

# Magnetism

## ཁབ་ལེན་རྫོའི་རང་གཤེས།



Science meets Dharma, 2011

Sera Monastery Bylakuppe

Werner Nater & Alois Biner, translated by Lhundup Dorjee

# 1. Magnetostatics

## ཁབ་ལེན་དོའི་སོར་གནས་རིག་པ།

### 1.1. Introduction

རོ་སྒྲི།

The term magnetism comes from the region of Magnesia, a province of Greece, where magnetic stones, that means stones that attract iron, have been found 2000 years ago. We will see that magnetism is strongly related to electricity. And like electric forces, magnetic forces are much stronger than gravitational forces, since a magnet can lift up pieces of metal from the floor, easily overcoming the attraction of the earth. E.g. the magnets that are sticking to your teachers board, magnetic needle in a compass.

Magnetism is a very important phenomenon these days, since it makes possible to convert mechanical energy into electrical energy (generators, power plants) and vice versa (motors).

ཁབ་ལེན་དོ་ཡི་རང་བཞིན་ཞེས་པའི་ཐ་སྟངས་དེ་ནི་ཁྱི་རི་སི་ཡི་གྲོང་ཁྱིམ་ཆེན་པོ་ཡི་ཞེས་པ་དེར་མི་ལོ་ ༢༠༠༠ གོང་གི་དོ་ཞིག་བརྟེན་ཡོད་པ་དེ་  
ལས་བྱུང་བ་ཞིག་ཡིན་ཏེ། དོ་དེས་ལྷགས་རང་ཕྱོགས་སུ་འཐེན་གྱིས་ཡོད་པའི་ཆ་ནས་ཐ་སྟངས་འདི་ཐོག་མར་བེད་སྤྱོད་བྱས། ང་ཚོས་ཁབ་ལེན་དོ་ཡི་  
རང་བཞིན་དང་ཚོགས་གི་གནས་སྟངས་ཏེ་ཅང་འབྲེལ་བ་ཡོད་པ་ཤེས་གྱི་རེད། རྒྱུ་ཤུགས་དང་མི་འདྲ་བའི་ཁབ་ལེན་དོའི་ཤུགས་ནི་གོ་ལའི་འཐེན་  
ཤུགས་ལས་ཆེ་བ་ཡོད། གང་ཡིན་ཞེ་ན། ཁབ་ལེན་དོ་ཡི་གོ་ལའི་འཐེན་ཤུགས་བརྒྱུ་ཏེ་ལྷགས་དུམ་ནམས་སའི་ངོས་ནས་ལས་སྒྲུ་བའི་ངང་  
འདེགས་བྱུང་བའི་རྒྱ་མཚན་གྱི་ཡིན། དེ་མཚན། (དགེ་ཆན་གྱི་པང་ལེབ་སྟེང་ཡོད་པའི་ཁབ་ལེན་དོ་དང་ཕྱོགས་སྟོན་འཁོར་ལོའི་ནང་ཡོད་པའི་  
ཁབ་ལེན་དོའི་ལྷགས་གཟེར་སོགས་འདེགས་བྱུང་བ།)

ཁབ་ལེན་དོ་ཡི་རང་བཞིན་ནི་དེང་དུས་ཏེ་ཅང་གལ་ཆེན་གྱི་ཆོས་ཉིད་ཞིག་ཡིན་ཏེ། དེ་ལ་བརྟེན་ནས་འཕྲུལ་ཤུགས་ནམས་རྒྱོག་ཤུགས་ལ་འཕོ་  
བསྐྱར་བྱེད་པ་ (རྒྱོག་འདོན་འཕྲུལ་འཁོར་རིགས། ) དང་། ཡང་རྒྱོག་ཤུགས་ནམས་འཕྲུལ་ཤུགས་སུ་འཕོ་བསྐྱར་བྱེད་ཀྱི་ཡོད།

Where else do we find magnets in our everyday life? Write it down:

ང་ཚོས་དུས་རྒྱུན་ཁབ་ལེན་དོ་གང་དང་གང་དུ་ཡོད་པ་ཤེས་པ་ནམས་བྲིས་རོགས།

---



---



---



---

But first simply talk about magnets and the magnetic force.

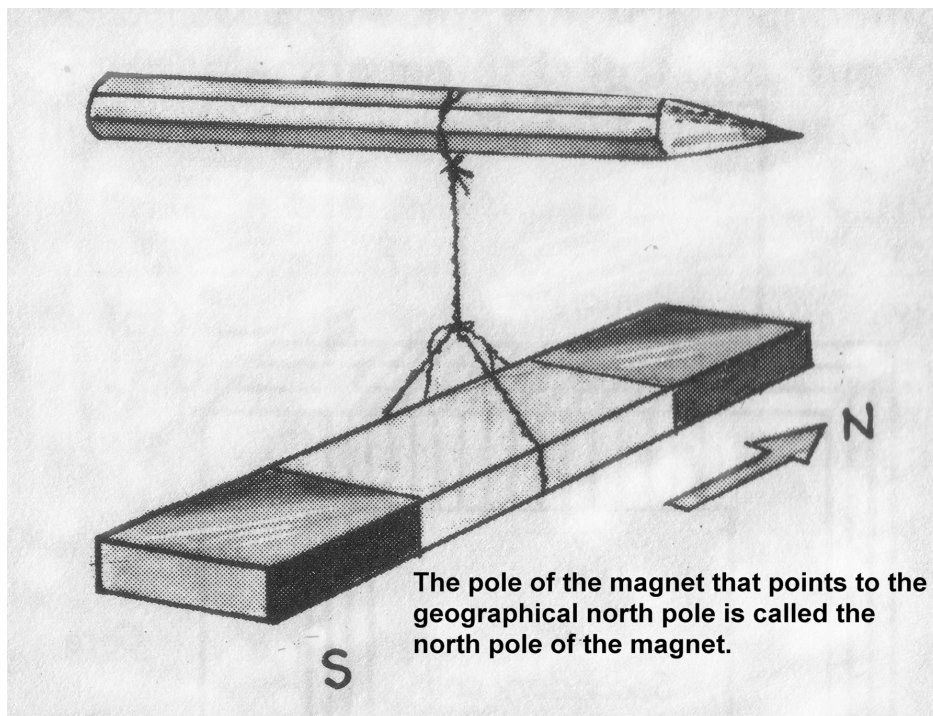
(གང་ལྟར་ཡང་ཐོག་མར་ཁབ་ལེན་དོ་དང་ཁབ་ལེན་དོའི་ཤུགས་སྟོར་ལ་འབྲེལ་བཤད་བྱེད་ཀྱི་ཡིན།)

## 1.2. Magnetic poles

ཁབ་ལེན་དེ་ཡི་སྒྲིལ་།

If you suspend a bar magnet (a magnet in shape of a bar) at its center by a piece of string, you'll have a compass. One end will point northward, we will call it the north pole of the magnet, the other end will point southward, and this end will be called south pole.

དབུག་ལྷུ་ཅན་གྱི་ཁབ་ལེན་དེ་ཡི་དཀྱིལ་ནས་སྒྲིལ་བའི་བཏགས་ཤིང་དབྱང་པ་ཡིན་ན་ཕྱོགས་སྟོན་འཁོར་ལོ་ལྟ་བུ་འགྲུབ་ཀྱི་ཡོད། དེ་ཡི་སྒྲིལ་གཅིག་བྱང་ཕྱོགས་སུ་ཁ་བསྐྱོན་པ་ལ་བརྟེན་ནས་བྱང་སྒྲིལ་ཟེར་བ་དང་སྒྲིལ་གཞན་དེ་སྟོན་ཕྱོགས་སུ་ཁ་བསྐྱོན་པ་ལ་བརྟེན་ནས་སྟོན་ཟེར་གྱི་ཡོད།



Investigating how two magnets interact, we will find out that the south pole of one magnet is always attracted by the north pole of the other. But if we try to put two south poles together, we will feel a repellent force. The same for two north poles. That means

**Like poles repel each other, opposite poles attract each other.**

A magnet is always built up of two pole. You cannot find or create a magnet with only a south pole and without north pole or vice versa. So magnets are said to be bipolar ("bi" means two in Latin).

**Single magnetic poles do not exist, magnets are always bipolar.**

དེ་ཁབ་ལེན་གཉིས་པན་ཚུན་འབྲེལ་ལམ་ཅི་ལྟར་ཡོད་ཅིང་བརྟག་པ་ན། ཁབ་ལེན་དེ་གཅིག་གི་སྟོན་སྒྲིལ་དེ་ཁབ་ལེན་དེ་གཞན་ཞིག་གི་བྱང་སྒྲིལ་གྱི་ཡོད་པ་ཤེས་བྱུང་། ཡིན་ནའང་། སྟོན་སྒྲིལ་གཉིས་པན་ཚུན་ཉེ་འབྲེལ་དུ་འབྱེད་འོང་བ་ན་དེ་གཉིས་པན་ཚུན་ཕྱིར་བཞོག་བྱེད་ཀྱི་ཡོད་པ་ཤེས། བྱང་སྒྲིལ་གཉིས་ཀྱི་གནས་སྤངས་ཀྱང་འདི་ལྟར་ཡིན། དེའི་གོ་དོན་ནི།

སྟོན་པ་ལྟར་པ་ཡིན་ན་པན་ཚུན་ཕྱིར་བཞོག་བྱེད་ཀྱི་ཡོད་པ་དང་། སྟོན་ལྟར་པ་པན་ཚུན་འབྲེལ་གྱི་ཡོད།

---

W. Nater , A. Biner

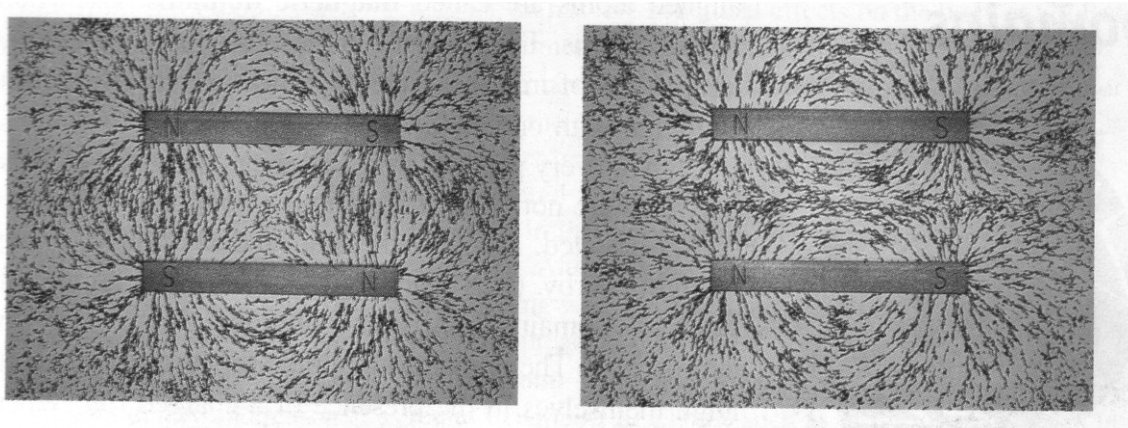


The shape, which is revealed by the filings, is called the **magnetic field**. Where the lines are closer together, the magnetic field is stronger. This means that some iron will be attracted with a bigger force than at places where the lines are wider apart. If we place a small compass anywhere in the field, its poles will line up with the lines of the magnetic field.

ལྷགས་ཕྱི་དེ་དག་གི་དབྱིབས་གཞུགས་གྲུབ་པ་དེ་ལ་ཁབ་ལེན་ཏེ་ཡི་ར་བ་ (Magnetic field) ཟེར། ལྷགས་ཕྱི་དེ་ཐིག་རྩབ་རྩབ་ཡོད་སར་ཁབ་ལེན་ཏེ་ར་བ་འདི་ཤྱགས་ཆེ་བ་ཡོད། རྒྱ་མཚན་དེ་ལ་བརྟེན་ནས་ལྷགས་ཕྱི་ཁ་ཤས་ལྷགས་ཕྱི་དེ་ཐིག་རྩབ་སར་ཡོད་པ་ལས་ཤྱགས་ཆེ་བས་འཐེན་གྱི་ཡོད། གལ་སྲིད་ང་ཚོས་ར་བ་འདི་གནས་གང་དུ་ཕྱོགས་སྟོན་འཁོར་ལོ་ཞིག་བཞག་པ་ཡིན་ན། དེའི་སྒྲུ་ཁབ་ལེན་ཏེ་ར་བ་འདི་ཐིག་ཕྱོགས་སུ་ཁ་བསྐྱར་གྱི་ཡོད།

Here you see the example of the magnetic field of two magnets, put once with attracting poles next to each other, once with repelling poles:

ཁྱེད་ཀྱི་ཁབ་ལེན་ཏེ་གཉིས་ཀྱི་ར་བ་འདི་དཔེ་མཚན་གཟེགས་སམ། འཐེན་རེས་ཡོད་པའི་སྒྲུ་གཉིས་ཉེ་འབྲམ་དུ་འཛོག་པ་དང་ཕྱིར་བཞོག་པའི་སྒྲུ་གཉིས་ཉེ་འབྲམ་དུ་འཛོག་སྟེ་གཟེགས།



Which very popular magnetic field do you already know? And what do we use it for?

