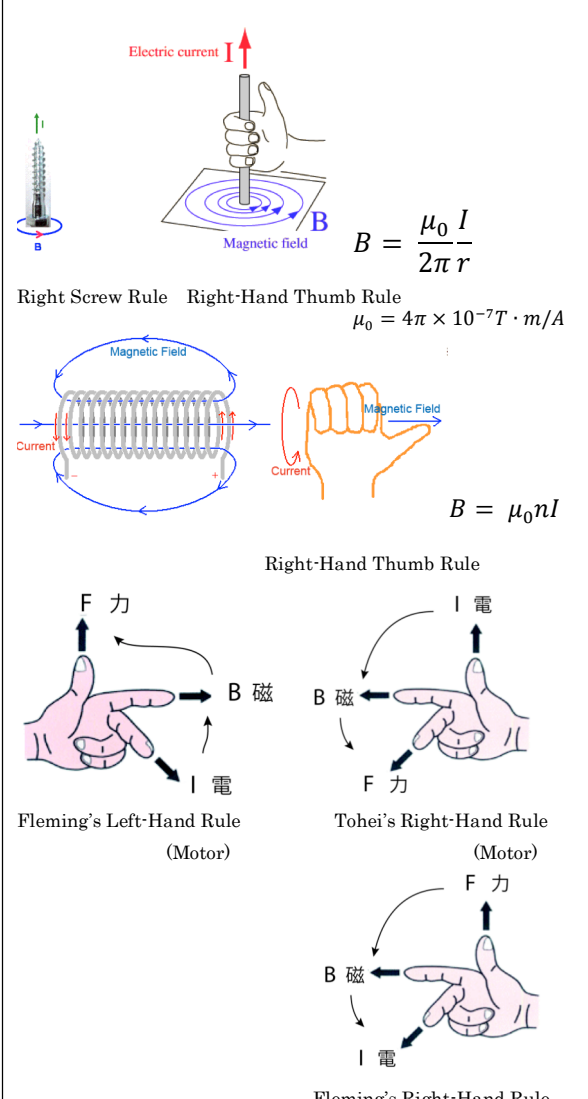


# 11<sup>th</sup> Physics 6 : Magnetism 磁気

2016-17

- Magnets** 磁石  
 Magnetic Poles, N-Pole, S-Pole 磁極, N 極、S 極  
 Magnetic Force 磁気力  
 Magnetic Field 磁場 (磁界) B  
 Magnetic Field Lines 磁力線  
 Geomagnetism 地磁気
- Magnetic Field around a Current** 電流の作る磁場  
 Hans Christian Oersted エルステッド  
  
 Right Screw Rule 右ねじの法則  
 Right-Hand Thumb Rule 右手親指の法則  
  
 Magnetic Field by a Current-Carrying Wire 直線電流による磁場  
 Magnetic Field. by a Current Loop 円形電流による磁場  
 Magnetic Field. by a Coil コイルによる磁場
- Force on a Current in a Magnetic Field** 磁場中の電流が受ける力  
 Force on a Coil in a Magnetic Field 磁場中のコイルが受ける力  
 Fleming's Left-Hand Rule フレミングの左手の法則  
 Principle of a Motor モーターの原理  
 Brushes, Split ring ブラシ、整流子
- Electromagnetic Induction** 電磁誘導  
 Michael Faraday ファラデー  
 Induced Current 誘導電流  
 Lenz's Law レンズの法則  
 Fleming's Right-Hand Rule フレミングの右手の法則  
 Generators 発電機  
 Generation of Alternating Current (AC) 交流の発電
- Properties of Alternating Current (AC)** 交流の性質  
 Electric Power Plants 発電所  
 Transformer Substations 変電所  
 Transformer 変圧器
- Electric Waves** 電波  
 Electromagnetic Waves 電磁波  
 Microwave マイクロ波  
 Infrared, Visible Light, Ultraviolet 赤外線、可視光線、紫外線  
 X-ray, Gamma ray X 線、ガンマ線



Right Screw Rule Right-Hand Thumb Rule  
 $B = \frac{\mu_0 I}{2\pi r}$   
 $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} \text{ T} \cdot \text{m/A}$

$B = \mu_0 n I$

Right-Hand Thumb Rule  
 Fleming's Left-Hand Rule (Motor)  
 Tohei's Right-Hand Rule (Motor)  
 Fleming's Right-Hand Rule (Generator)

The magnetic force exerted on a current  
 $F = I L B$

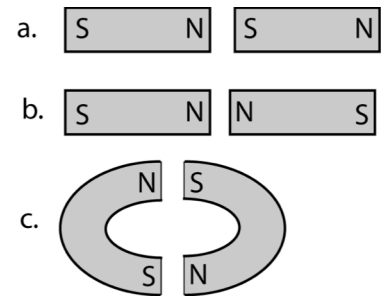
The magnetic force on a moving charge  
 $F = qvB$

Electromagnetic waves  
 電磁波の 周期 T、周波数 f、波長  $\lambda$ 、  
 $T = \frac{1}{f}$   $c = f \lambda$   
 光速 c  $c = 3.00 \times 10^8 \text{ m/s}$   
 Transformer 変圧器  
 $\frac{V_1}{n_1} = \frac{V_2}{n_2}$   $V_1 I_1 = V_2 I_2$

## 1. Magnets and Magnetic Field 磁石と磁場

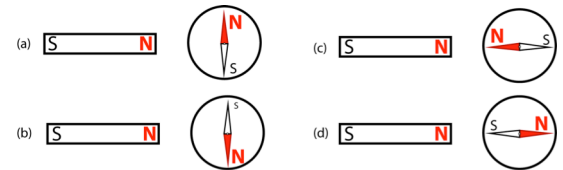
[Q1] For each of the cases in the figure at the right, identify whether the magnets will attract or repel one another.

右の図で、互いに引力を示す組み合わせか、斥力を示す組み合わせか。



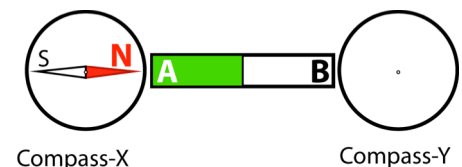
[Q2] The figure shows a compass placed near the north pole, N, of a bar magnet. Which diagram best represents the position of the compass needle?

図は棒磁石の N 極のそばにコンパスを置いた図である。コンパスの磁針はどれが正しいか。



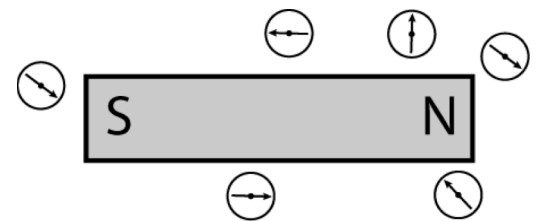
[Q3] The figure shows two compasses located near the end of a bar magnet. The north pole of compass X points toward end A of the magnet. On the diagram draw the correct orientation of the needle of compass Y and label its polarity.

図は、棒磁石の両端近くに置かれた 2 個のコンパスを示している。コンパス X の N 極は磁石の A 側を指している。コンパス Y の磁針を極の名前とともに書き入れよ。



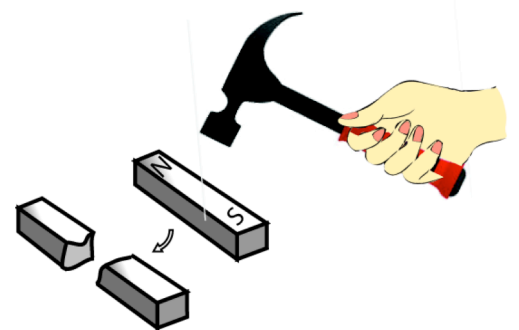
[Q4] Which of the compass-needle orientations in the figure might correctly describe the magnet's field at the point?

