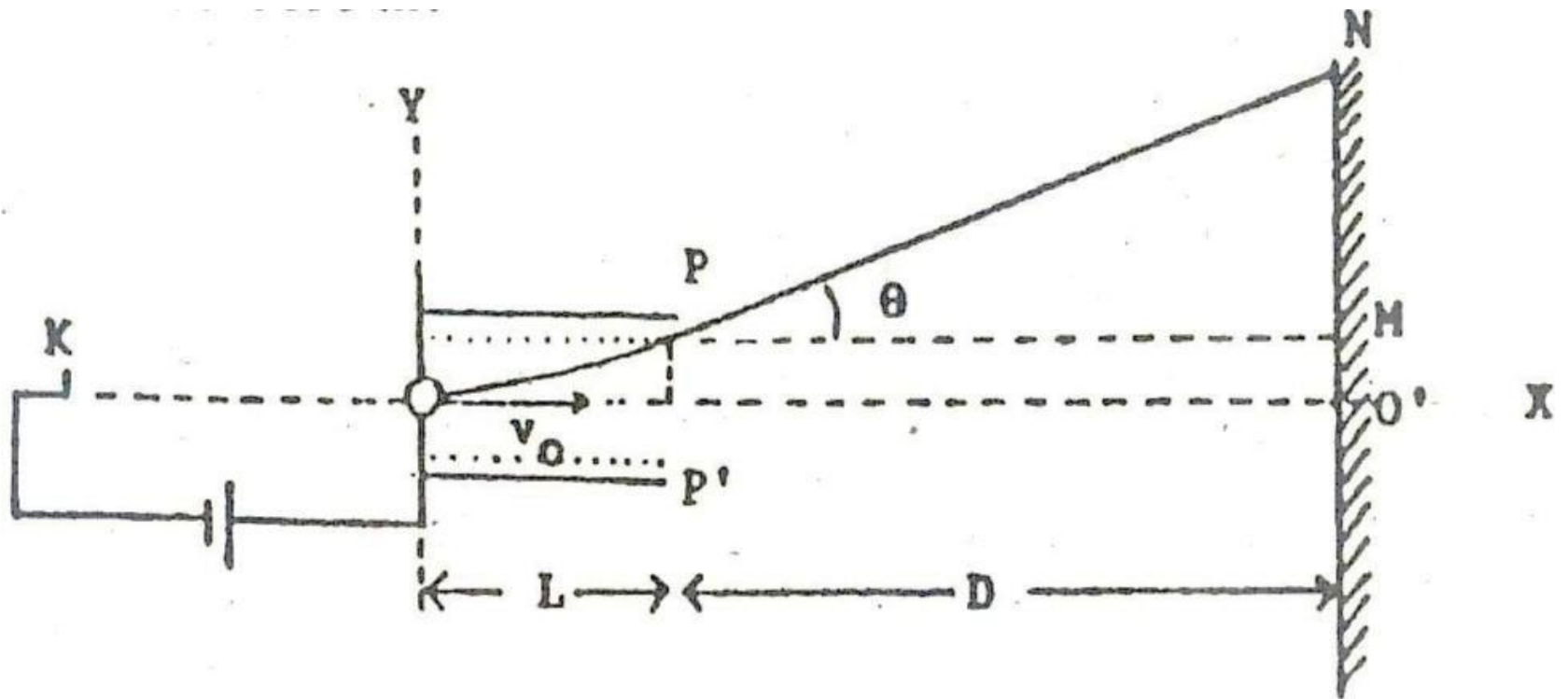
$$= 0 + -0.04\text{N}\hat{i} + -0.04\text{N}\hat{k} + 0.04\text{N}\hat{i} + 0.04\text{N}\hat{k} = 0$$