ཁྱེད་ཀྱི་གལ་ཆེན་གྱི་ཁབ་ལེན་ཏེ་ར་བ་གང་ཤེས་སམ། དེ་གང་ལ་བེད་སྟོན་ཡོད་དམ།

སྒྲོག་འདུལ་ཁབ་ལེན་རང་ག་ཤིས།

རྒྱལ་ཁྲའ་གནས་སྐྱེད་ཁྲའ་ཡི་རང་བཞིན།

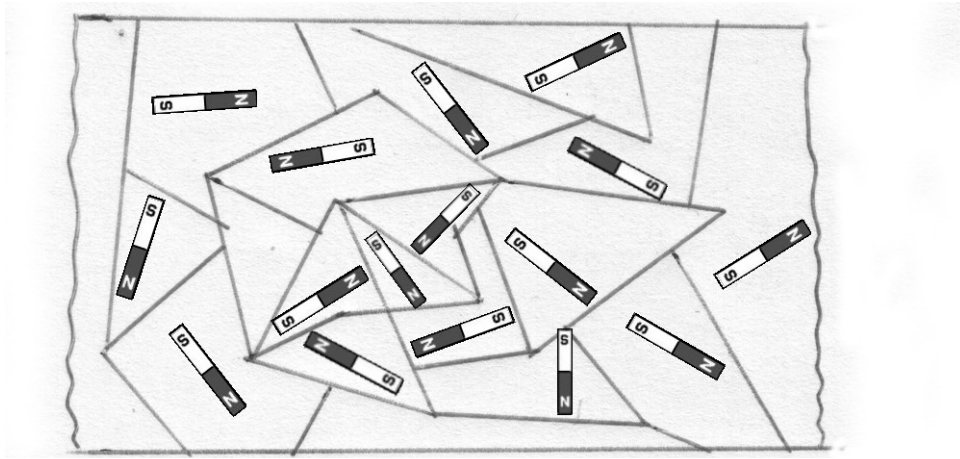
**Magnetic fields are created by charges in motion, either positive or negative ones.**

[illegible]

ང་ཚོས་ཤེས་གསལ་ལྟར་སློབ་གྲྭ་རྒྱ་ནུམ་ཞེས་པ་ནི་མོ་རྩལ་གཤོ་འགྲུལ་ཁྱེད་ལ་ཁན་ཞིག་ལ་ངོས་འཛིན་བྱེད་ཀྱི་ཡོད། དེ་ལྟར་ཡིན་ན། དབུག་བརྒྱུ་པ་  
 ཅན་གྱི་ཁབ་ལེན་དེ་ཡི་སློང་གང་བརྟེན་ཐུབ་བམ། དེ་ཚོ་སློབ་གསལ་ལ་མ་མཐུད་པ་ཡིན་ནའང་ཁབ་ལེན་དེ་ཡི་རང་བཞིན་ཡོད་དོ། དེ་ལྟར་ན་འགྲུལ་  
 བསྐྱོད་ཅན་གྱི་མོ་རྩལ་དག་གང་ཏུ་ཡོད། ཇི་ལ་འདི་ལི་ལན་ཏུ་རྩལ་ཐུན་གྱི་གནས་སྟངས་ཐོག་ནས་འབྲེལ་བརྟེན་བྱེད་ཐུབ། མོ་རྩལ་ནམས་རང་རང་  
 ལྷི་ཚངས་ཐིག་ལ་འཁོར་བསྐྱོད་བྱེད་པ་ལ་ཟད་རྩལ་ཐུན་གྱི་ཕྱེ་རྩལ་ལ་འང་དུས་མཉམ་འཁོར་བསྐྱོད་བྱེད་ཀྱིས་ཡོད། སྤྱིར་བཏང་གི་ཁབ་ལེན་དེ་སལ་  
 ཆར་ཁབ་ལེན་དེ་ཡི་རང་བཞིན་ནི་གཙོ་བོ་མོ་རྩལ་རང་གི་ཚངས་ཐིག་ལ་འཁོར་བསྐྱོད་བྱེད་པ་ལ་བརྟེན་ནས་ཡིན། མོ་རྩལ་རང་གི་ཚངས་ཐིག་ལ་  
 འཁོར་བསྐྱོད་བྱེད་ལ་ཁན་ཡོངས་རྫོགས་ཁབ་ལེན་དེ་རྒྱུར་ཏུ་ཞིག་ཡིན། ཡིན་ནའང་རྒྱ་རྩིས་སལ་ཆེར་མོ་རྩལ་རང་གི་ཚངས་ཐིག་ལ་འཁོར་བསྐྱོད་  
 བྱེད་ཕྱོགས་མི་མཚུངས་པར་བརྟེན་རྒྱ་རྩིས་འགའ་ཞིག་ཁབ་ལེན་དེ་ཡིན། དཔེར་ན། (ཕྱགས་དང་། ཀོ་ཕྱེལ། ཏུང་། དེ་བཞིན་བསྐྱེད་ཕྱགས་  
 ཁ་ཤས་ཅས།)

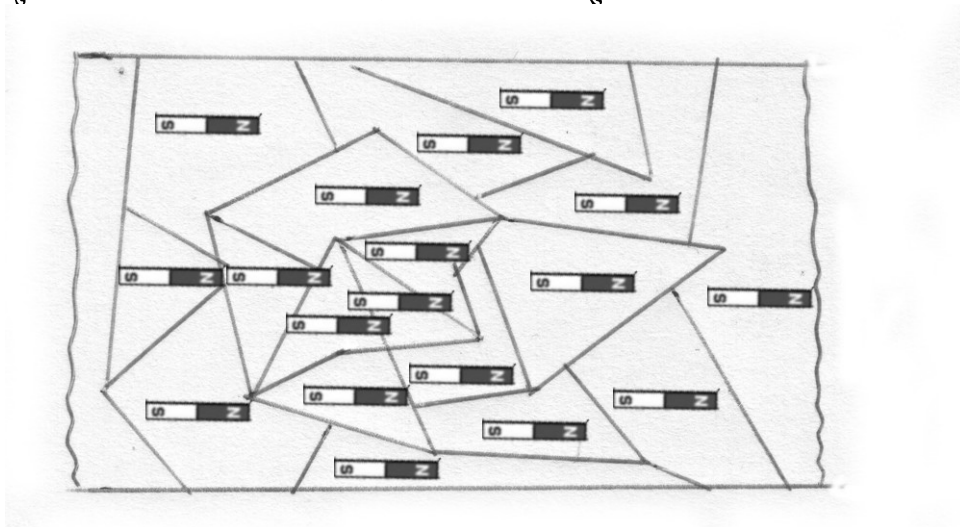
In magnetic materials, billions of atoms will line up with one another. Even if it's billions of atoms, these domains are very small, even microscopic. These domains of aligned atoms are just like microscopic magnets, that's why they're called **magnetic domains**.

ཁབ་ལེན་རྟོ་ཡི་རང་བཞིན་ཡོད་པའི་རྒྱ་རྩ་ཁག་ནང་རྩལ་ཐུན་ཁག་འབྲིག་མང་པོ་གཅིག་འདྲུག་གཅིག་གིས་མཐུང་ནས་ཡོད། རྩལ་ཐུན་ཁག་འབྲིག་མང་པོ་ཡོད་ཀྱང་དེ་དག་གི་ཁབ་ལེན་ཚོས་བྱ་རྣམས་མི་ཏེ་ཅང་སྤངས་མཐོང་དགའ། ཚོས་བྱ་ཅན་གྱི་རྩལ་ཐུན་ཏེ་མྱི་གས་པ་རྣམས་ཁབ་ལེན་རྟོ་སྤོ་མོ་ཞིག་དང་འདྲ། དེར་བརྟེན་དེ་དག་ལ་ཁབ་ལེན་རྟོ་ཡི་ཚོས་བྱ་ (Magnetic domains) ཟེད།



If put into a magnetic field, the magnetic domains will align themselves according to this magnetic field. It's like little compass needles in the earth's magnetic field. If taken out of the field again, they will normally lose this alignment. But if placed into strong magnetic fields they can keep this alignment for a long time, like a bar magnet. Also by a stroking movement of a magnet on an iron piece, the iron piece can be made magnetic for some time. Pieces of iron that keep their magnetic properties are called **permanent magnets**. Dropped or heated, magnets become weaker.

གཤམ་སྤྱིད་ང་ཚོས་ཁབ་ལེན་དོ་ཡི་ར་བ་ཞིག་གི་ནང་བཞག་པ་ཡིན་ན། ཁབ་ལེན་ཚོས་བྱ་ནམས་ཁབ་ལེན་དོ་ཡི་ར་བ་བཞིན་ཏུ་སྒྲིགས་གྱིས་ཡོད། དེ་ཡང་ཕྱོགས་སྟོན་འཁོར་ལོའི་བད་དེ་ས་གཞིའི་ཁབ་ལེན་དོ་ཡི་ར་བ་དང་མཐུན་པར་སྒྲིགས་པ་བཞིན་ཡིན། གཤམ་སྤྱིད་ཁབ་ལེན་དོ་ཡི་ར་བ་ནས་ཕྱིར་འཐེན་པ་ཡིན་ན་དེ་དག་གི་ཁབ་ལེན་ཚོས་བྱ་སྒྲིགས་ཕྱོགས་འཁྲུག་གི་ཡོད། ཡིན་ནའང་། གཤམ་སྤྱིད་ང་ཚོས་དེ་དག་ཁབ་ལེན་ར་བ་བྱགས་ཆེ་ཞིག་གི་ནང་བཞག་པ་ཡིན་ན་དེའི་སྒྲིགས་ཕྱོགས་དབྱུག་བརྒྱུ་ཅན་གྱི་ཁབ་ལེན་དོ་དང་འབྲེལ་བ་ཡུན་རིང་གནས་བྱུང་པ་ཡིན། དེ་བཞིན་ཕྱགས་དབྱུགས་མ་ཞིག་ཡང་ཡང་ཁབ་ལེན་དོ་ལ་བདར་བ་ན་དེར་ཁབ་ལེན་དོ་ཡི་རང་བཞིན་གནས་སྐབས་ཞིག་བསྐྱེད་བྱུང། ཕྱགས་དུམ་འགའ་ཞིག་གིས་ཁབ་ལེན་དོ་ཡི་ཁྱད་ཚོས་སྤུ་མཐུད་ཉར་བྱུང་པ་ནམས་བརྟན་པའི་ཁབ་ལེན་དོ་ (Permanent magnet) ཟེར་གྱི་ཡོད། མར་སྤྱང་བ་དང་རྩོད་ལ་བཞག་པ་ན་ཁབ་ལེན་དོ་ཡི་རང་བཞིན་ཉམས་སྐྱད་འགྲོ་ཡི་ཡོད།



## 2.2. Electric current and magnetic fields

### ཐོག་རྒྱུན་དང་ཁབ་ལེན་དོ་ཡི་ར་བ།

Since a moving charge produces a magnetic field, it follows that a current of charges also produces a magnetic field. We can demonstrate this by placing a compass near to a current-carrying wire. When current is flowing, the compass needle will change its position, it lines up with the magnetic field of the current. We can also show it with iron fillings, that the magnetic field produced by a current-carrying wire has the shape of concentric circles around the wire. When we change the direction of the current, the compass-needle will also turn around and be in opposite position than before. The direction of the magnetic field is changing with the direction of the current in the wire.

This effect was first observed by chance in 1820. Then a Danish science professor named Hans Christian Oersted was doing some demonstration on the electric current in his classroom and he noticed that the needle of a magnetic compass, lying by accident near the current carrying wire, was affected by the current. You see, scientifically discoveries and technical inventions sometimes happen by accident!

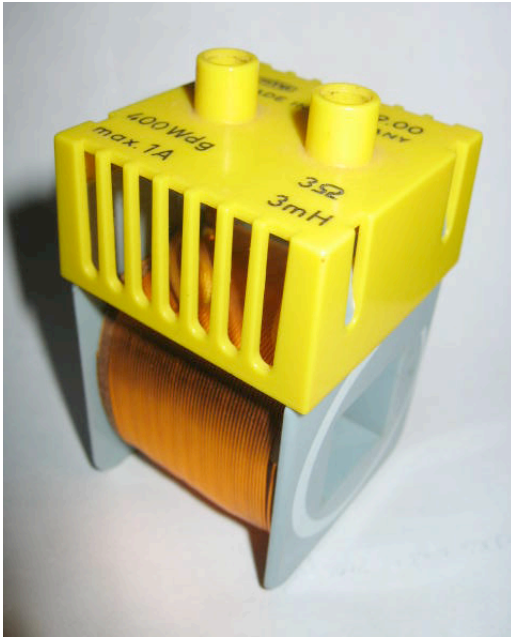
If you bent a current carrying wire to a loop, the magnetic field lines become bunched up inside the loop. If you bent the wire to another loop, overlapping the first, the concentration of magnetic field lines inside the loops is doubled. It follows that the magnetic field intensity in this region is increased as the number of loops is increased. These loops of wire we will call a coil.