図で、どのコンパスの指針がその点の磁場の向きを正しく示しているか。



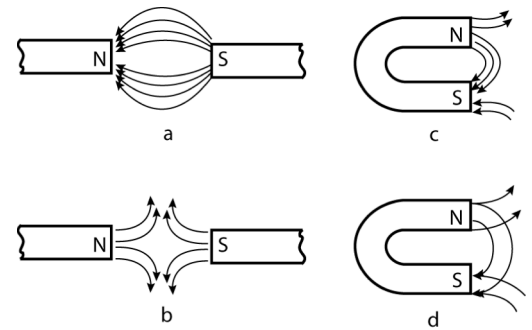
[Q5] When you break a bar magnet in half, how many poles does each piece have?

君が棒磁石を叩いて半分にしたら、破片の磁極はそれぞれいくつか。



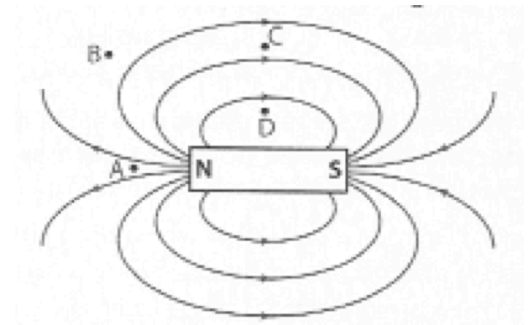
[Q6] Which diagram in Fig. 3 correctly shows a magnetic field configuration?

図で、どの図が磁力線として正しいか。



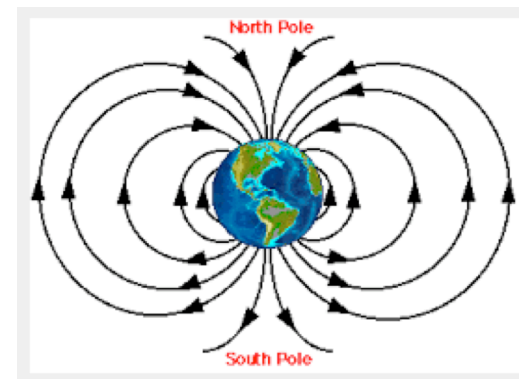
[Q7] The figure represents the magnetic lines of force around a bar magnet. At which point is the magnitude of the magnetic field strength of the bar magnet greatest?

図は棒磁石の周囲の磁力線である。磁場の強度が最も大きいのはどの点か。



[Q8] Earth magnetic field has a configuration similar to a bar magnet. Which magnetic pole is near the geographic North Pole, the magnetic north pole or south pole?

地球の磁場は棒磁石の磁場に似た形をしている。地理上の北極近くにあるのは磁石の N 極か S 極か。



[Q9] (a) How is the direction of magnetic field determined?

(b) How is the direction of electric field determined?

- (a) 磁場の向きはどのように決められるか。  
 (b) 電場の向きはどのように決められるか。

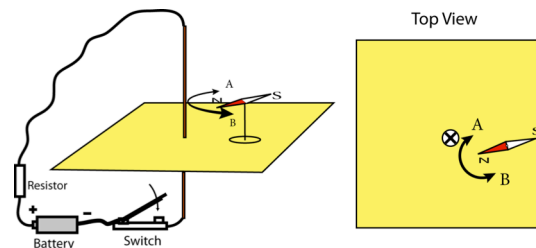
## 2. Magnetic Field of a Current-Carrying Wire 電流の作る磁場

[Q11] The connection between electricity and magnetism was discovered unexpectedly by Hans Christian Oersted in 1820. How did he do?

電気と磁気の結びつきは、1820年にウルステッドにより偶然発見された。どのようにして見つけられたか。

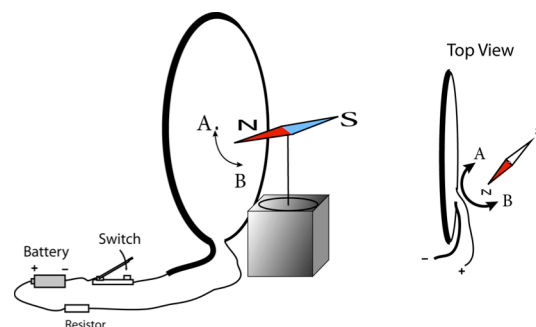
[Q12] When the current is flown in the figure, how does the north pole of the compass rotate, in the direction A or B?

図で導線に電流を流すと、コンパスのN極はA、Bのどちらに振れるか。



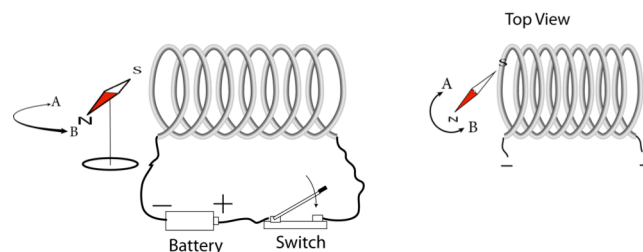
[Q13] When the switch is closed in the circuit shown in the figure, is the north pole of the compass attracted to the coil or repelled from the coil?

図の回路でスイッチを入れたとき、コンパスのN極はコイルに近づくか？それとも離れるか。



[Q14] When the switch is closed in the circuit shown in the figure, is the north pole of the compass attracted to the coil or repelled from the coil?

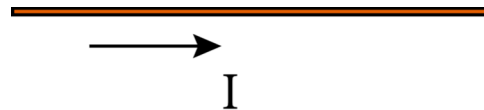
図の回路でスイッチを入れたとき、コンパスのN極はコイルに近づくか？それとも離れるか。





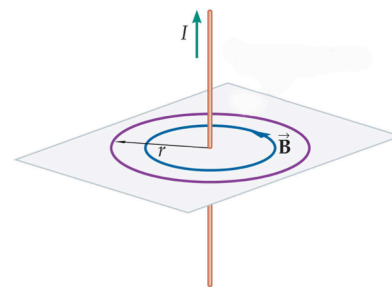
[Q15] What is the shape of the magnetic field produced by a straight current-carrying wire?

電流が流れる直線上の導線が作る磁場はどのような形か。



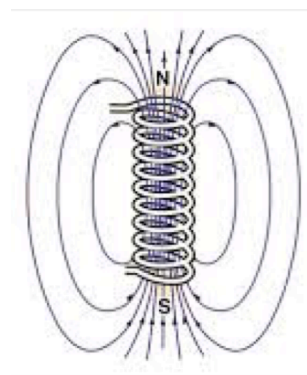
[Q16] Find the magnitude of the magnetic field 1 m from a long, straight wire carrying a current of 1A.

長い直線状の電流 1 A の導線から 1 m 離れたところの磁場の強さを求めよ。



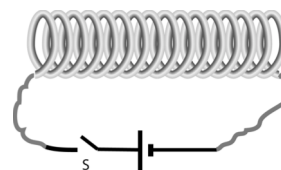
[Q17] Why is the magnetic field inside a solenoid stronger than magnetic field outside?

ソレノイドの内部の磁場が外部より強いのはなぜか。



[Q18] If I desire that a solenoid (coil) 38 cm long and with 430 turns produces a magnetic field within it equal to the Earth's magnetic field ( $5.0 \times 10^{-5}$  T). What current is required?

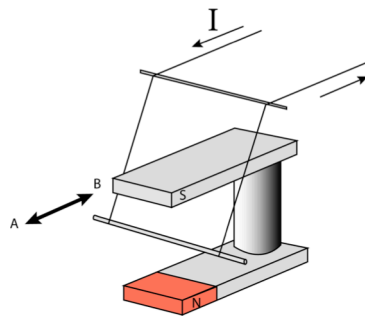
38 cm の長さで 430 巻きのソレノイド (コイル) で地球の磁場と同じ強さの磁場 ( $5.0 \times 10^{-5}$  T) を作るに必要な電流はいくらか。



### 3. Magnetic Force Exerted on a Current-Carrying Wire 磁場中の電流が受ける力

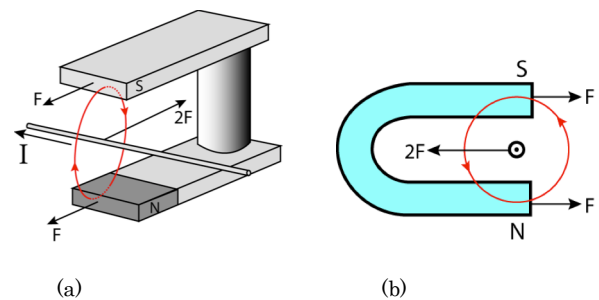
[Q21] When the current is flown in the figure, how does the conductive rod in the U-shaped magnet swing, in the direction A or B?