PEMAKAIAN MEDAN MAGNET

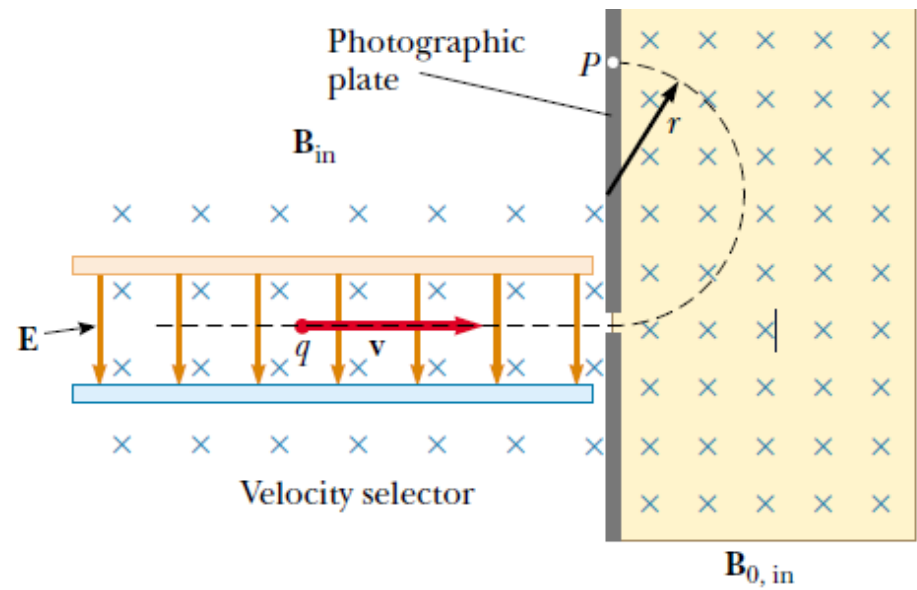
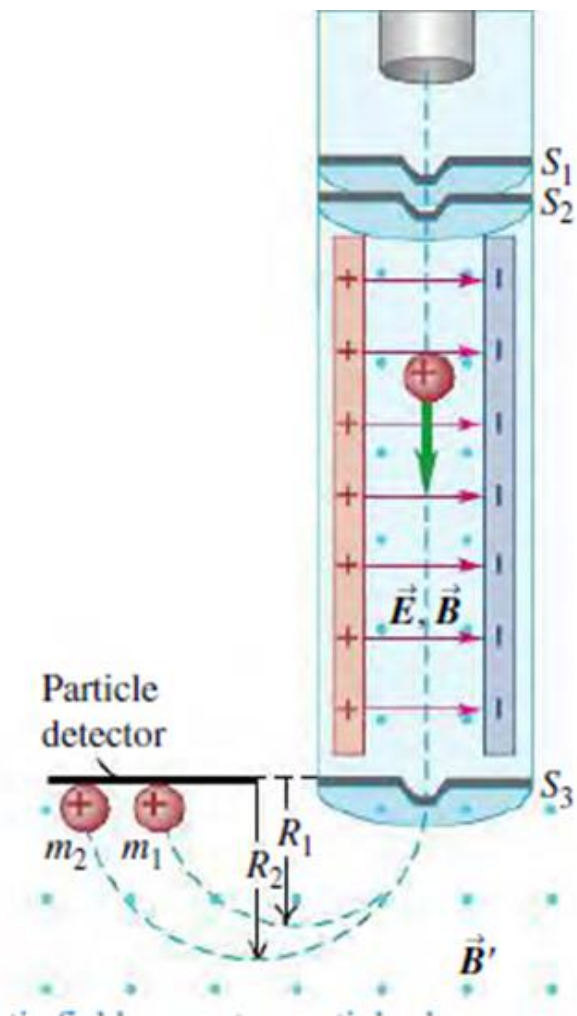
Medan magnet banyak digunakan dalam peralatan yang digunakan sehari-hari misalnya pada motor listrik, generator listrik, komputer, televisi, tabung sinar katoda, siklotron, spektograf massa, mikroskop elektron.

beberapa alat yang mudah di analisis pemakaian medan magnetnya, misalnya:

- tabung sinar katoda
- Siklotron
- spektogram Thomson
- spektogram massa Banbridge
- generator arus searah.



Tabung sinar katoda.



spektrogram

TUGAS 4.1

Kerjakan soal di buku hal **120 no. 1, 5, 13**