ཐོག་ཁུར་འགྲུལ་བསྐྱོད་བྱེད་མཁན་གྱིས་ཁབ་ལེན་དོ་ཡི་ར་བ་བསྐྱུན་གྱི་ཡོད་ན། ཐོག་ཁུར་གྱི་རྒྱུན་ཡོད་པ་ཞིག་གི་ཡང་ཁབ་ལེན་དོ་ཡི་ར་བ་བསྐྱུན་གྱིས་ཡོད། དེ་ད་ཆོས་ཐོག་རྒྱུན་འདེན་མཁན་གྱི་ཐོག་སྒྲུབ་ཞིག་གི་ཉེ་འགམ་དུ་ཕྱགས་སྟོན་འཁོར་ལོ་ཞིག་བཞག་སྟེ་བསྟོན་བྱས་ཀྱི་ཡོད། ཐོག་རྒྱུན་རྒྱགས་བཞིན་པའི་གནས་སྐབས་སུ་ཕྱགས་སྟོན་འཁོར་ལོའི་བདེའི་ཕྱགས་སྟོན་ཕྱགས་ལ་འགྱུར་བ་ཕྱིན་ཏེ་ཐོག་རྒྱུན་གྱི་ཁབ་ལེན་དོ་ཡི་ར་བ་དང་མཐན་པ་རུ་སྒྲིགས་གྱིས་ཡོད། དེ་ད་ཆོས་ཕྱགས་ཕྱེ་གནས་སྐབས་ལ་སྟོན་བྱས། ཐོག་རྒྱུན་འདེན་མཁན་གྱི་ཐོག་སྒྲུབ་མཐའ་སྟོར་ལ་ཁབ་ལེན་དོ་ཡི་ར་བ་ནམས་སྟོར་མའི་དང་ཆགས་གྱིས་ཡོད། གལ་སྲིད་ད་ཆོས་ཐོག་རྒྱུན་རྒྱགས་ཕྱགས་འགྱུར་བ་ན། ཕྱགས་སྟོན་འཁོར་ལོའི་བདེའི་ཁ་ཕྱགས་ལ་འགྱུར་བ་འགྲོ་ཡི་ཡོད། ཐོག་སྒྲུབ་ནང་ཐོག་རྒྱུན་ཁ་ཕྱགས་འགྱུར་བ་བཞིན་ཁབ་ལེན་དོ་ཡི་ར་བའི་ཁ་ཕྱགས་ཀྱང་འགྱུར་གྱི་ཡོད། གནས་སྐབས་འདི་ཐོག་མར་ 1820 ལོར་མཐོང་སྐྱབ་བྱུང་བ་ཞིག་རེད། དེ་ཡང་དེན་མཁའ་ (Denmark) ནས་ཡིན་པའི་ཆན་རིག་པ་ Hans Christian Oersted ཡིས་འདྲིན་གའི་སྟོབ་འབྲིད་གཅིག་གི་སྐབས་སུ་ཐོག་རྒྱུན་གྱིས་དེའི་ཉེ་འགམ་དུ་ལྷུས་པའི་ཁབ་ལེན་ཅན་གྱི་ཕྱགས་སྟོན་འཁོར་ལོར་ཕྱགས་སྟེན་བྱེད་གྱི་ཡོད་པ་ཐོག་མར་ཤེས་ཡོད། དེ་ལྟར་ན། ད་ཆོས་ཕྱགས་གནང་བྱེད་དགོས་པ་ཞིག་ལ་ཆན་རིག་གི་གསར་བཏོད་དང་འཛུགས་བསྐྱུན་དུ་མ་ཞིག་ལམ་འགྲོ་ལས་བྱུང་བར་འདྲོད་ཆོག། གལ་སྲིད་བྱེད་ཀྱིས་ཐོག་རྒྱུན་འདེན་མཁན་གྱི་ཐོག་སྒྲུབ་དེ་བཀྲ་གནས་གྲག་ལུང་ (Loop) བཅོས་པ་ན། ཁབ་ལེན་དོ་ཡི་ར་བའི་ཐིག་ནམས་གྲག་ལུང་དེའི་ནང་དུ་བསྐྱས་གྱིས་ཡོད། ཡང་བསྐྱར་བྱེད་ཀྱི་ཐོག་སྒྲུབ་དེ་བཀྲ་གནས་གྲག་ལུང་གཞན་ཞིག་བཅོས་ཞིང་དེ་ཡང་སྟོན་གྱི་གྲག་ལུང་དེར་བརྟེན་པ་ཡིན་ན། གྲག་ལུང་གི་ནང་དུ་ཡོད་པའི་ཁབ་ལེན་དོ་ཡི་ར་བའི་ཐིག་གི་གངས་ཀྱང་ལྷུ་གཅིག་གི་མང་དུ་འགྲོ་ཡི་ཡོད། དེར་བརྟེན་གྲག་ལུང་གངས་འཁོར་འཕེལ་བ་བཞིན་དེ་ཉིད་ཀྱི་ཁབ་ལེན་དོ་ཡི་ར་བའི་ཕྱགས་ཀྱང་དེ་བཞིན་འཕེལ་གྱིས་ཡོད། དེ་འདྲའི་གྲག་ལུང་ཅན་གྱི་ཐོག་སྒྲུབ་དག་ལ་དགྱིས་སྟོར་ (Coil) ཟེ།



## 2.3. Electromagnet

ལྷོག་ཏེ།



A current carrying coil of wire is an electromagnet. Its strength can be increased by increasing the current through the coil or also by adding more loops to the coil. Another possibility is to put a piece of iron within the coil. Magnetic domains in the iron then will align to the magnetic field of the coil and their field will add to the field of the coil.

ལྷོག་ཏེ་ནི་ལྷོག་ཆུན་འདེན་མཁན་གྱི་ལྷོག་སྒྲིབ་དཀྱིལ་སྒོར་ཞིག་ལ་གོ། དཀྱིལ་སྒོར་ནང་གི་ལྷོག་ཆུན་སྤེལ་བ་དང་དཀྱིལ་སྒོར་གྱི་གྲུག་ལུང་ཕྱོན་པ་སོགས་བྱས་པ་ཡིན་ན། ལྷོག་ཏེ་དེའི་རྒྱས་ཤུགས་སྤེལ་བྱུང་པ་ཡིན། དཀྱིལ་སྒོར་ནང་དུ་ལྷགས་དུམ་བཞག་པ་དེ་ཐངས་ལམ་གཞན་ཞིག་ཆགས་གྱི་ཡོད། དེ་ཡང་ལྷགས་དུམ་དེའི་ཁབ་ལེན་ཆོས་བྱ་ནམས་དཀྱིལ་སྒོར་གྱི་ཁབ་ལེན་དོའི་ར་བ་བཞིན་ཕྱོགས་སྤེལ་བྱེད་པ་དང་དེས་དཀྱིལ་སྒོར་གྱི་ཁབ་ལེན་ར་བའི་ངར་ཤུགས་ཆེ་རུ་གཏོང་གིས་ཡོད།

## 2.4. Magnetic force on moving charged particles

འགྲུལ་བཞིན་པའི་ལྷོག་ཁུར་ཅན་གྱི་རྩལ་གྱི་སྤེང་དུ་ཁབ་ལེན་དོའི་ར་བའི་ཤུགས།

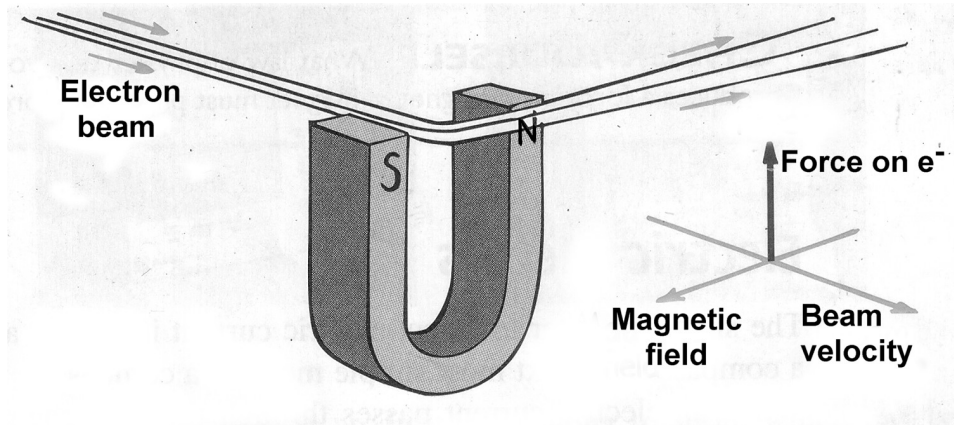
Imagine electric charges in a static magnetic field, first charged particles at rest, then charged particles in motion (beam of electrons, like inside a TV-set). What will happen in those two cases? Is there any difference?

ལྷོག་ཁུར་ཅན་གྱི་རྩལ་འགའ་ཞིག་གསོར་གནས་ཁབ་ལེན་དོའི་ར་བ་ཞིག་གི་ནང་ཐོག་མར་ངལ་གསོའི་གནས་སྒྲིབ་སྤེལ་བ་དང་དེ་ནས་འགྲུལ་བསྐྱོད་(འགྲུལ་བཞིན་པའི་མོ་རྩལ། དཔེར་ན། གཟུགས་མཐོང་རྒྱུང་འཕྲིན་ནང་དུ་ཡོད་པ་བཞིན།) གྱི་གནས་སྒྲིབ་སྤེལ་བ་ཞིག་བསམ་སྒོ་གཏོང། གནས་སྒྲིབ་དེ་གཉིས་ནང་ག་རེ་འབྱུང་གི་ཡོད་དམ། དེ་གཉིས་བར་ལ་ཁྱད་པར་ཅི་ཡོད་དམ། གཞུགས་ལ་ཁབ་ལེན་དོའི་ར་བའི་ཤུགས་གྱི་དཔེ་མཚན་ཁ་གསལ་བསྟན་ཡོད།

So only the charged particles in motion will be interacting with the field. Actually, these particles will experience a deflecting force. This force is growing with bigger charges, bigger magnetic field and bigger velocity of the moving charges. It will be maximal, for a given set of parameters (charge, magnetic field, velocity), if the velocity of the charges and the magnetic field lines are perpendicular ( = right angle = 90°) one to the other. If they make an angle of 0°, that is when they are parallel, the resulting force will be zero. The direction of the force will be perpendicular to both velocity of the charge and magnetic field!

དེ་ཡང་འགྲུལ་བསྐྱོད་ལྷོག་ཁུར་ཅན་གྱི་རྩལ་གྱིས་ཁབ་ལེན་དོའི་ར་བའི་སྤྱན་དུ་འབྲེལ་བ་ཡོང་གི་ཡོད། དེར་བརྟེན་རྩལ་དེ་དག་ལ་ཀྲོག་ཤུགས་གྱི་འཚོར་སྤང་ཞིག་ཡོང་གིས་ཡོད། ལྷོག་ཁུར་ཅན་གྱི་རྩལ་ཀྱང་བསྐྱེད་ཕྱིན་པ་དང་། ཁབ་ལེན་དོའི་ར་བ་ཀྱང་བསྐྱེད་ཕྱིན་པ། དེ་བཞིན་ལྷོག་ཁུར་དེ་དག་གི་

གི་མགྲོགས་ཚད་ཀྱི་བརྒྱུད་ཕྱིན་པ་མོགས་ཀྱི་ཤུགས་ཀྱང་ཆེ་ཏུ་འགྲོ་གིས་ཡོད། ཤུགས་ཆེ་ཤོས་དེ་གནས་སྤངས་གང་ཞིག་ལ་ཡོང་གི་ཡོད་དམ་ཞེ་ན། (སློབ་ཁྲུང་། ཁབ་ལེན་ར་བ། མགྲོགས་ཚད།) གལ་སྲིད་སློབ་ཁྲུང་དེའི་མགྲོགས་ཚད་དང་ཁབ་ལེན་དོའི་ར་བའི་ཐིག་གཉིས་ཕན་ཚུན་བར་ལ་འཕྲང་ཐིག་ཆགས་དགོས་ཀྱི་ཡོད་པ་དེ་ཡིན། (ཟུར་ཁྲུང་ཆེ་ཚད་ ༧༠ ) གལ་སྲིད་དེ་གཉིས་བར་གྱི་ཟུར་ཁྲུང་དེ་མྱད་སྒྲོར་ཡིན་ན། ཐིག་གཉིས་པོ་མཉམ་བཞིབ་ཡིན་པ་དང་དེ་ལ་བརྟེན་པའི་ཤུགས་དེ་ཡང་མྱད་སྒྲོར་ཡིན། ཤུགས་ཀྱི་ཕྱོགས་དེ་ཡང་སློབ་ཁྲུང་གྱི་མགྲོགས་ཚད་ཐིག་དང་ཁབ་ལེན་དོའི་ར་བའི་ཐིག་མོགས་ལ་འཕྲང་ཐིག་དགོས་པ་ཡིན།



Thus, for the case where the moving charges and the magnetic field lines are perpendicular to each other, the magnetic force  $F_M$  is:

དེ་བརྟེན་གལ་སྲིད་འགྲུལ་བསྐྱོད་ཅན་གྱི་སློབ་ཁྲུང་དང་ཁབ་ལེན་དོའི་ར་བའི་ཐིག་གཉིས་ཕན་ཚུན་འཕྲང་ཐིག་ཡིན་ན། དེ་དག་ལ་བརྟེན་པའི་ཤུགས་དེ་འདི་ལྟར་ཏེ།

$$F_M = q \cdot v \cdot B$$

Where:

$Q$  = electric charge measured in Coulomb (C)

$q$  = སློབ་ཁྲུང་།

$v$  = velocity of the charge measured in meter per second (m/s)

$v$  = སློབ་ཁྲུང་གྱི་མགྲོགས་ཚད།

$B$  = magnetic field strength measured in Tesla (T)

$B$  = ཁབ་ལེན་ར་བའི་ཆེ་ཚད།

The unit of the magnetic field strength is T, which is standing for Tesla. It is named after a famous scientist and engineer of Croatia, Nikola Tesla. He was inventing or improving lots of things in the field of generation, transportation and use of electricity around the year 1900. Following you find some examples of magnetic field strengths:

ཁབ་ལེན་དོའི་ར་བའི་ཤུགས་ཆེ་ཚད་གི་ཅི་གཞི་ནི་ Tesla ཡིན་པ་དང་དེའི་མཚན་ཉག་གིས་ T འབྲི་དགོས། ཐ་སྙད་འདི་ནི་ཀོ་རི་ཤི་ཡ་ནས་ཡིན་པའི་ཚན་རིག་པ་ Nikola Tesla ཞེས་པའི་མིང་ནས་བྱུང་བ་ཞིག་ཡིན། ཁོང་གྱི་ལོ་ ༡༩༠༠ ཙམ་ལ་གཙོ་བོ་སློབ་ཁྲོན་བཏོན་བྱས་དང་། འབྲི་མ་འབྲུལ་དེ་བཞིན་སློབ་གི་བེད་སྤྱོད་སོགས་གསར་གཏོད་དང་ཀྱི་བརྒྱུད་སོགས་ཀྱི་ལས་ཀ་བྱེད་ཀྱི་ཡོད།

Object / དངོས་པོ།	magnetic field strenght /ཁབ་ལེན་དོའི་ར་བའི་ཤུགས་ཆེ་ཚད།
Space / བར་སྤང་།	$10^{-10}T - 10^3T$
Earth / གོ་ལ།	$3 \cdot 10^{-5}T$

Horseshoe magnet / ནའི་ཕྱི་གས་ལྷགས་འདྲ་བའི་ཁབ་ལེན་དོ།	0.001T
Magnet resonance imaging / སློག་དཔར་རིགས་ཤིག།	7.2T
Strongest magnetic field created in a laboratory / དབྱུང་ཞིབ་ཁང་ནང་བསྐྱུན་པའི་ཁབ་ལེན་དོའི་ར་བ་ཤུགས་ཆེ་ ཤོས།	45T
Some stars /སྐར་མ་ཁ་ཤས།	$10^6\text{T} - 10^{13}\text{T}$

An example for deflected electron beams can be found in space: Our earth's magnetic field protecting us of cosmic radiation.