図で導線に電流を流すと、U字型磁石の中の導体棒はA、Bのどちらに振れるか。



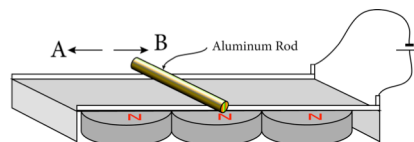
[Q22] Concerning the direction of the force exerted on the current inside a magnetic field, deduce the “Fleming’s left-hand rule” or the “Tohei’s right-hand rule” from the “right-hand thumb rule.”

磁場中にある電流が受ける力の向きについて、「右手親指の法則」から「フレミング左手の法則」（=Toheiの右手の法則）を導け。



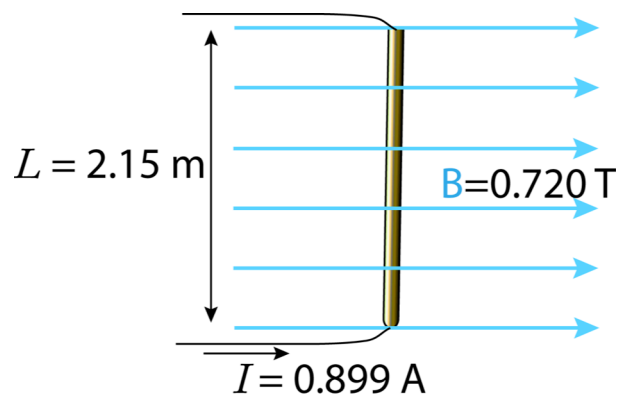
[Q23] The figure is an apparatus called “Magnetic Force Accelerator.” When the current is flown, how does the aluminum rod move, in the direction a or b?

図は「磁力加速器」という装置である。図のように電流を流すとアルミ棒はA、Bのどちらに動くか。



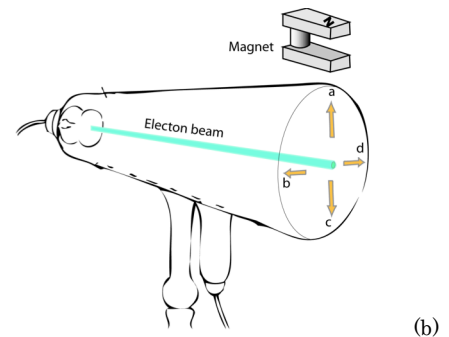
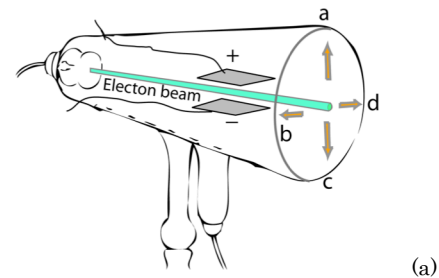
[Q24] What is the magnitude of magnetic force exerted on a  $L = 2.15 \text{ m}$  length of wire carrying a current of  $I = 0.899 \text{ A}$  perpendicular to a magnetic field of  $B = 0.720 \text{ T}$ ?

$B = 0.720 \text{ T}$  の磁場中で磁場に垂直で  $I = 0.899 \text{ A}$  の電流を流す  $L = 2.15 \text{ m}$  の導線にはたらく磁場による力の大きさを求めよ。



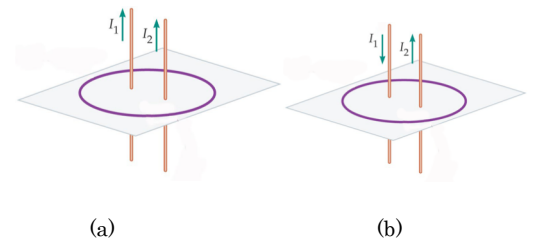
[Q25] The figures, (a) and (b) show an electron beam is in the Crooks Tube. (a) Electric field is applied as shown. In which direction does the electron beam move, a, b, c or d? (b) A magnet showing the character "N" on its upper part is brought near the tube as shown. In which direction does the electron beam move, a, b, c or d?

図(a) と (b) はクルックス管で電子線が出ている。(a) 図のように電場をかけた。電子線はどちらに動くか? a、b、c、dから選べ。(b) 磁石を図のように近づけた。磁石の上がわに「N」の字が見えている。電子線はどちらに動くか? a、b、c、dから選べ。



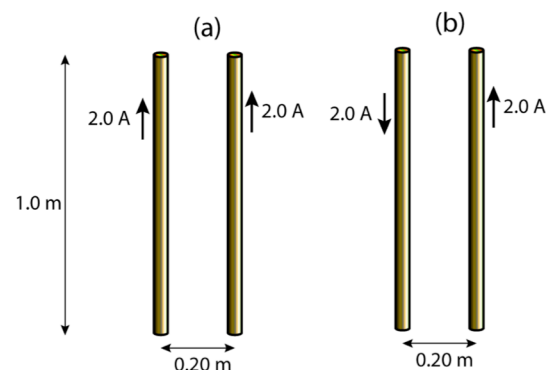
[Q26] The figures, (a) and (b), show two wires. Find the direction of force (a) if the currents are in the same direction, and (b) if the current is in the opposite directions.

図 (a) と (b) は 2 本の導線である。(a) 電流の方向が同じときと、(b) 逆方向のときに、2 本の導線に働く力の向きを求めよ。



[Q27] Two 1.0 m wires are placed with parallel 2.0 A currents and separation of 0.20 m, as shown the figures, (a) in the same direction and (b) in the opposite direction. Find the direction and magnitude of the forces exerted on the wires..

長さ 1.0 m の導線が平行に配置され、それぞれ 2.0 A の電流が流れている。(a) では電流は同方向、(b) では逆方向である。導線にはたらく力の向きと大きさを求めよ。

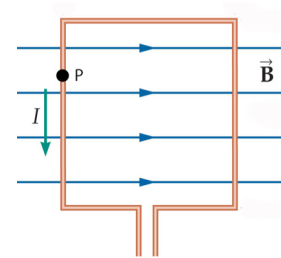


## 4. Principle of Electric Motors

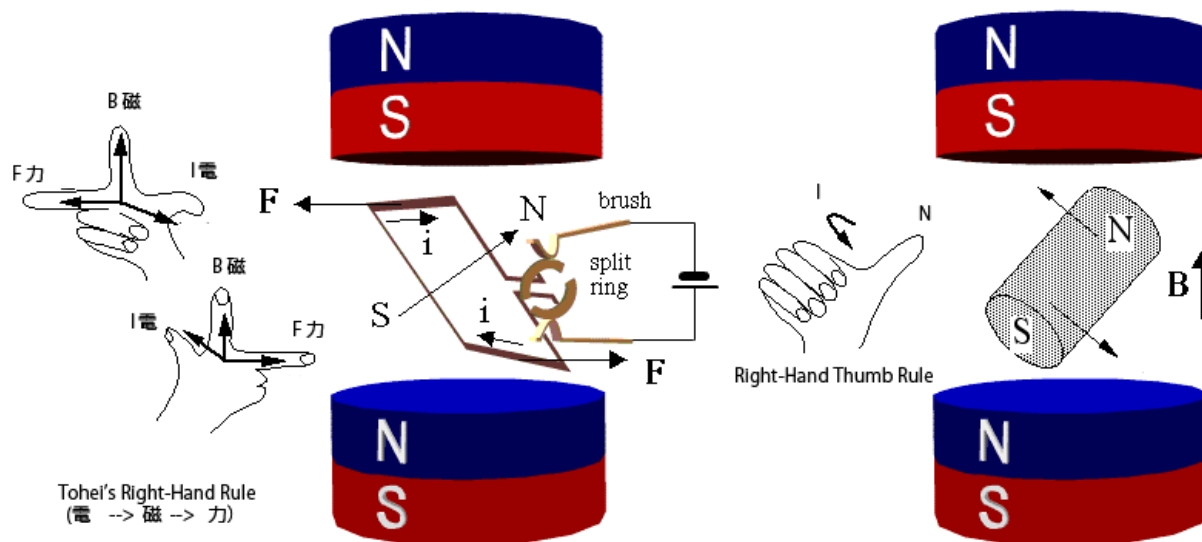
## モーターが回転する原理

[Q31] The figure shows a rectangular coil in a magnetic field. When the current is flown, how does the point P move?