སློག་རྩལ་གྱི་རྒྱ་ལམ་འཁྲུག་པའི་དཔེ་མཆོན་བར་སྤང་དུ་མཐོང་རྒྱ་ཡོད། ས་གཞིའི་ཁབ་ལེན་དོའི་ར་བས་ཉི་ཟེར་གནོད་ཅན་ལས་ང་ཚོ་སྤང་སློབ་  
བྱེད་པ་དེ་ཡིན།

## 2.5. Magnetic field of the earth

### ས་གཞིའི་ཁབ་ལེན་དོའི་ར་བ།

The earth itself is a huge magnet. That's why people can orientate themselves geographically with the help of a compass. In fact, the geographical pole and the magnetic pole are not located at the exact same place, but in most geographical latitudes, precision is sufficient. Generally spoken, the nearer to the earth equator you are, the smaller the difference of the north (south) direction shown by a compass to the geographical north (south) will be. This difference is known as the magnetic declination.

སའི་གོ་ལ་རང་ཉིད་ཁབ་ལེན་དོ་ཆེན་པོ་ཞིག་དང་འདྲ། རྒྱ་མཚན་འདི་ལ་བརྟེན་ནས་མི་ཚོས་ཕྱོགས་སྟོན་འཁོར་ལོ་ལོངས་སུ་སྤྱད་དེ་ས་གཞིའི་  
ཕྱོགས་གང་ཡིན་འཆོལ་བྱུང་གྱི་ཡོད། དངོས་ཡོད་གནས་ཚུལ་ལ། ས་བཤད་གྱི་སྒྲེ་དང་ཁབ་ལེན་དོའི་སྒྲེ་གཉིས་དུས་གཅིག་ལ་མཉམ་དུ་མེད་ཀྱང་  
ས་བཤད་གྱི་འཕྲེད་ཐིག་ཡལ་ཆེ་བ་ལ་རོབ་ཅིས་བྱེད་དེ་འབྲས་གྱིས་ཡོད། སྤྱིར་བཏང་བརྗོད་པ་ན། རང་ཉིད་ས་གཞིའི་ཕུ་འབྲུད་གྱི་ཉི་འགམ་དུ་ཡོད་  
དུས། ཕྱོགས་སྟོན་འཁོར་ལོས་སྟོན་པའི་བྱང་ཕྱོད་དང་ས་གཞིའི་བྱང་ཕྱོད་གཉིས་ཀྱི་བྱང་པར་ཡང་རྒྱུད་བ་ཡོད། བྱང་པར་དེ་ལ་དོ་ཁབ་ལེན་གྱི་སྒྲེ་  
འཕྲི་ (magnetic declination) ཟེར་གྱི་ཡོད།

But how and why is the earth behaving in such magnetic manner? Think about and write down how this phenomenon could be explained, using the knowledge of magnetism you have acquired so far.

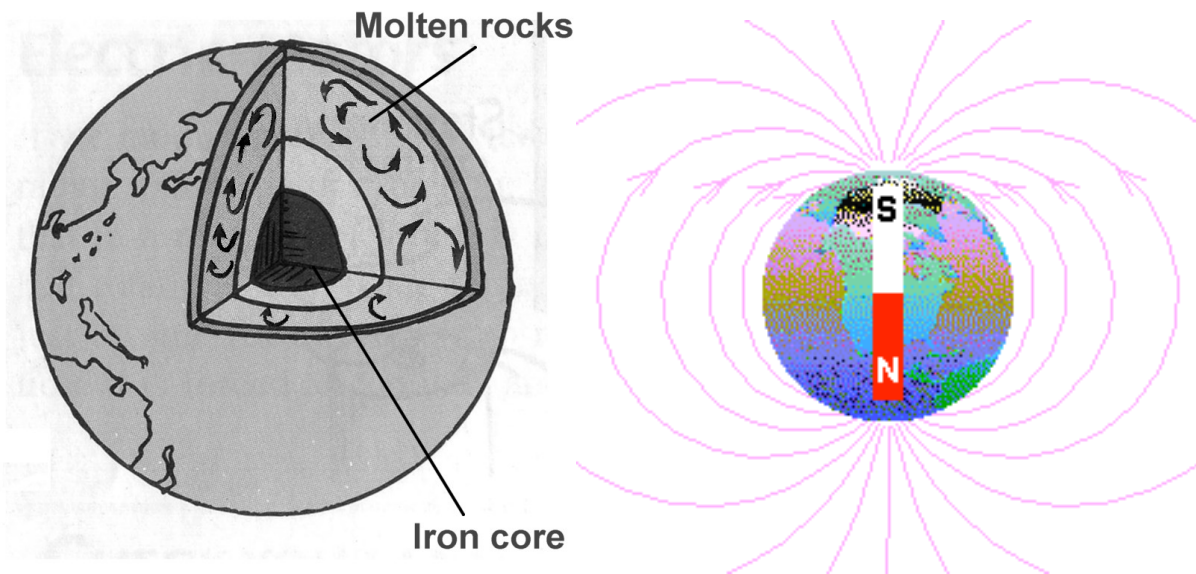
ཡིན་ནའང་། ས་གཞིས་ཁབ་ལེན་ནི་ཁྱད་ཆོས་འདི་ལྟར་སྟོན་པའི་རྒྱ་མཚན་གང་ཡིན་དང་སྟོན་ཚུལ་ནི་ལྟར་ཡིན་ནམ། གནས་ཚུལ་འདི་ལ་  
བསམ་སྟོན་བཏང་དང་ཁབ་ལེན་ནི་རང་བཞིན་གྱི་སྟོན་ཆ་མེད་ཀྱི་ཤེས་བྱ་ནམས་མེད་སྟུང་བྱེད་དེ་ཆོས་ཉིད་འདི་ནི་ལྟར་འབྲེལ་བརྟེན་བྱེད་དམ།

Maybe you just explained yourself how it really is. Because even scientists are not sure about it, they cannot prove the theories they have about the earth magnetic field. Fact is, that the earth's magnetic field has the same shape like if there would be a huge bar magnet at the center of the earth. It is interesting, but logical that the geographical North pole corresponds with the magnetical south pole and vice versa. This is because the magnetic pole of the bar magnet that is pointing North was called North Pole of the magnet. But we know, that unlike poles attract, that means that the north pole of the bar magnet must be attracted by the magnetic south pole of the earth!

What most earth scientists think is that moving charges looping around within the molten part of the earth create the magnetic field. Some speculate that the electric currents are the result of convection currents (molten rocks that flow like a very viscous fluid) inside the earth generated by the heat rising from its central core. Combined with the rotational effects of the earth there would be a lot of charges in motion to produce the earth magnetic field.

ཁྱེད་ཀྱི་དེ་ནི་ལྟར་ཡོད་མེད་འབྲེལ་བརྟེན་བྱེད་ཡོད་སྟེ། ཚན་རིག་པ་ཚོ་ཡང་དེའི་ཐོག་གསལ་པོ་ཤེས་ཀྱིས་མེད་དེ། ཁོང་ཚོས་ས་གཞིའི་ཁབ་  
ལེན་ནི་ར་བའི་སྟོར་བརྟེན་པ་བཞིན་བདེན་པ་ཁྱེད་སྟེ་ཐུབ་མེད། དངོས་ཡོད་གནས་ཚུལ་ཞིག་ལ་སའི་གོ་ལའི་ཁབ་ལེན་ར་བ་ནི་  
གོ་ལ་རང་གི་དབྱས་སུ་ཁབ་ལེན་ནི་ཆེན་པོ་ཞིག་ཡོད་པའི་དབང་དུ་བཏང་ན། དེའི་ར་བ་ནི་ལྟར་ཆགས་པ་བཞིན་དེ་ལྟར་ཡོད་པ་བརྟེན་གྱི་ཡོད།  
ཡིན་ནའང་ཡ་མཚན་ཞིག་ལ་ས་བཤད་ཀྱི་བྱང་སྟེ་ཁབ་ལེན་ནི་སྟོ་ལ་འཁེལ་བ་དང་ས་བཤད་ཀྱི་སྟོ་ཁབ་ལེན་ནི་བྱང་ལ་འཁེལ་གྱི་ཡོད། དེ་ནི་  
དབྱུག་རྒྱུ་ཅན་གྱི་ཁབ་ལེན་ནི་བྱང་སྟེ་ནི་རང་ཉིད་ཀྱི་སྟེ་བྱང་ཕྱོགས་སུ་བསྐྱོད་པ་བཅི་ཡི་ཡོད་པའི་རྒྱ་མཚན་གྱི་ཡིན། ཡིན་ནའང་། ང་ཚོས་  
ཤེས་གསལ་སྟེ་མཐུན་པ་གཉིས་ཏྲག་དུ་སྟོན་རེས་ཡོད། དེར་བརྟེན་ས་བཤད་ཀྱི་བྱང་སྟེ་དེ་ཁབ་ལེན་ནི་སྟོ་སྟེ་ལ་འཁེལ་གྱི་ཡོད་པ་གསལ།  
ཡིན་ནའང་ཚན་རིག་པ་པལ་ཆེ་བའི་བསམ་ཚུལ་གཅིག་མཐུན་ལ་ས་གཞི་ལ་ཁབ་ལེན་ནི་ར་བ་ཡོད་པའི་རྒྱ་མཚན་ནི་སྟོན་ཁྱེད་ཀྱི་འགྲུལ་བསྐྱོད་ཅན་  
ནམས་གོ་ལའི་དོན་ཞུགས་ཀྱི་ཆ་ཤས་སུ་འགྲུལ་བའི་རྒྱུ་བྱེད་པར་འདོད། ཡང་འགྲུལ་ཤས་ཀྱིས་དེ་ནམས་ཚད་དོན་སྟོན་རྒྱུན་( convection  
currents ) གོ་ལའི་དཀྱིལ་ཁོག་ནས་ཐོན་པའི་དོན་དེའི་ཤུགས་རྒྱུན་དང་། གོ་ལ་རང་སྟོར་བྱེད་པ་དེ་གཉིས་ལས་གྲུབ་པའི་བསམ་ཚུལ་ཡང་  
ཡོད།





Another interesting fact is the instability of the earth's magnetic field. Of course we're not talking of changes that occur from one day to another, but 700'000 years ago, there was even a reversal of the north and the south pole, after the magnetic field had become more and more weak. So where now is north, was south before and vice versa. Such reversals occur irregularly about every 500'000 years. How do we know this? Have there already been any scientists at that time? Of course not! But in solidificated sediments in the sea or stones build by solidificated lava of volcanoes on land, there are some little amounts of iron. When the lava is hot, there is no magnetic alignment of the iron particles. But while the lava is cooling down, there is some of this iron which will align with the momentary magnetic field of the earth. Now if scientists can determine the age of the stones or sediments, means how long ago they solidified, they will know about the direction and strength of the earth's magnetic field at that time.

But fortunately the earth's magnetic field is stable at the moment. Because it deflects most of cosmic rays (charged particles, which are harmful to any living) coming from outer space or from the sun.

གོ་ལའི་ཁབ་ལེན་དོ་ཡི་རང་བཞིན་བརྟན་པོ་མེད་པ་དེ་ནི་བྱད་པར་ཅན་གྱི་དངོས་འབྲེལ་གཞན་ཞིག་ཡིན། གང་ལྟར་ཡང་ནི་མ་གཅིག་གཉིས་ཀྱི་  
འགྱུར་བའི་སྒོར་བརྗོད་ཀྱི་མེད་ལ། ཡིན་ནའང་ཁབ་ལེན་དོ་ཡི་རང་བའི་མ་གྱིས་ནམས་པར་བརྟན་མི་ལོ་བྱེ་བ་བདུན་ཙམ་གོང་ལ་སྒོ་བྱང་གི་སྒྲི་ཡང་  
བརྗོད་འགྱུར་བྱུང་ཡོད། ད་ལྟ་བྱང་ཕྱོགས་ཡིན་པ་དེ་སྔོན་མ་སྒོ་ཕྱོགས་ཡིན་པ་དང་གོ་རིམ་སྒོ་གྲང་སྤྱོད། ཟླ་པ་བརྟན་པ་མེད་པའི་བརྗོད་འགྱུར་  
དེ་མི་ལོ་བྱེ་བ་ལྷ་རེ་ནང་བྱུང་གིས་ཡོད། འདི་ང་ཚོས་ཇི་ལྟར་ཤེས་སམ། དེ་དུས་ཚན་རིག་པ་ཡོད་མེད་བརྗོད་བྱུང་བམ། ཚན་རིག་མེད་པ་གསལ་  
པོ་ཡིན། ཡིན་ནའང་རྒྱ་མཚོའི་འོག་དུ་སྒྲིགས་བསགས་ཅན་གྱི་བྲག་རྩོད་དང་ས་སྒྲིང་མེ་རི་ལས་བྱུང་བའི་རྩོན་མཁྲིགས་འགྱུར་ནམས་ཀྱི་ནང་དུ་  
སྒྲིགས་རྒྱས་ཏུ་གསལ་ཡོད། མི་རི་ལས་བྱུང་བའི་རྩོན་མཁྲིགས་དག་ཚལ་ཡོད་དུས་སྒྲིགས་རྒྱུ་ནམས་ཁབ་ལེན་དོ་ཡི་ཕྱོགས་སྒྲིལ་བྱེད་ཀྱི་མེད་ཀྱང་།  
ཡིན་ནའང་རྩོན་མཁྲིགས་དག་གང་མོར་འགྱུར་དུས་སྒྲིགས་རྒྱུ་ལ་འགའ་ཞིག་གོ་ལའི་ཁབ་ལེན་དོ་ཡི་རང་བའི་ལྟར་ཡོད་པ་བཞིན་ཕྱོགས་སྒྲིལ་བྱེད་ཀྱིས་  
ཡོད། གལ་སྲིད་ཚན་རིག་པ་ཚོས་བྲག་རྩོད་དང་སྒྲིགས་བསགས་དེ་དག་གི་ལོ་ཇི་ཙམ་ཡིན་པ་ཤེས་བྱུང་པའམ་དེ་དག་མཁྲིགས་པོར་གྲུས་འགྱུར་བ་  
ཤེས་བྱུང་པ་ཡིན་ན། ཁོང་ཚོས་དེའི་དུས་ཀྱི་ཁབ་ལེན་དོ་ཡི་རང་བའི་ཕྱོགས་དང་ཤུགས་ཆེ་ཆུང་ཤེས་བྱུང་གིས་ཡོད།  
གནས་ཚུལ་ལེགས་པ་ཞིག་ལ་ད་ལྟ་གོ་ལའི་ཁབ་ལེན་དོ་ཡི་རང་བའི་བརྟན་པོ་ཡོད། རྒྱ་མཚན་འདི་ལ་བརྟན་ནས་བར་སྐྱང་བྱི་མའི་འོད་ཟེར་ནོང་ར་  
ཅན་(སློག་ཆགས་ལ་གཞོད་ཆབ་ཆེ་བའི་སློག་ཁུར་ཅན་གྱི་དུལ།) ནམས་ལམ་གྲོག་པར་བྱེད་དེ་གོ་ལའི་ས་ངོས་འབྱོར་བར་བཀག་འགོག་བྱེད་ཀྱི་  
ཡོད།

Explain why cosmic rays are deflected by the earth's magnetic field.

གོ་ལའི་ཁབ་ལེན་དོ་ཡི་ར་བས་འོད་ཟེར་རྫོང་ར་ཅན་ནམས་ཅི་ཕྱིར་ལམ་གྱི་ག་གི་ཡོད་པ་འབྲེལ་བཞིན་གྱི་དེ།

Is the deflection the same on any place on earth? If not, explain why!

གོ་ལའི་ཕྱོགས་ཡོངས་ལ་འོད་ཟེར་གྱི་ག་སྒངས་མཚུངས་ཀྱི་ཡོད་དམ། ག་ལ་སྤིང་མེད་ན། རྒྱ་མཚན་འབྲེལ་བཞིན་གནད་རོགས།

## 2.6. Biomagnetism

ཕྱི་དངོས་ཀྱི་ཁབ་ལེན་རང་བཞིན།

There are even organisms which are making use of the earth's magnetic field. Certain bacteria biologically produce grains of magnetite (iron containing mineral,  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ) that they string together to form internal compasses. With the help of this sense of direction the bacteria are able to locate food supplies.

Also pigeons have been found to have magnetite magnets in their skulls what are connected with a large number of nerves to the pigeon brain. Like this, they can discern longitudinal directions and also latitude.

Magnetic material has also been found in some bees, wasps, butterflies, sea turtles and fish.

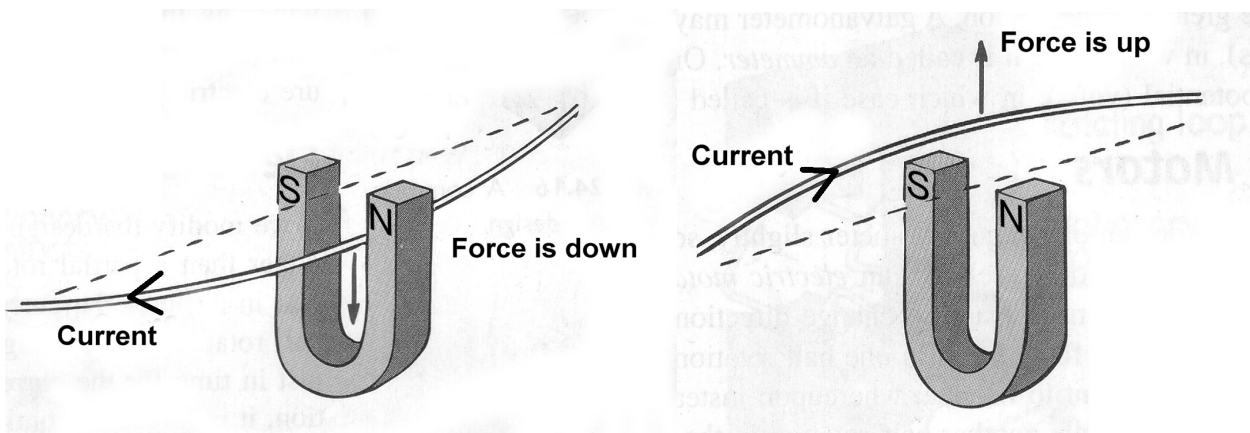
གོ་ལའི་ཁབ་ལེན་དོ་ཡི་ར་བ་འོངས་སུ་སྤྱོད་པ་ཁན་གྱི་སྒོ་ག་ཆགས་ཀྱང་ཡོད། སྤྱི་ནི་འགའ་ཤས་ཀྱིས་སྤྱོད་གོས་ཐོག་དོ་ཁབ་ལེན་ ( magnetite ) ལྷགས་རྩལ་ལྷན་པའི་གཏེར་རྒྱས་) སྤྱོད་པ་ལོ་འབྲུབ་ཀྱི་ཡོད་པས་དེ་ནམས་འདུས་ཤིང་ནང་ཁུལ་གྱི་ཕྱོགས་སྟོན་འཁོར་ལོ་ཞིག་འབྲུབ་ཀྱི་ཡོད། སྤྱི་ནི་ཆོས་རང་གི་ཕྱོགས་སྟོན་བྱུང་པའི་འཆོར་ཤེས་དེ་བེད་སྤྱོད་བྱེད་དེ་རང་ལ་མཁོ་བའི་ཟས་བཅུད་འཆོལ་གྱིས་ཡོད། དེ་བཞིན་འང་གུའི་ཀ་པ་ལའི་ནང་དུ་ཡོད་པའི་ཁབ་ལེན་དོ་སྤྱོད་ནམས་དེ་དག་གི་ཁྱད་པའི་ནང་གི་ཁྲག་ཅ་སྤྱོད་ལ་མཐུད་འབྲེལ་བྱེད་ཡོད། དེ་བཞིན་དེ་དག་གི་གོ་ལའི་འཕྲེད་ཐིག་དང་དཀྱིས་ཐིག་སོགས་ཕྱོགས་ནམས་ལེགས་པར་ཆོར་བྱུང་གྱི་ཡོད། སྤྱང་བྱ་དང་བྱ་མ་ལེག། ཕོ་དོང་མ། རྒྱ་མཚོའི་རུས་སྤུལ། ཉ་སོགས་ལ་ཡང་ཁབ་ལེན་གྱི་རྒྱ་རྒྱས་ཡོད་པ་ཤེས་སོ།

## 2.7. Magnetic force on current-carrying wires

ཐོག་རྒྱན་འདིན་མཁན་ཐོག་སྒྲིབ་སྤྲོད་ཁབ་ལེན་ནི་ཡི་བྱ་གས།

We know now that moving electrical charges are influenced by magnetic fields. If we consider an electric wire with an electric current we also have moving electrical charges inside that wire. So, put in a magnetic field, there will be force acting on The electric current and because this current, means these moving charges are bound to the electric wire, the force will be applied on the wire. There again, this force will be perpendicular to both the magnetic field lines and the direction of the velocity of the moving charged particles, the electric current. Changing the direction of the current will change the direction of the resulting force.

འགྲུལ་བཞིན་པའི་ཐོག་ཁྲར་ལ་ཁབ་ལེན་ནི་ཡི་ར་བས་རྒྱན་བྱེད་གྱི་ཡོད་པ་ད་ཆོས་ཤེས་གྱི་ཡོད། ཐོག་རྒྱན་འདིན་མཁན་གྱི་ཐོག་སྒྲིབ་ཞིག་ལ་ཆ་བཞག་ན་དེའི་ནང་དུ་ཐོག་ཁྲར་འགྲུལ་བསྐྱོད་བྱེད་གྱི་ཡོད། གལ་སྲིད་དེ་ཁབ་ལེན་ནི་ཡི་ར་བ་ཞིག་གི་ནང་དུ་བཞག་པ་ཡིན་ན། ཐོག་རྒྱན་དེ་ལ་བྱ་གས་ཞིག་ཆོར་བ་དང་ཐོག་རྒྱན་ཞེས་པ་དེ་འདྲ་ཐོག་ཁྲར་འགྲུལ་བསྐྱོད་བྱེད་མཁན་ནམས་ཡིན་པ་དང་དེ་དག་ཐོག་སྒྲིབ་ནང་དུ་བརྒྱུད་ཡོད་པར་བརྟེན་བྱ་གས་དེ་ཡིས་ཐོག་སྒྲིབ་དེ་འཕུལ་གྱིས་ཡོད། དེ་ཡང་བྱ་གས་དེ་ཡིས་ཁབ་ལེན་ར་བའི་ཐིག་དང་ཐོག་ཁྲར་རྒྱགས་ཕྱོགས་བཅས་ལ་འཕྱར་ཐིག་བཟོ་ཡིས་ཡོད། ཐོག་རྒྱན་གྱི་རྒྱགས་ཕྱོགས་འགྱུར་བ་བཞིན་དེ་ལ་བརྟེན་པའི་བྱ་གས་གྱི་ཕྱོགས་ཀྱང་འགྱུར་གྱི་ཡོད།



Why is this change of the direction happening?

ཕྱོགས་དེ་འགྱུར་དགོས་དོན་གང་ཡིན་ནམ།

---



---

Do you know any other phenomenon comparable to this?

དེ་དང་མཐུན་པའི་གྲུབ་དོན་གཞན་ཁྱེད་གྱི་ཤེས་སམ།

---



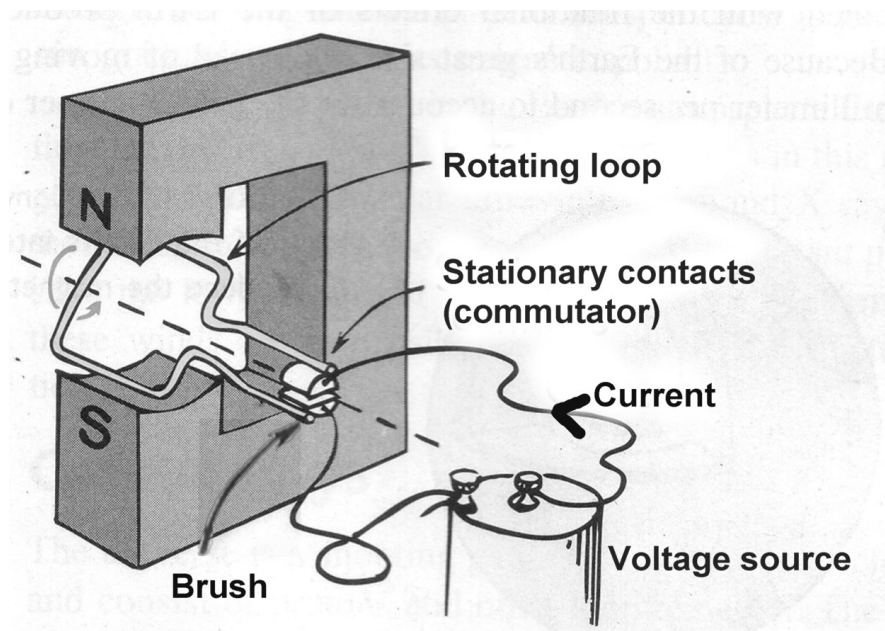
---

## 2.8. Electric motors

### སྒྲོག་གི་མོ་འོར།

So a current carrying wire experiences a force in a magnetic field. This force is used in a technical application: the electric motor.

ཁབ་ལེན་ནིའི་ར་བའི་ནང་དུ་ཡོད་པའི་སྒྲོག་སྒྱུད་དེས་ཤུགས་ཞིག་ཚོར་གྱིས་ཡོད། ཤུགས་དེ་ཆེད་ལས་སུ་བེད་སྤྱོད་ཡོད། སྒྲོག་གི་མོ་འོར།



On the picture you see the simplified principle of an electric motor. The permanent magnet produces a magnetic field. A rectangular loop is turning about the axis which is drawn with a dashed line. The wire is connected to a voltage source (e.g. a battery), so a current will flow through the wire. This current has one direction in the upper part of the wire, and the opposite direction in the lower part of the wire (compared to the magnetic field). This means we have current carrying wires in a magnetic field. In the previous chapter we have seen that there will be a force attacking the wire. If the upper side of the wire is forced to the left, the lower side will be forced to the other direction, the right. This is because the current is flowing in the opposite direction (compared to the magnetic field) in the lower part of the wire. The result of these forces is a turning motion of the rectangular wire loop. This motion would last until the loop would reach a horizontal position. There the forces on the wire would give no more contribution on the rotational motion. The force on the part of the loop which was up before would act in one direction, the force on the part which was down would act in the other direction. The loop would stop its movement.

That's why we will not supply the loop with current when it's near its horizontal position! You see that the stationary contact on the picture is interrupted at its horizontal position. Because of the inertia of the loop, it will continue turning until there will be contact to the power supply again. But, compared to the loop, we switched the polarity of the voltage source. That's why, again compared to the loop, the current will flow in the other direction. But compared to the magnet, the current in the part of the wire which is up now, has the same direction. According to the forces experienced by a current carrying wire, the force will act in the same direction as before. Thus, the rotation continues in the same direction as well. The same for the part of the wire which is down now. And the electric motor keeps on turning.