図は磁場  $B$  中にある四角形のコイルである。電流が図のように流れるとコイル上の点 P はどのように動くか。

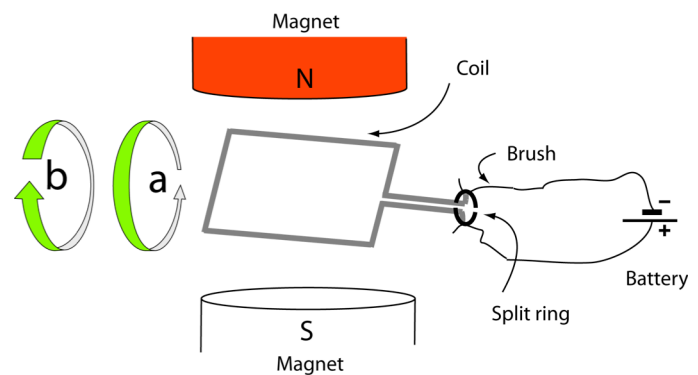


[Q32] The figures below show the principle of a DC motor. Explain. 図は直流モーターの原理を示している。説明せよ。



[Q33] The figure shows a DC (direct current) motor. How does it rotate, in the direction **a** or in the direction **b**?

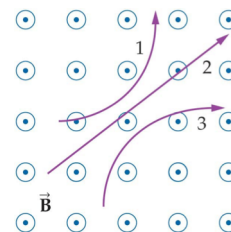
図は直流モーターを示している。モーターはどちらの方向に回転するか？ **a** か？ **b** か？



## 5. Magnetic Force on Moving Charges 磁場中の電荷が受ける力 (ローレンツ力)

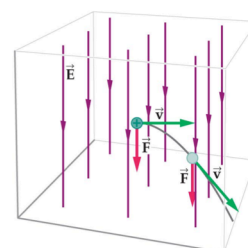
[Q43] Three particles travel through a region of space where the magnetic field out of the page, as shown in Fig. 45. For each of the three particles, state whether the particle's charge is positive, negative, or zero.

ページに外に垂直な向きの磁場の中を3個の荷電粒子が Fig. 45 のように進んでいる。それぞれの粒子について電荷が正か、負かゼロか求めよ。

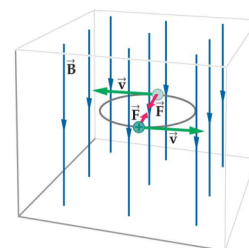


[Q46] (a) A positive charged particle moving into a region with an electric field. (b) A positively charged particle entering a magnetic field. Investigate how different the motion in the two situations.

図(a) は、電場中を運動する正の電荷である。(b)は、磁場中を運動する正の電荷である。両者の運動を比較せよ。



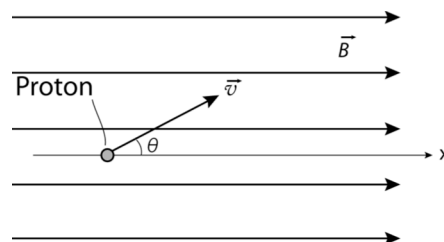
(a) Motion in an electric field



(b) Motion in a magnetic field

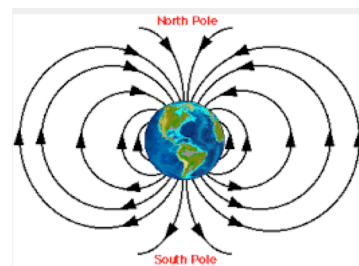
[Q47] A magnetic field points to the x-axis in the vacuum, as shown in the figure. An electron with a mass  $m$  and a charge  $-e$  is launched from the origin with a speed  $v$  and an angle  $\theta$  from the x-axis. When  $0^\circ < \theta < 90^\circ$ , how does the proton move?

図のように、真空中 x 軸方向に、一様な磁束密度  $B$  がある。原点  $O$  から速さ  $v$  で x 軸と角  $\theta$  の方向に陽子 (質量  $m$ 、電荷  $e$ ) が射出された。 $0^\circ < \theta < 90^\circ$  である時、陽子はどのような運動をするか。



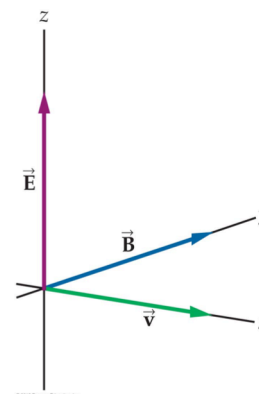
[Q48] Explain the mechanism how aurora or northern lights are formed near the poles.

極地でオーロラが見られるメカニズムを説明せよ。



[Q49] A particle with a charge of  $7.70 \mu\text{C}$  and a speed of  $435 \text{ m/s}$ , is acted on by both an electric and a magnetic field. The particle moves along the  $x$  axis in the positive direction, the magnetic field has a strength of  $3.20 \text{ T}$  and points in the positive  $y$  direction, and the electric field points in the positive  $z$  direction with a magnitude of  $8.10 \times 10^3 \text{ N/C}$ . Find the magnitude and direction of the net force acting on the particle.

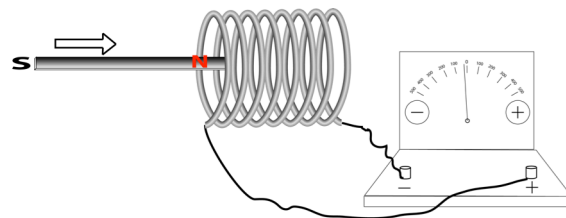
荷電量  $7.70 \mu\text{C}$  で速さ  $435 \text{ m/s}$  の電荷が電場と磁場の両方に作用されている。この粒子は  $x$  軸の正の方向に進んでおり、磁場は  $3.20 \text{ T}$  の磁束密度で  $y$  軸の正の向きである。電場は  $z$  軸の正の向きで大きさは  $8.10 \times 10^3 \text{ N/C}$  である。この粒子にかかる力の大きさと向きを求めよ。



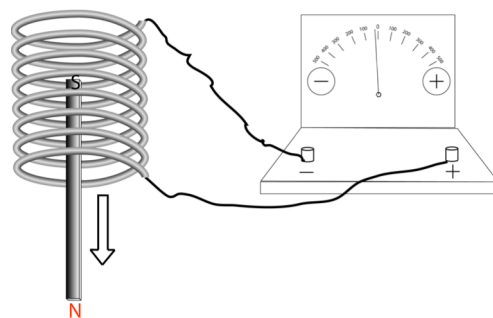
## 6. Electromagnetic Induction 電磁誘導

### Principle of Electric Generators 発電機の原理

[Q41] When the magnet is moved as shown, does the galvanometer show a positive current or negative current? 図のように磁石が動いている。検流器の針は正に振れるか？負に振れるか？

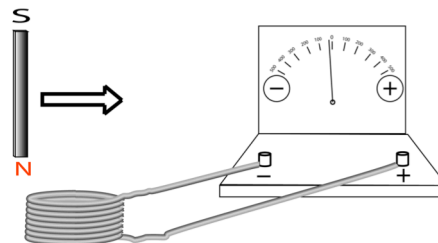


(a)



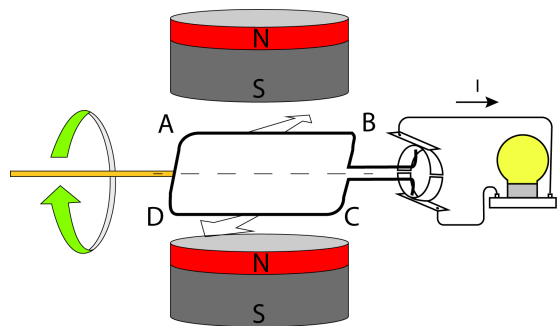
(b)