བྱེད་ཀྱི་དཔེ་རིས་འདི་ནི་ནང་ཆོག་གི་མོ་ཏར་གྱི་ངེས་སྟོན་ལོ་ལོ་མཐའ་མཐོང་གྱུ་ལ། རྟོག་པའི་ནང་ལོ་ལོ་མཐའ་མཐོང་གི་ར་བ་འབྱུང་གྱི་ཡོད། གྲུག་ལུང་གྲུབ་བཞིན་པའི་ཞིག་རྒྱན་ཆད་ཀྱི་ཆངས་ཐིག་ཞིག་ལ་སྒྲོར་ཡོད། ཆོག་སྒྲུབ་དེ་ཆོག་ཤུགས་ཀྱི་འབྱུང་ཁུངས་ཞིག་ལ་མཐུད་ཡོད། (དཔེར་ན། ཆོག་རྩམ།) དེར་བརྟེན་ཆོག་སྒྲུབ་དེས་ཆོག་རྒྱན་འདྲིན་གྱིས་ཡོད། ཆིང་གི་ཆོག་སྒྲུབ་ནང་དུ་ཆོག་རྒྱན་ཁ་ཕྱེགས་གཅིག་དུ་རྒྱགས་པ་དང་འོག་དུ་ཡོད་པའི་ཆོག་སྒྲུབ་ནང་དུ་ཆོག་རྒྱན་ཁ་ཕྱེགས་ཕྱོག་ཕྱེ་རྒྱགས་ཀྱི་ཡོད། (དེ་ཡང་ཁབ་ལེན་དོའི་ར་བ་གཞི་བཞག་ཐོག་) དེ་ལྟར་ན་ཁབ་ལེན་དོའི་ར་བ་ཞིག་གི་ནང་དུ་ཆོག་རྒྱན་འདྲིན་མཐའ་གྱི་ཆོག་སྒྲུབ་ནམས་ཡོད། བོང་གི་སྒྲོབ་ཆེན་ནང་དུ་ཆོག་སྒྲུབ་ལ་ཤུགས་རྒྱུན་བྱེད་མཐའ་གྱི་ཤུགས་ཞིག་ཡོད་པ་ཤེས་ཡོད། གལ་སྲིད་ཆིང་གི་ཆོག་སྒྲུབ་དེ་གཡོན་ཕྱོགས་སུ་ཤུགས་རྒྱུན་འབྱེད་པ་ཡིན་ན་འོག་གི་ཆོག་སྒྲུབ་དེ་ཕྱོག་ཕྱོགས་སུ་ཤུགས་རྒྱུན་འབྱེད་ཀྱི་ཡོད། དེ་གང་ཡིན་ཞེ་ན། ཁབ་ལེན་ར་བ་གཞི་བཞག་ཐོག་འོག་གི་ཆོག་སྒྲུབ་ནང་དུ་ཆོག་རྒྱན་ཕྱོག་ཕྱོགས་སུ་རྒྱགས་ཀྱི་ཡོད། ཤུགས་དེ་ཆོའི་འབྲས་བུར་ཆོག་སྒྲུབ་གྲུག་ལུང་ནར་མོ་དེ་འཁོར་བསྐྱོད་ཀྱི་གནས་སྤངས་སུ་འགྱུར་གྱི་ཡོད། གྲུག་ལུང་དེ་ཐད་ཀར་གྱི་གནས་སྤངས་སུ་མ་སྒྲིབས་བར་འཁོར་བསྐྱོད་བྱེད་བཞིན་གནས་ཀྱི་ཡོད། གནས་སྤངས་དེར་ཤུགས་ཀྱི་དམིགས་བསལ་གྱི་འཁོར་བསྐྱོད་བྱེད་པ་ལ་ཤུགས་རྒྱུན་མེད། ཤུགས་དེས་གྲུག་ལུང་གོང་དུ་སྤྲོད་པ་ཡོད་པ་དེ་ཕྱོགས་གཅིག་དུ་གཡོ་བ་དང་ཤུགས་གཞན་དེས་གྲུག་ལུང་གོང་དུ་འོག་ལ་ཡོད་པ་དེ་ཕྱོགས་གཞན་དུ་གཡོ་ཡི་ཡོད། དེར་བརྟེན་གྲུག་ལུང་གི་འགྲུལ་བསྐྱོད་མཆོམས་འདྲིན་གྱི་ཡོད།

དེར་བརྟེན་གྲུག་ལུང་ཐད་ཀར་གནས་སྤངས་སུ་འགྱུར་ཆེད་ཆོས་དེ་ལ་ཆོག་རྒྱན་མཁོ་སྤྱོད་བྱེད་ཀྱི་མེད། ང་ཆོས་དཔེ་རིས་སྤྲོད་དུ་གཞིགས་པ་བཞིན་གསེར་གནས་བྱུག་མཆོམས་དེ་ཐད་ཀར་གནས་སྤངས་སྒྲིབས་སུ་ཅ་བརྒྱག་དུ་འགྲོ་གི་ཡོད། རེས་གཞིས་ཡོད་པ་ལ་བརྟེན་ནས་གྲུག་ལུང་སྒྲར་ཡང་ཆོག་རྒྱན་དང་མ་འཕྲད་བར་སུ་མཐུད་འཁོར་བསྐྱོད་བྱེད་ཀྱི་ཡོད། ཡིན་ནའང་གྲུག་ལུང་གཞིར་བཞག་པ་ཆོས་ཆོག་ཤུགས་འབྱུང་ཁུངས་ཀྱི་སྒྲེ་ལ་འགྱུར་བ་བྱུང་པ་ཡིན། དེར་བརྟེན་གྲུག་ལུང་གཞིར་བཞག་ཆོག་རྒྱན་གྱི་རྒྱགས་ཕྱོགས་འགྱུར་གྱི་ཡོད། ཡིན་ན་ཡང་ཁབ་ལེན་དོའི་གཞིར་བཞག་སྤྲོད་གི་ཆོག་སྒྲུབ་ནང་དུ་གི་ཆོག་རྒྱན་རྒྱགས་ཕྱོགས་ལ་འགྱུར་བ་མེད། ཆོག་རྒྱན་འདྲིན་མཐའ་གྱི་ཆོག་སྒྲུབ་དེས་ཤུགས་རྒྱུན་འཁོར་བ་བཞིན་ཤུགས་ཀྱི་ཁ་ཕྱེགས་སུ་རྒྱར་གནས་ཀྱི་ཡོད། དེར་བརྟེན་འཁོར་བསྐྱོད་ཀྱི་གནས་སྤངས་ཀྱང་ཁ་ཕྱེགས་དེ་རང་ལ་གནས་ཀྱི་ཡོད། གནས་སྤངས་དེ་ཆོག་སྒྲུབ་འོག་མ་དེ་ལ་ཡང་དེ་བཞིན་ཡིན། དེ་འདྲ་སོང་ཅང་ཆོག་གི་མོ་ཏར་དེ་ཉིད་བརྟེན་དུ་འཁོར་བྱུང་གྱི་ཡོད།

Which are the four reasons that keep this motor turning?

ཆོག་གི་མོ་ཏར་སུ་མཐུད་འཁོར་བསྐྱོད་བྱེད་བྱུང་པའི་རྒྱ་མཆོན་བཞི་གང་དང་གང་ཡིན་ནམ།

## 2.9. Electromagnetic induction

### ཆོག་དོའི་སྒྲོག་བསྐྱོད།

In the previous chapters, we have seen how electric current and other moving electric charges are influenced by magnetic fields. Thanks to these discoveries, it was possible to transform electric energy back into mechanical energy by means of motors. Around 1830, Michael Faraday in England and Joseph Henry in the USA both found out, that an electric current even could be produced by a magnetic field. This was a big discovery which changed the world in the following years. Because this discovery made it possible to convert energy of windmills, water turbines, Steam-electric plants and so on into electric energy, which is quite easy to transport to places far away from the production places of those energies.

ཆོག་ཆེན་སྤྲོད་མར་པ་ཆོས་ཁབ་ལེན་དོའི་ར་བས་ཆོག་རྒྱན་དང་དེ་མིན་ཆོག་ཁུར་འགྲུལ་བསྐྱོད་ཅན་ནམས་ཤུགས་རྒྱུན་རྒྱུ་ཡོད་པ་གཞིགས་ཡོད། གསར་བརྟེན་དེ་དག་ལ་ཤུགས་རྒྱུ་ཆེ་བཞུ་དགོས་ངེས་ཏེ། ང་ཆ་མོ་ཏར་བེད་སྤྱོད་བྱེད་དེ་ཆོག་གི་རྒྱས་ཤུགས་འཕུལ་ཆའི་རྒྱས་ཤུགས་སུ་འཕྲོ་བསྐྱུར་བྱེད་བྱུང་གྱི་ཡོད། ཕྱི་ལོ་ 1830 ཅམ་ལ་དབྱིན་ཇི་བ་མ་ཁེ་ལ་ཡར་ཏེ་དང་ཨ་རི་བཛོ་སེབ་ཏིན་རི་གཉིས་ཀས་ཁབ་ལེན་དོའི་ར་བས་ཀྱང་ཆོག་

Moving magnet in and out of coil

Voltmeter

ཕར་ཏེ་དང་ཉེན་མི་གཉིས་ཀས་མོ་ག་སྐྱད་ཀྱི་དཀྱིས་སྐོར་ཞིག་གི་ནང་དུ་ཁ་བ་ལེན་ནི་  
 ཞིག་ནང་ལྷགས་སྤེར་འཐེན་ཁྱེད་པ་ན་མོ་ག་སྐྱད་དེ་འེ་སྤེར་དུ་མོ་ག་སྐྱད་པ་སྐྱན་ལྷུང་པ་  
 གསར་གཏོད་བྱས། རྒྱལ་མོ་མོ་ག་སྐྱད་དང་མོ་ག་སྐྱད་ཀྱི་འཕྲུང་ཁྱེད་ས་གང་  
 ལ་འདར་འཐེན་མི་དགོས་པ་ཡིན།

ཁོང་ཚོས་ཤེས་རྟོགས་ཞིག་ལ་སློབ་ཤུགས་དེ་འཛིན་སློབ་སྦྱང་དང་ཁབ་མེན་རྟོ་འི་ར་འའི་དབར་རྟེན་འབྲེལ་གྱི་འགྲུལ་བསྐྱོད་ལས་འབྱེད་པ་ཞིག་ཤིང་།  
ར་ཚོ་འི་ཤེས་གསལ་ལ་སློབ་ཤུགས་གྱི་འཕྲུང་ཁྲུང་ཞིག་ལ་ཤེས་རྟོག་པར་ན་སློབ་འགོག་གཞན་ཞིག་མ་སྤྱད་པ་ན་སློབ་ལས་དེར་སློབ་སྦྱང་དང་སྤྱན་  
པ་འབྱུང་། འདྲིར་འགྲུག་མ་ཟུག་འའི་རྟེན་འབྲེལ་གྱི་འགྲུལ་བསྐྱོད་ཞེས་པ་དེ་ཁབ་མེན་རྟོ་དང་སློབ་སྦྱང་པར་ན་དེ་གཉིས་ཀ་འགྲུལ་བསྐྱོད་གྱི་གནས་  
ལྟར་ཞིག་ལ་ཟེར། དངོས་འབྲེལ་འུས་ན་ཁབ་མེན་རྟོ་འི་ར་འབྲུར་པ་འཛིན་སློབ་ཤུགས་འབྱེད་པ་ཡིན།

These points are summarized in Faraday's law, which states:

མཛོག་རྒྱུད་ཀྱི་དཀྱིལ་རྫོང་ནི་ཅམ་ཡོད་པ་དེ་བཞིན་མཛོག་ལྷུག་ཀྱི་འཕྱུར་བྱང་མ་བཟླེད་སྒྲུབ་པ་ཡིན། ལུག་ལྷུང་སྒྲུབ་གཉིས་ཅམ་མང་པ་ཡོད་པ་ནི་  
ནང་དུ་མཛོག་ལྷུག་ཀྱང་སྒྲུབ་གཉིས་ཀྱི་མང་པ་ཡོད། ལུག་ལྷུང་སྒྲུབ་གསུམ་ཅམ་མང་པ་ཡོད་པ་ནི་མཛོག་རྒྱུད་ནང་དུ་མཛོག་ལྷུག་གྱང་སྒྲུབ་གསུམ་  
ཀྱི་མང་པ་ཡོད་པ་བཅས་ཟེ། མཛོག་རྒྱུད་དཀྱིལ་རྫོང་གི་ཁབ་ཡེན་ར་བ་རྗེ་མང་པ་དང་པས་མཛོག་ལྷུག་མ་བཟླེད་པ་ནི་གསུམ་པ་མ་དེ་ལ་མཛོག་རྩ་ལི་  
མཛོག་མ་བཟླེད་ཟེད།

སྒོ་ག་ཤུགས་བརྒྱེད་པ་དེ་ཤུག་ཕྱད་གི་ཁྲ་ས་འཁོར་དང་དེ་དག་གི་སྒྲིང་རྒྱ་ཁབ་མིན་ནོའི་ར་བ་རྒྱི་ལྟར་  
འཕྱར་གྱི་ཕོད་མེད་གཉིས་འཕྱར་བ་དང་ཐད་ཀར་ཉིན་འཁྲུག་ཕོད།

We have seen now, that a voltage is produced (induced) by moving a magnetic field near a loop of wire, or moving the loop near the magnetic field.

Can you imagine a way of inducing a voltage in a loop of wire without using a magnet?

ང་ཚོས་མཐོང་གསལ་ལྟར་སྒྲིག་ཤུགས་ནི་ཁབ་ལེན་དོའི་ར་བ་ཞིག་སྒྲིག་སྐྱད་ཀྱི་གྲག་ལུང་ཞིག་ཏེ་འགྲམ་དུ་འགྲལ་བསྐྱོད་བྱེད་པ། ཡང་ན་གྲག་ལུང་ཁབ་ལེན་ར་བའི་ཏེ་འགྲམ་དུ་འགྲལ་བསྐྱོད་བྱེད་པས་བསྐྱུན་པ་ཡིན།  
བྱེད་ཀྱི་ཁབ་ལེན་དོ་མེད་པའི་དབང་དུ་སྒྲུབ་ཏེ་སྒྲིག་སྐྱད་ཀྱི་གྲག་ལུང་ནང་དུ་སྒྲིག་ཤུགས་བསྐྱུན་ཐུབ་པའི་བསམ་ཚུལ་ཡོད་དམ།

Electromagnetic induction is used all around us. E.g. in the security system of an airport, where you are scanned if you carry any iron things. Or if you use an ATM card to draw out money from the ATM, the information of identification is stored magnetically on the card. If you listen to a tape recorder, the music on the tape is also stored magnetically.