[Q42] When the magnet is moved as shown, does the galvanometer show a positive current or negative current? 図のように磁石が動いている。検流器の針は正に振れるか？負に振れるか？

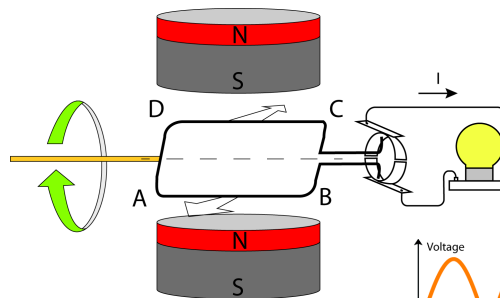


[Q43] The Figures show the principle of a DC and AC generators. Explain. 図は直流および交流発電機の原理を示している。説明せよ。

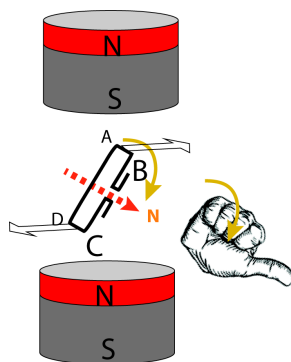
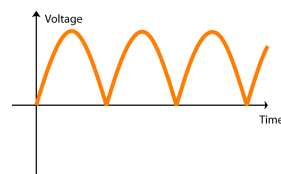
### DC Generator



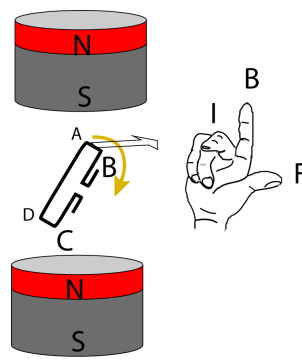
a



b

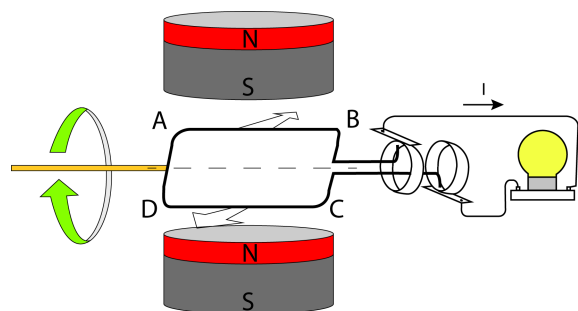


c

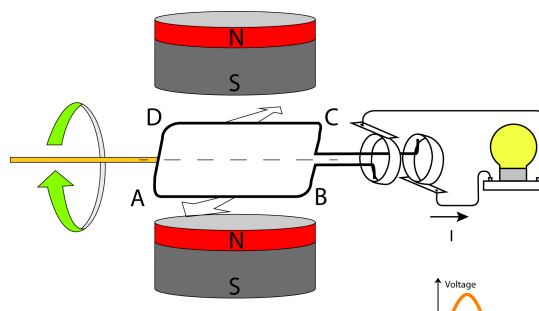


d

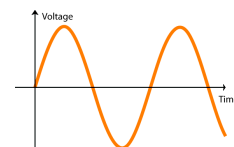
### AC Generator



e

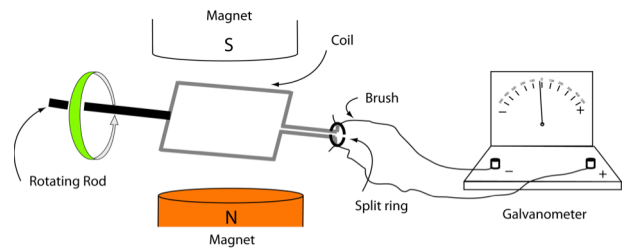


f

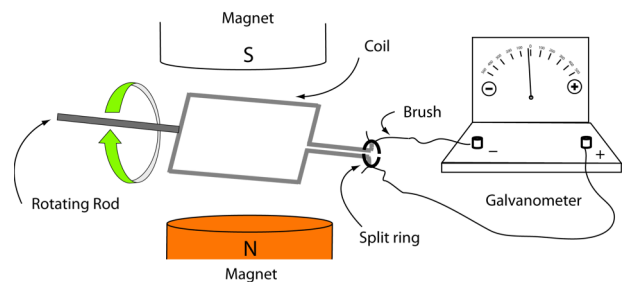




[Q44] The figures show generators. The coil rotates around the rotating rod in the direction shown. Does the galvanometer show a positive current or negative current?  
図は発電機を示している。コイルは回転軸の周りを示された方向に回っている。検流器の針は正に振れるか？負に振れるか？



(a)



(b)

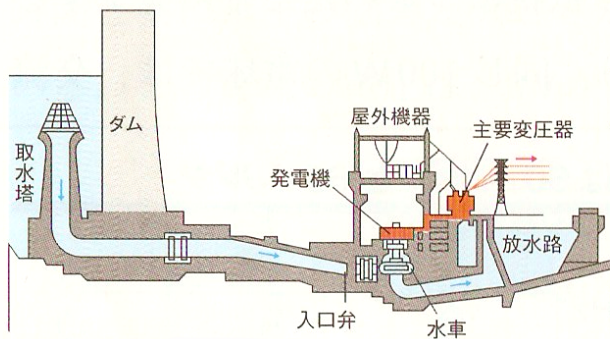
[Q45] In the above (b) generator, which does not affect the magnitude of current in the following modifications? Write “none” if there is no right answer. One or more answers should be chosen if there are.

上図(b)の発電機で、次のような変更を加えたとき検流器の振れの大きさに変化がないものはどれか？ 該当なければ「なし」とし、複数あればすべて挙げよ。

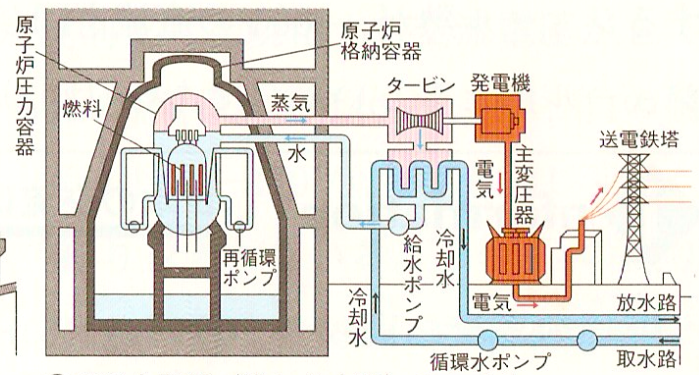
- a) Increasing the rotating speed of the coil. コイルの回転速度の増加。
- b) Increasing the length of wire to the galvanometer. 検流器への電線長の増加。
- c) Increasing the turn numbers of the coil. コイルの巻き数の増加。
- d) Increasing the strength of the magnets. 磁石の強度の増加。

[Q46] Does the above generator (b) give direct current or alternating current?