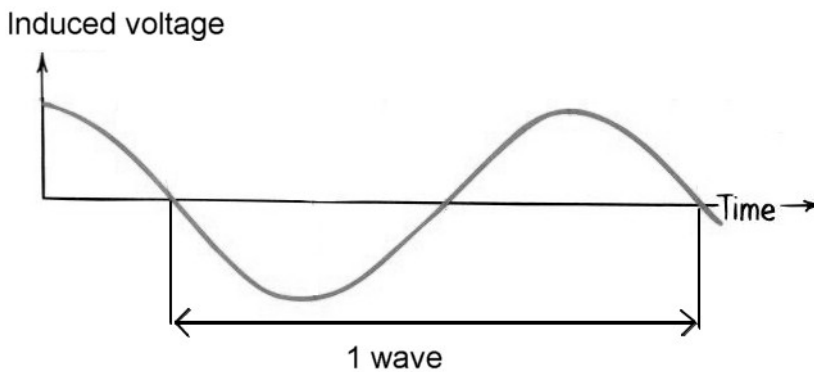
སྒྲིག་དོའི་སྒྲིག་བསྐྱེད་ནི་ང་ཚོས་རྟག་ཅུ་བེད་སྤྱོད་བྱེད་བཞིན་ཡོད། དཔེ་མཚོན་དུ། གནམ་ཐང་དུ་བདེ་འཇགས་ཆེད། དེ་ཡང་འགྲིམ་འགྲུལ་བས་སྒྲིག་རིགས་བྱིར་ཡོད་མེད་རྟོགས་ཆེད། དེ་བཞིན་དངུལ་བཏོན་འཕུལ་འཁོར་ནས་དངུལ་བཏོན་ཆེད། དེ་ཡང་རང་གི་དཔང་རྟགས་ལག་བྱིར་ལ་གནས་ཚུལ་ནམས་ཁབ་ལེན་དོའི་གནས་སྒྲུབ་ཐོག་བཞོད་སྒྲིགས་བྱས་ཡོད། དེ་བཞིན་དུ་སྒྲིག་འཛིན་འཁོར་ལོའི་ནང་དུ་རོལ་དབྱངས་ཀྱི་སྒྲ་ནམས་ཀྱང་ཁབ་ལེན་དོའི་གནས་སྒྲུབ་ཐོག་བཞོད་སྒྲིགས་བྱས་ཡོད།

## 2.10. Alternating current (AC)

### སྤེལ་རྒྱུག་སྒྲིག་རྒྱུན། (AC)

When a magnet is repeatedly plunged into and back out of a coil of wire, the direction of the induced voltage is alternating. As the magnetic field strength inside the coil is increased (magnet entering), the induced voltage in the coil is directed one way. When the magnetic field strength diminishes (magnet leaving), the voltage is induced in the opposite direction. This is how an alternating voltage is created or generated. If we draw the voltage, it will be a curve that rises first from zero, and then reaches a maximum point in either positive or negative voltage. Then the curve will go back to zero and will reach a maximum in the opposite way. Then it will go back to zero again and restart the same movement.

ཁབ་ལེན་དོ་ཞིག་དཀྱིས་སྒྲོར་བྱས་པའི་སྒྲིག་སྐྱད་ཞིག་གི་ནང་དུ་ཕུ་མཐུད་ནང་སྒྲིགས་ཕྱིར་བཏོན་བྱེད་པ་ན། སྒྲིག་ཤུགས་བསྐྱེད་པ་དེའི་ཕྱོགས་སྤེལ་རྒྱུག་བྱེད་ཀྱི་ཡོད། ཁབ་ལེན་དོ་སྒྲིགས་པ་ལ་བརྟེན་ནས་དཀྱིས་སྒྲོར་སྤེད་གི་ཁབ་ལེན་དོའི་ར་བ་ཐེ་མང་མོང་བས་དཀྱིས་སྒྲོར་ནང་སྒྲིག་ཤུགས་བསྐྱེད་པ་དེ་ཕྱོགས་གཅིག་དུ་གཡོ། ཁབ་ལེན་དོ་དེ་ཕྱིར་འཐེན་དུས་ཁབ་ལེན་དོའི་ར་བ་སྒྲོན་ལས་ཐེ་རྒྱུ་མོང་བས་སྒྲིག་ཤུགས་བསྐྱེད་པའི་ཕྱོགས་ཕྱོག་གི་ཡོད། དེ་ནི་སྤེལ་རྒྱུག་སྒྲིག་ཤུགས་ཐེ་ཕྱར་བསྐྱུན་ཚུལ་ཡིན། ང་ཚོས་སྒྲིག་ཤུགས་དེ་སྤྱོད་དུས་ཐོག་མར་ཁྲོད་སྒྲོར་ནས་གང་ཙམ་མཐོ་རུ་མོང་སྤེ་བྱངས་ཀྱི་རྟགས་བཞེས་མེད་གནས་སྒྲུབ་མཐོ་ཤོས་སུ་འགྱུར་ཏེ་ཀྱོག་ཐིག་ཞིག་མཛད། དེ་ནས་ཀྱོག་ཐིག་དེ་ཁྲོད་སྒྲོར་དུ་འབྱོར་བ་དང་སྒྲར་ཡང་སྒྲིག་ཤུགས་སུ་གནས་སྒྲུབ་མཐོ་ཤོས་སྤེལ་བ་ཡིན། གནས་སྒྲུབ་དེ་ཕུ་མཐུད་རིམ་བཞིན་གནས་ཀྱི་ཡོད།



This curve of the alternating voltage will be called a wave. If the magnet is moved in the way a pendulum is swinging, then we call the curve a “sine wave”. The frequency of this curve, that means the number of waves in a second, is the frequency of the alternating voltage. This frequency equals the frequency of the changing magnetic field within the loop. Frequency is measured in [Hz] which is spoken “hertz”.

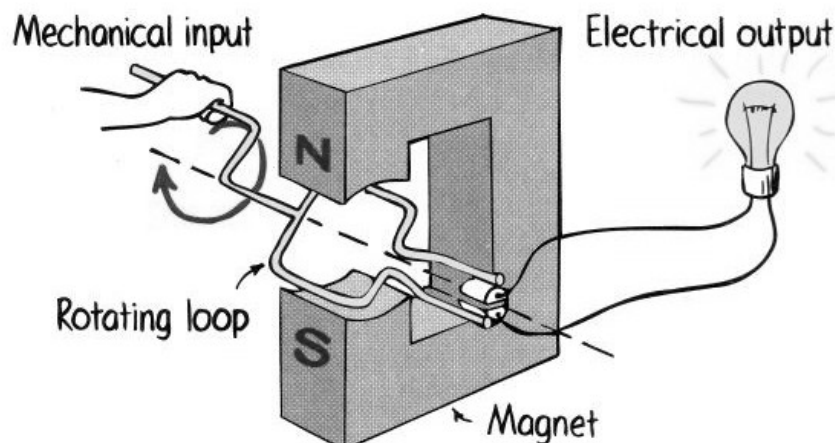
དེ་འདྲི་ཀློག་ཐིག་དེ་ལ་རྒྱབ་སྒྲིག་ཅིང་། གལ་སྲིད་ཁབ་ལེན་དོ་དེ་ཉིད་ཚུ་ཚོད་ཀྱི་སྐར་ཆ་ག་བད་བཞིན་གཡོ་བ་ན། དེའི་འཕྲོག་ཐིག་ལ་ sine wave འཕྲོག་ཐིག་དེའི་འཕེལ་འགྲིབ་ནི་སྐར་ཆ་ག་ཅིག་ནང་རྒྱབ་སྒྲིག་ལ་ཟེར་ཞིང་། དེ་ནི་སྤེལ་རྒྱུ་གློག་ཤུགས་ཀྱི་འཕེལ་འགྲིབ་ཡིན། འཕེལ་འགྲིབ་འདི་ནི་གྲུག་ལུང་སྤྱོད་གི་ཁབ་ལེན་དོ་དེ་ར་བའི་འཕེལ་འགྲིབ་དང་མཚུངས་སོ། འཕེལ་འགྲིབ་ནི། hertz ཚད་འཇལ་གྱི་ཡོད།

## 2.11. Generators

### གློག་བརྟན་འཕུལ་འཁོར།

Another way of induce an alternating voltage is to move a coil or a simple loop rather than to move a magnet. For example by rotating the coil or the loop in a stationary magnetic field. This arrangement is called a generator. You can see the simplified principle of a generator in the picture below:

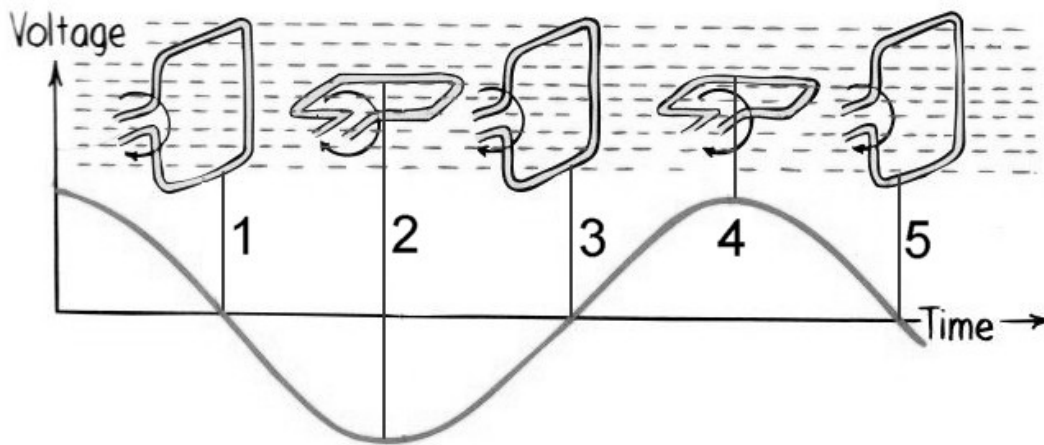
སྤེལ་རྒྱུ་གློག་ཤུགས་བསྐྱེད་སྒྲིག་གི་ཐབས་ལམ་ག་ཞན་ཞིག་ནི་ཁབ་ལེན་དོ་འགུལ་བ་ལས་དཀྱིས་སྒྲོར་ཡང་ན་གྲུག་ལུང་དཀྱིས་མ་ཞིག་འགུལ་རྒྱུ་དེ་ཡིན། དཔེར་ན། དཀྱིས་སྒྲོར་ཡང་ན་གྲུག་ལུང་བརྟན་དུ་གནས་པའི་ཁབ་ལེན་དོ་དེ་ར་བ་ཞིག་གི་ནང་དུ་སྒྲོར་བསྐྱོད་བྱེད་པ། གློག་འཕུལ་དེ་ལ་གློག་བརྟན་འཕུལ་འཁོར་ཞེས་ཟེར་བ་ཡིན། གློག་བརྟན་འཕུལ་འཁོར་གྱི་རྩ་འཛིན་སྒྲིག་པ་བདེ་ཞིག་གསལ་གསལ་འདྲ་དཔར་དུ་བསྟན་ཡོད།





The next picture shows you the voltage which is induced while the loop is turning. You see that there is a change of the magnetic field inside the loop without moving the magnet. This change of the magnetic field can be shown by the increase and decrease of the number of magnetic field lines inside the loop.

གཞན་གྱི་འདྲ་དཔར་དེས་གྲུག་ལུང་ལའོར་བསྐྱོད་བྱེད་པ་ལ་བརྟེན་ནས་འཕྲུལ་བྱེད་པ་བསྟན་གྱི་ཡོད། བྱེད་ཀྱི་ཁབ་ལེན་དོའི་ཉིད་འགུལ་གྱི་མེད་ཀྱང་གྲུག་ལུང་སྟོང་གི་ཁབ་ལེན་དོའི་ར་བ་ལ་འགྱུར་བ་ཡོད་པ་ཤེས་བྱུབ། དེ་འདྲའི་འགྱུར་བ་དེ་གྲུག་ལུང་སྟོང་གི་ཁབ་ལེན་ར་བའི་ཐིག་ཇི་མང་ཇི་རྒྱང་བཏང་སྟེ་བསྟོན་བྱུབ་གྱི་ཡོད།



When we start at number 1 on the picture, there is the maximum of magnetic field enclosed by the loop. The loop is turning towards number 2, so the magnetic field inside the loop is getting smaller, because less magnetic field lines are enclosed. The change of the field inside the loop is slow first and is getting faster until it reaches its maximum at position number 2. Thus, according to Faradays law, the induced voltage will rise from 0 at number 1 and will reach its maximum at number 2. Then the rate of change of the magnetic field inside the loop will get smaller until it will be zero at the position number 3. The same for the voltage. Further turning will increase the rate of change of the magnetic field again, and so the increase the induced voltage in the loop. But since the loop is upside down compared to position number 1, the induced voltage will change its sign, its polarity. At position 4, the rate of change of the magnetic field being at its maximum, so will be the voltage again, but with inverse polarity compared to position number 2. From 4 to 5, the rate of change is getting smaller and reach zero, thus the voltage also will do so. Then the whole circle will start again.

ང་ཚོས་འདྲ་དཔར་ ༡ ནས་མགོ་བཙུགས་པ་ན། གྲུག་ལུང་སྟོང་དུ་ཁབ་ལེན་དོའི་ར་བ་མང་ཤོས་ཡོད། གྲུག་ལུང་དེ་འདྲ་བར་ ༡ པའི་ཉི་འདབས་སུ་འའོར་བ་དང་དེ་ལ་བརྟེན་ནས་གྲུག་ལུང་སྟོང་དུ་ཡོད་པའི་ཁབ་ལེན་དོའི་ར་བ་དེ་དག་ཇི་ཆུང་སོང་། གང་ཡིན་ཞེ་ན། ཁབ་ལེན་ར་བའི་ཐིག་ཕན་བྱུ་ཞིག་ལས་མེད། གྲུག་ལུང་སྟོང་གི་ར་བའི་འགྱུར་བ་དེ་ཐོག་མར་དལ་པོ་ཡོད་ཀྱང་རིམ་གྱི་འདྲ་བར་ ༡ ལྟར་གནས་སྟངས་མཐོ་ཤོས་དེར་མ་སྐྱབས་བར་གོང་མཐོར་སོང་བ་ཡིན། ཕར་ཇི་ཡི་ཆོས་ཉིད་གཞིར་བཞན་ན། མཐོ་གྲུགས་བསྐྱོད་པ་དེ་གནས་སྟངས་ ༡ གྲུང་སྟོར་ནས་འཕྲུལ་ཞིང་མཐར་གནས་སྟངས་ ༡ མཐོ་ཤོས་སུ་འགྱུར་གྱི་ཡོད། གྲུག་ལུང་སྟོང་གི་ཁབ་ལེན་ར་བའི་འགྱུར་ཕྱོགས་ཇི་ཆུང་དུ་སོང་སྟེ་གནས་སྟངས་ ༢ པར་སྐྱར་ཡང་གྲུང་སྟོར་དུ་འགྱུར་གྱི་ཡོད། མཐོ་གྲུགས་གནས་སྟངས་ལའང་གཅིག་མཆུངས་ཡིན། ལུ་མཐུད་འའོར་བསྐྱོད་བྱེད་པས་ཁབ་ལེན་དོའི་ར་བའི་འགྱུར་བ་སྐྱར་ཡང་ཇི་ཆེར་གཏོང་བ་དང་། དེར་བརྟེན་གྲུག་ལུང་སྟོང་གི་མཐོ་གྲུགས་བསྐྱོད་ཆུལ་འཕྲུལ་གྱི་ཡོད། ཡིན་ནའང་། གནས་སྟངས་ ༡ གཞིར་བཞག་གི་གྲུག་ལུང་དེ་མགོ་སྟོང་ཐོག་པར་བརྟེན་མཐོ་གྲུགས་བསྐྱོད་པའི་སྟེ་ལ་འགྱུར་བ་འགོ་གི་ཡོད། གནས་སྟངས་ ༤ ཁབ་ལེན་དོའི་ར་བའི་འགྱུར་ཕྱོགས་ཆེ་ཤོས་ཡིན་པས་མཐོ་གྲུགས་ཀྱང་དེ་དེ་བཞིན་ཡིན་ནའང་གནས་སྟངས་ ༡ གཞིར་

བཞག་སྒྲར་ཡང་སྒྲིལ་གྱི་ཡོད། གནས་སྒྲུངས་ ༤ ནས་ ༥ ལ་ཁབ་ལེན་ནི་ར་བ་དེ་རྒྱུ་དུ་སོང་སྒྲིལ་སྒྲོར་འགྱུར་བ་དང་སྒྲིལ་བྱུགས་  
ཀྱང་དེ་དེ་བཞིན་ཡིན། དེ་ནས་སྒྲར་ཡང་རིམ་པ་དེ་མགོ་འདྲུགས་བྱེད་གྱི་ཡོད།

Have a good look at the picture showing the generator. What does it look like?

སྒྲིལ་བཞོན་འཕྲུལ་འཁོར་གྱི་འདྲ་པར་དེ་ལ་ནན་གཟབ་གྱི་གཟིགས། དེ་གང་འདྲ་ཞིག་འདྲུག་གས།

So the generator is build up like a motor. But while a motor is used to transform electric energy to mechanical work, a generator is used to change mechanical work into electric energy. Most of the electricity that we use when plugging devices to the line has been produced by generators. They are therefore very important in our present society.

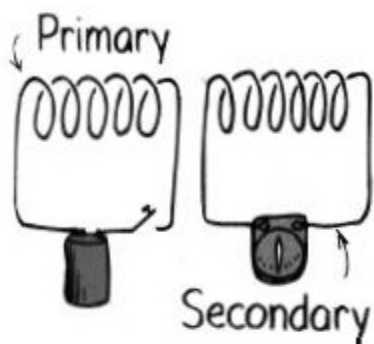
རྒྱ་མཚན་དེ་ལ་བཞེན་ནས་སྒྲིལ་བཞོན་འཕྲུལ་འཁོར་དག་སྒྲིལ་གྱི་མོ་ཁར་ལྷར་བཟོ་ཡི་ཡོད། གང་ལྷང་ཡང་། མོ་ཁར་གྱི་སྒྲིལ་གྱི་རྩས་བྱུགས་  
འཕྲུལ་ཆའི་རྩས་བྱུགས་སུ་འཕོ་བསྐྱར་བྱེད་པ་དང་། སྒྲིལ་བཞོན་འཕྲུལ་འཁོར་ནི་འཕྲུལ་ཆའི་རྩས་བྱུགས་སྒྲིལ་གྱི་རྩས་བྱུགས་སུ་འགྱུར་རྒྱུ་བེད་  
སྤྱོད་བྱེད་གྱི་ཡོད། ང་ཚོའི་སྒྲིལ་ཆས་མཐུད་ཆེད་སྒྲིལ་པ་ལ་ཆེ་བ་སྒྲིལ་བཞོན་འཕྲུལ་འཁོར་ནས་བསྐྱར་བ་ཤ་སྟག་ཡིན། དེ་དག་དེད་དུ་ས་ང་ཚོའི་སྤྱི་  
ཚོགས་ནང་མེད་དུ་མི་རུང་བ་ཡིན།

## 2.12. Transformers

### འགྱུར་གཞིན་འཕྲུལ་ཆས།

We already know that electric energy can be transported through electric wires. Now we will see that it can also be transported through empty space! In the following picture you see how this is working:

ང་ཚོའི་ཤེལ་གསལ་ལྷར་སྒྲིལ་གྱི་རྩས་བྱུགས་ནི་སྒྲིལ་སྒྱུད་རྒྱུད་སྒྲིལ་འདེན་བྱེད་བྱུག་ ད་ཆ་ང་ཚོའི་དེ་དག་བར་སྒྲུང་དུ་འང་སྒྲིལ་འདེན་བྱུག་གྱི་ཡོད་  
པ་ཤེས་གྱི་རེད། གཤམ་གསལ་འདྲ་དཔར་ཐོག་དེའི་ལས་ཀ་བྱེད་སྒྲུངས་ཤེས་གྱི་རེད།



We close the switch of the circuit on the left, which consists of a coil connected to a battery. We will see that a voltage is induced on the circuit on the right side, formed of a coil connected to a voltmeter. The same when the switch is opened again.

གཡོན་ཕྱོགས་སུ་བསྐྱར་པའི་དགྲིས་སྒྲོར་ཞིག་སྒྲིལ་རྒྱུ་ལ་མཐུད་པའི་སྒྲིལ་ལམ་དེ་མཐུད་  
དགོས། ང་ཚོས་སྒྲིལ་ལམ་གྱི་གཡས་ཕྱོགས་སུ་སྒྲིལ་བྱུགས་བསྐྱར་པ་མཐོང་གི་རེད། དེ་  
ཡང་དགྲིས་སྒྲོར་ཞིག་སྒྲིལ་བྱུགས་འདྲུལ་ཆས་ལ་མཐུད་ཡོད། གནས་སྒྲུངས་དེ་སྒྲར་ཡང་  
སྒྲིལ་སྒྲོ་མཐུད་པ་དང་གཅིག་མཚུངས་ཡིན།

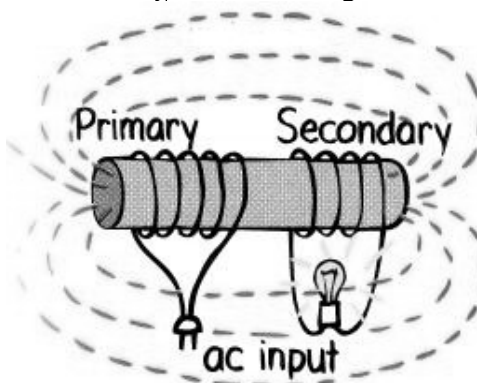
Why this? I know, you can figure it out!

དེའི་རྒྱ་མཚན་ཅི་ཡིན་ནས། བྱེད་ཚོས་དེ་འཚོལ་བྱུག་གྱི་ཡོད་པ་ངས་ཤེས་གྱི་ཡོད།

Usually the coil connected to the power source is called the **primary** (input) and the other coil is called the **secondary** (output).

ཞར་བུར་དགིས་སྒོར་མེད་ལྷོག་བྱ་གནས་བསྐྱེད་པ་དེ་ཡུན་རིང་ཏི་ཙམ་གནས་སམ།

ལྷོ་ལ་འདྲུག་མ་མོར་འཕེལ་གཏོར་ཆེད་དཀྱིལ་སྒྲོལ་གྱི་འཕྲུལ་ལཱ་ལ་གཞི་དར་ཞེས་ཡུར་གཉིས་ཀྱི་ནང་དུ་ལྷུག་མ་གྱི་ཁོ་ག་སྒྲིང་ཞིག་འཛོག་དགོས་པ་ཡིན།  
གཤམ་གྱི་འདྲ་དཔར་རྩམ་སྒྲིག་དགོས། ལྷུག་མ་གྱི་ཁོ་ག་སྒྲིང་དེ་ལ་འཛོལ་ནས་འཕྲུལ་ལཱ་ལ་གཞི་བཞུག་གི་ཁབ་ལེན་དོའི་ར་འཆེ་འཕེལ་མོར་བ་བཞིན་ཁབ་  
ལེན་དོའི་ར་ལ་འབྱུར་བ་ཡོད། ཁབ་ལེན་ར་འཕྲུལ་ཁོ་ག་སྒྲིང་དེའི་དབུས་སུ་འཕྲུལ་པ་ལ་འཛོལ་ནས་ཞེས་ཡུར་གྱི་སྒྲིང་འཕེལ་རྒྱས་མོར་སྒྲིང་ར་  
འབྱུར་བ་ཡང་དེ་བཞིན་ཡོད། རྒྱ་མཚན་དེ་ལ་འཛོལ་ནས་ཞེས་ཡུར་གྱི་འཕྲུལ་ལཱ་ལ་འཕྲུང་བ་ཡང་འཕེལ་གྱི་ཡོད་པ་ཡིན།



Now we will change the input of the primary. Instead of opening and closing a switch, we will feed the primary with alternating current. So there will be a periodic change of the current in the primary and therefore a periodic change of the magnetic field, occurring with the same frequency like the change of the current. This also means that a voltage will be induced in the secondary, again with the same frequency of the alternating current in the primary. This arrangement, to coils linked with an iron core, is called a transformer.

དེ་ནས་ང་ཚོས་བརྩམ་གཞིའི་འདུག་ཆ་བསྒྱུར་དགོས། གློག་སྒོ་གསོད་སྒྱུར་བྱེད་པ་ལས་ང་ཚོས་བརྩམ་གཞི་ལ་སྤེལ་རྒྱུ་གློག་རྒྱུན་གཏོང་དགོས། དེ་ལ་བརྟེན་ནས་བརྩམ་གཞིའི་སྤྱི་བརྒྱུན་གྱི་འགྱུར་བ་ངེས་ཅན་གྱི་བཞུག་ལེན་དོའི་ར་བ་ལའང་འགྱུར་བ་ངེས་ཅན་ཞིག་ཡོང་གི་ཡོད། འགྱུར་བ་དེ་ཡང་གློག་རྒྱུན་བཞིན་འཕེལ་འགྲིབ་གཅིག་མཚུངས་ཡོང་གི་ཡོད། དེར་བརྟེན་ཞར་གྱི་སྤྱི་བརྒྱུན་གྱི་འགྱུར་བ་དང་། དེ་ཡང་བརྩམ་གཞིའི་གློག་རྒྱུན་བཞིན་འཕེལ་འགྲིབ་གཅིག་མཚུངས་ཡོད། སྤྱི་བརྒྱུན་འདི་འདྲ་ཞིག། དེ་ཡང་དགྲིས་སྒྲོར་ཕྱགས་ཀྱི་ཁོག་སྤྲིང་ལ་མཐུད་པ་ཞིག་ལ་འགྱུར་གཞོན་འཕུལ་ཆས་ཞེས་ཟེར།

Transformers are used to change the value of an alternating voltage. The induced voltage on the secondary side of the transformer is dependent on the value of the input voltage, on the number of loops on the primary side and on the number of loops on the secondary side of the transformer.

This is the relationship between primary and secondary:

$$\frac{\text{(Primary voltage)}}{\text{(Number of primary loops)}} = \frac{\text{(Secondary voltage)}}{\text{(Number of secondary loops)}}$$

འདུག་གཞོན་འཕུལ་ཆ་ནམས་སྤེལ་རྒྱུ་གློག་ཕྱགས་འགྱུར་ཆེད་བེད་སྤྱོད་ཡོད། འདུག་གཞོན་འཕུལ་ཆའི་ཞར་འབྱུང་ཕྱོགས་སུ་གློག་ཕྱགས་བསྐྱེད་པ་དེ་བརྩམ་གཞིའི་འདུག་ཆར་ཡོད་པའི་གྲག་ལུང་ནམས་དང་ཞར་འབྱུང་དུ་ཡོད་པའི་གྲག་ལུང་ནམས་ཀྱི་སྤྱི་བརྒྱུན་གྱི་གནས་པའི་གློག་ཕྱགས་འདུག་ཆའི་འཕོར་ལ་བརྟེན་གྱི་ཡོད། དེ་ནི་ཞར་འབྱུང་དང་བརྩམ་གཞིའི་བར་གྱི་འབྲེལ་བ་ཡིན།

$$\frac{\text{(བརྩམ་གཞིའི་གློག་ཕྱགས)}}{\text{(བརྩམ་གཞིའི་སྤྱི་བརྒྱུན་གྲག་ལུང་གྲངས་)}} = \frac{\text{(ཞར་འབྱུང་གི་གློག་ཕྱགས་)}}{\text{(ཞར་འབྱུང་གི་སྤྱི་བརྒྱུན་གྲག་ལུང་གྲངས་)}}$$

The electric power ( $P=V \cdot I$ ) on the input equals the electric power on the output. You cannot gain energy with a transformer, even if the output voltage is bigger than the input voltage!

འདུག་ཆའི་སྤྱི་བརྒྱུན་གྱི་སྤྱི་བརྒྱུན་ ( $P=V \cdot I$ ) དེ་འཕོན་འབྲས་སྤྱི་བརྒྱུན་གྱི་སྤྱི་བརྒྱུན་དང་གཅིག་མཚུངས་ཡིན། འཕོན་འབྲས་སྤྱི་བརྒྱུན་དེ་ནི་ད་འདུག་ཆའི་གློག་ཕྱགས་ལས་ཆེ་བ་ཡིན་ནའང་། ང་ཚོར་འདུག་གཞོན་འཕུལ་ཆ་ལས་རྒྱས་ཕྱགས་མི་འཕོབ་པོ།