上の発電機(b)から得られる電流は直流か？交流か？

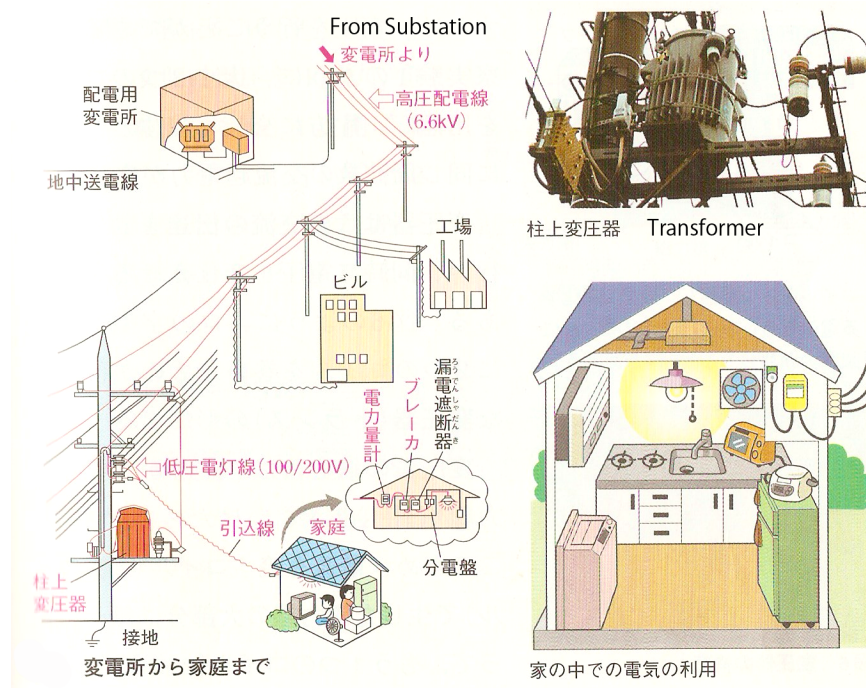
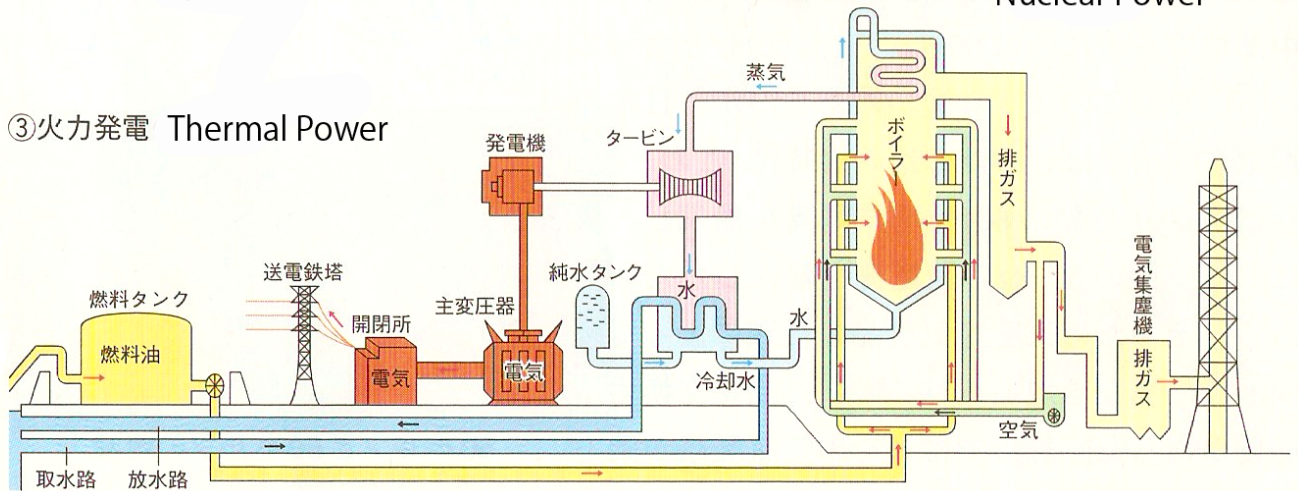


①水力発電 Hydroelectric

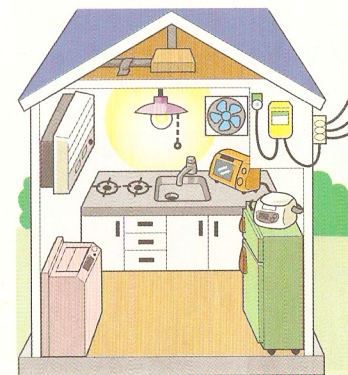


②原子力発電 (沸とう水型) Nuclear Power

③火力発電 Thermal Power

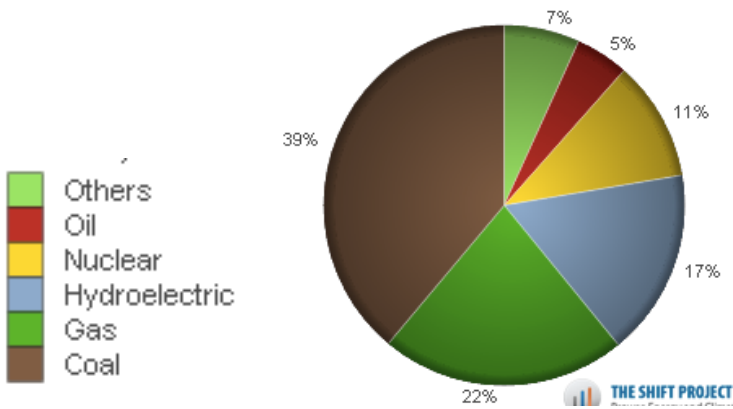


柱上変圧器 Transformer

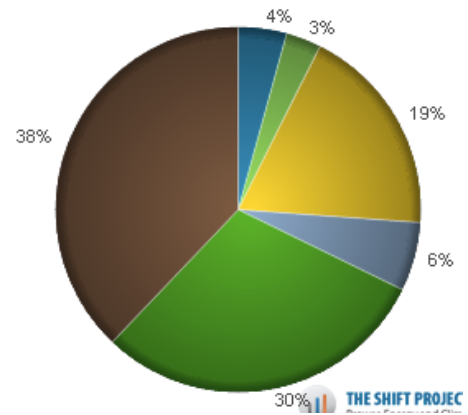


家の中での電気の利用

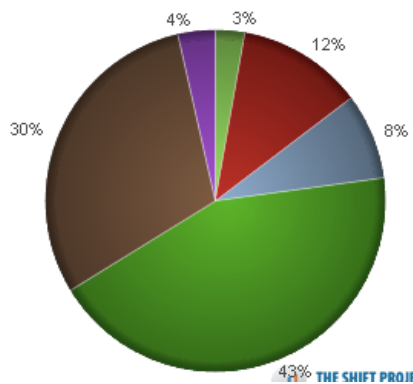
## Breakdown of Electricity Generation by Energy Source



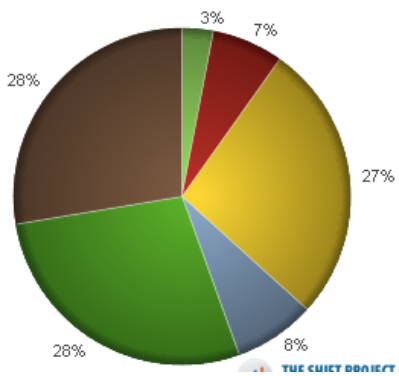
World 2014



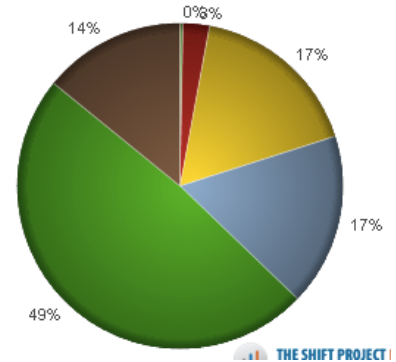
USA 2014



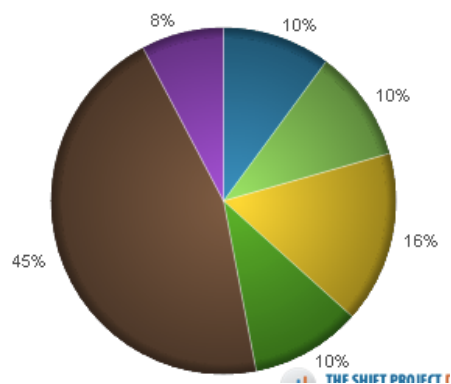
Japan 2014



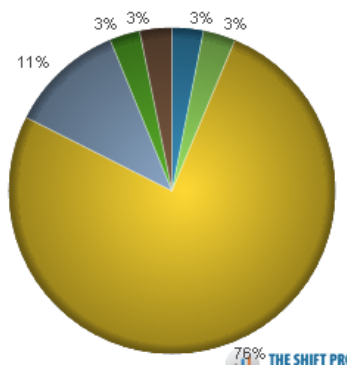
Japan 2010



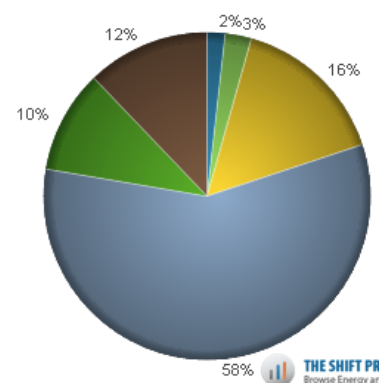
Russia 2014



Germany 2014



France 2014


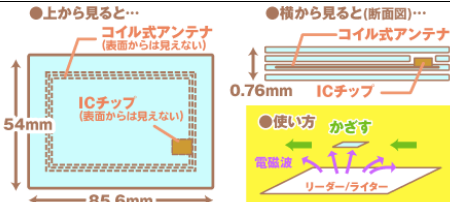

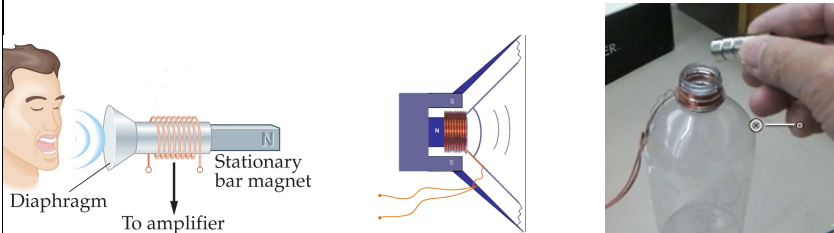
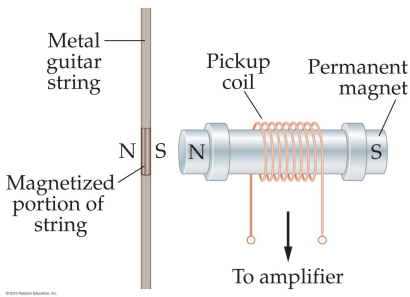
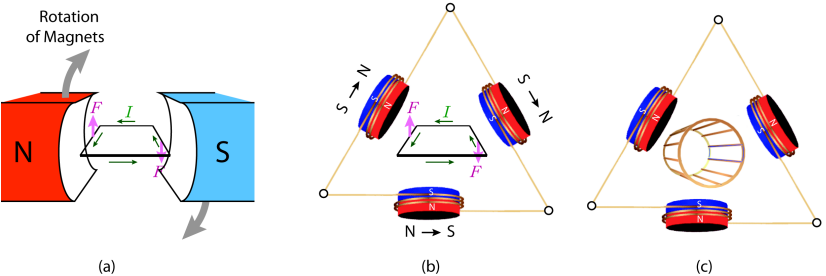


Canada 2014

## 7. Applications of Electromagnetic Induction

1	Faraday's Experiment (Mutual Inductance)	
2	Mutual induction Communication	
3	Induction Braking	
4	Arago's Disk	
5		
6	Can Selector	



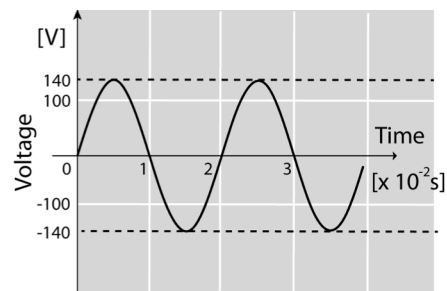
7	Metal Detector	 <p>図1 金属探知機の原理</p>
8	IC Card	 <p>●上から見ると… コイル式アンテナ (表面からは見えない) ICチップ (裏面からは見えない) 54mm 85.6mm</p> <p>●横から見ると(断面図)… コイル式アンテナ 0.76mm ICチップ</p> <p>●使い方 かざす 電磁波 リーダー/ライター</p>
9	IH, Induction Heater	
10	Microphone & Speaker	 <p>Diaphragm Stationary bar magnet To amplifier</p>
11	Electric Guitar	 <p>Metal guitar string Magnetized portion of string Pickup coil Permanent magnet To amplifier</p>
12	Induction Motor	 <p>(a) Rotation of Magnets (b) (c)</p>

13	Self-Induction	<div data-bbox="527 210 917 420"> <p>Coil 200 ~ 3200 turns</p> <p>Neon Lamp</p> <p>1.5V Battery</p> </div> <div data-bbox="1006 210 1404 420"> <p>Coil</p> <p>Neon Lamp</p> <p>9V Battery</p> <p>Nail</p> <p>Steel File</p> </div> <div data-bbox="527 430 836 672"> <p>Battery</p> <p>Switch</p> <p>Coil</p> <p>Neon Lamp</p> <p>A B</p> </div> <div data-bbox="852 430 1161 672"> </div> <div data-bbox="1177 430 1437 672"> <p>Induction Coil</p> </div>
14	Fluorescent Light	<div data-bbox="527 693 974 945"> <p>AC 100 ~ 240 V</p> <p>Ballast (Coil)</p> <p>Filament</p> <p>Fluorescent Tube</p> <p>Hg, Ar, Ne, Xe, Kr Gas</p> <p>Fluorescent</p> <p>Glow Bulb (Bi-metallic Switch)</p> </div> <p>a</p> <div data-bbox="1015 693 1485 997"> <p>Switch on</p> <p>Discharge</p> </div> <p>b</p> <div data-bbox="527 1113 974 1396"> <p>Filament heated up</p> <p>Connect</p> </div> <p>c</p> <div data-bbox="1015 1113 1485 1407"> <p>Self-Induced Current</p> <p>Discharge</p> <p>Cool down → Switch Off</p> </div> <p>d</p>

## 8. Alternating Current 交流

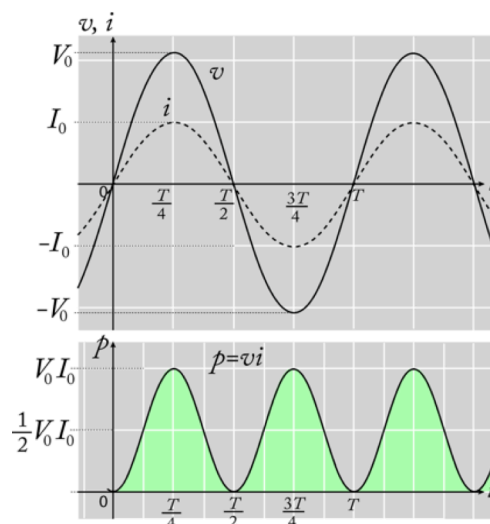
[Q51] The figure shows the voltage change of an alternating current. Find its period and frequency. Although the voltage changes periodically with the maximum voltage of 140V, it is called “100 V AC.” Explain why.

ある交流の電圧変化を測ると、図のグラフとなった。この交流の周期と周波数を求めよ。電圧は周期的に変化して最高値は 140 V であるが、「100 V の交流」と呼ばれる。理由を説明せよ。

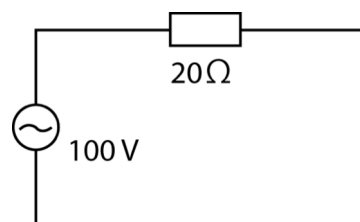


[Q52] 交流電源と抵抗からなる回路 (a) で、抵抗にかかる電圧  $v$ 、抵抗を流れる電流  $i$  および抵抗で消費される電力  $p$  の時間変化を (b) に示した。

交流電圧の実効値と交流電流の実効値について説明せよ。



[Q53]  $20\ \Omega$  の抵抗に実効値 100 V の交流電圧を加えた。この抵抗における平均の消費電力はいくらか。また、抵抗にかかる電圧および流れる電流の最大値はいくらか。



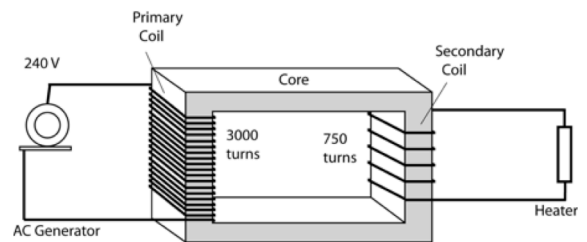
[Q54] A neon sign that requires a voltage of 11,000 V is plugged into a 120-V wall outlet. What turn ratio (secondary / primary) must a transformer have to power up the sign.

11,000 V の電圧を要するネオンサインがあり家庭用の 120-V で使用したい。使用する変圧器の巻き数の比（2 次／1 次）を求めよ。



[Q55] An alternating EMF of 240 V is applied to a transformer having 3000 turns on its primary and 750 turns on its secondary. On the secondary side, a heater for 120V and 800W is connected. Find the followings assuming no losses.

変圧器（トランス）の 1 次コイルが 3000 巻き、2 次コイルが 750 巻きで、一次コイルに 240V の交流起電力が接続されている。2 次コイル側に 120V 用 800W の電熱器を接続した。トランスに損失はないものとして次に答えよ。



- (1) What is the resistance of the heater? 電熱器の抵抗値はいくらか。
- (2) What is the voltage of the secondary part? 2 次側の電圧はいくらか？
- (3) What is the secondary current? 2 次側の電流はいくらか？
- (4) What is the primary current? 1 次側の電流はいくらか？
- (5) What is the power consumed by the heater? 電熱器で消費する電力はいくらか。

[Q56] There are two kinds of currents, direct current and alternative, and the former is commonly used for most electrical tools at home. In spite of that, alternating current is broadly produced in electric plants. Explain why?

電流には直流と交流があつて普通の家庭用電気機器は主に直流が使われている。それにもかかわらず交流電気が発電されているのはなぜか？ 説明せよ。

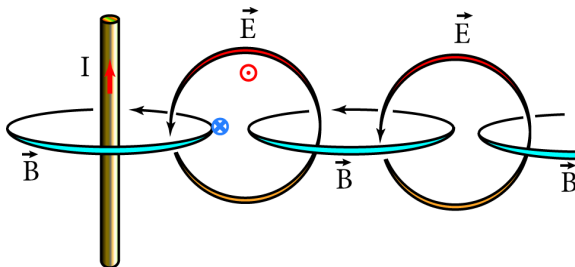




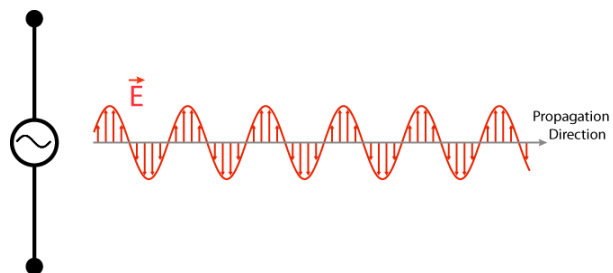
## 8. Electric Waves

## 電波

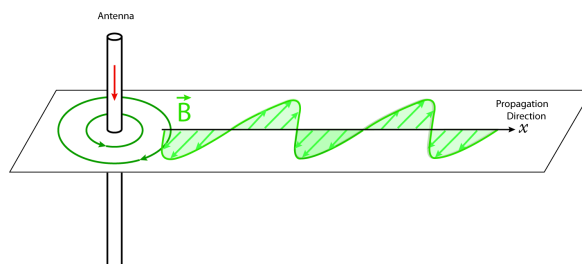
## 1) 電波の発生



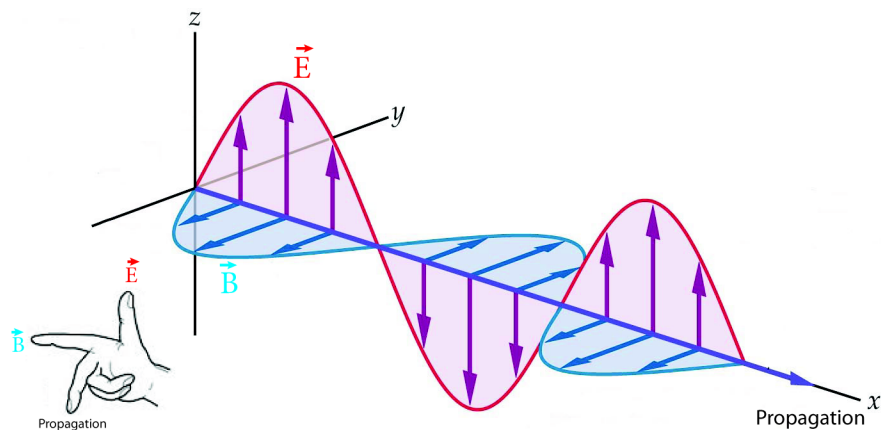
## 2) 送信アンテナの向きに振動方向を持つ電場の波



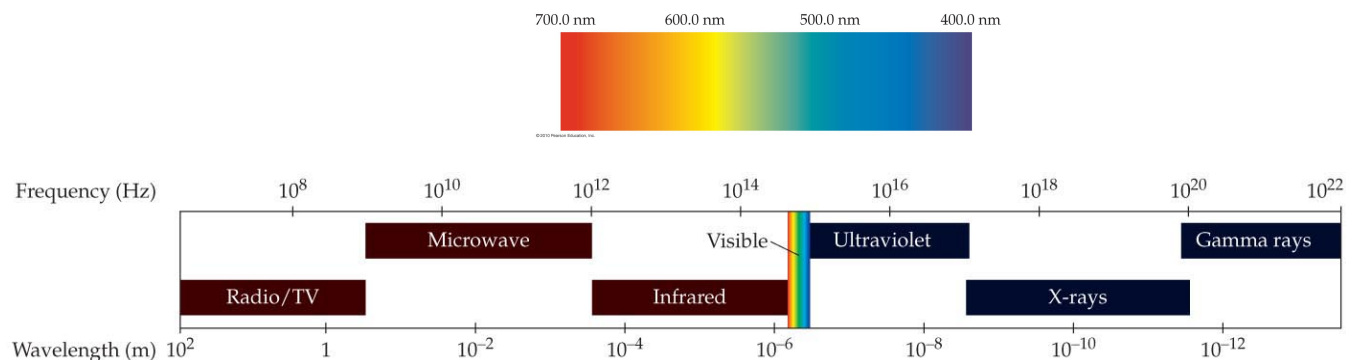
## 3) 送信アンテナに垂直な向きに振動方向を持つ磁場の波



4) このように、電場と磁場が同時に波動として伝わるのが電磁波 **Electromagnetic Waves** である。電場  $E$ 、磁場  $B$ 、進行方向の向きは互いに垂直で「右手親指則」で決められる。電磁波は横波 **Transverse Waves** である。



### 3. The EM Spectrum 電磁波の分類



	周波数 Hz	波長 m	
Radio Waves 電波 (ラジオ波)	$10^6 \sim 10^9$	300 m $\sim$ 0.3 m	導線内で加速された電荷から発生する ラジオ、テレビなどの通信システムで使用する
Microwaves マイクロ波	$10^9 \sim 10^{12}$	0.3 m $\sim$ 0.3 mm	電子装置で発生され、レーダーなどに使われる 水分子の振動・回転運動を励起するので、食品の加熱に使われる
Infrared Waves 赤外線	$10^{12} \sim 4.3 \times 10^{14}$	0.3 mm $\sim$ 700 nm	分子の振動回転の励起状態間遷移により発生する 高温物体から発生し、物体が吸収すると熱エネルギーに変わる
Visible Light 可視光	$4.3 \times 10^{14} \sim 7.5 \times 10^{14}$	700 nm $\sim$ 400 nm	原子・分子の電子状態間の遷移により発生する。
Ultraviolet Light 紫外線	$7.5 \times 10^{14} \sim 10^{17}$	400 nm $\sim$ 3 nm	原子・分子の電子状態間の遷移により発生する。
X-rays X線	$10^{17} \sim 10^{20}$	3 nm $\sim$ 0.003 nm	高エネルギーの電子を金属標的に衝突させ、急速に減速させると きに発生する。 波長が固体の原子間距離 2.1 nm 程度-結晶構造解析に使用され る。 医療用の X 線写真や放射線治療に用いられる
Gamma Rays $\gamma$ 線 (ガンマ線)	$10^{20}$ and Higher	0.003 nm and smaller	原子核や素粒子のエネルギー間遷移などで発生する

[Q62] What is the wavelength of an electromagnetic wave of  $3 \times 10^6$  MHz.

300 万 MHz の電磁波の波長はいくらか。

[Q63] Find the frequencies of the following radio waves. 次の電波の振動数はいくらか。

(a) A radio wave of the wavelength of 500 m

(b) A radio wave of the wavelength of 5.0 m