

WAGNERS

Science meets Dharma

2006

Magnetism

ཁབ་ལེན་དོ་ཡི་རང་བཞིན།

Introduction

ངོ་སྤྱོད།

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་སྟད་དེ་ནི་ལྷི་རི་སི་ཡི་གྲོང་ཁྱིམ་གྱི་ཡ་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་སྟད་འདི་ཐོག་མར་བེད་སྤྱོད་བྱས། ང་ཚོས་ཁབ་ལེན་དོ་ཡི་རང་བཞིན་དང་ཐོག་གི་གནས་སྟངས་ཏེ་ཅང་འབྲེལ་བ་ཡོད་པ་ཤེས་གྱི་རེད། ཐོག་ཕྱགས་དང་མི་འདྲ་བའི་ཁབ་ལེན་དོ་ཡི་ཕྱགས་ནི་གོ་ལའི་འཐེན་ཕྱགས་ལས་ཆེ་བ་ཡོད། གང་ཡིན་ཞེ་ན། ཁབ་ལེན་དོ་ཡི་གོ་ལའི་འཐེན་ཕྱགས་བཞུལ་ཏེ་ལྷགས་དུ་མ་ནམས་སའི་ངོས་ནས་ལས་སྒྲུབ་པའི་ངང་འདེགས་བྱུང་བའི་རྒྱ་མཚན་གྱི་ཡིན། དེའི་མཚན། (དགེ་ཆན་གྱི་པང་ལེབ་སྟེང་ཡོད་པའི་ཁབ་ལེན་དོ་དང་ཕྱོགས་སྟོན་འཁོར་ལའི་ནང་ཡོད་པའི་ཁབ་ལེན་དོ་ཡི་ལྷགས་གཟེར་སོགས་འདེགས་བྱུང་བ།)

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

But first simply talk about magnets and the magnetic force.

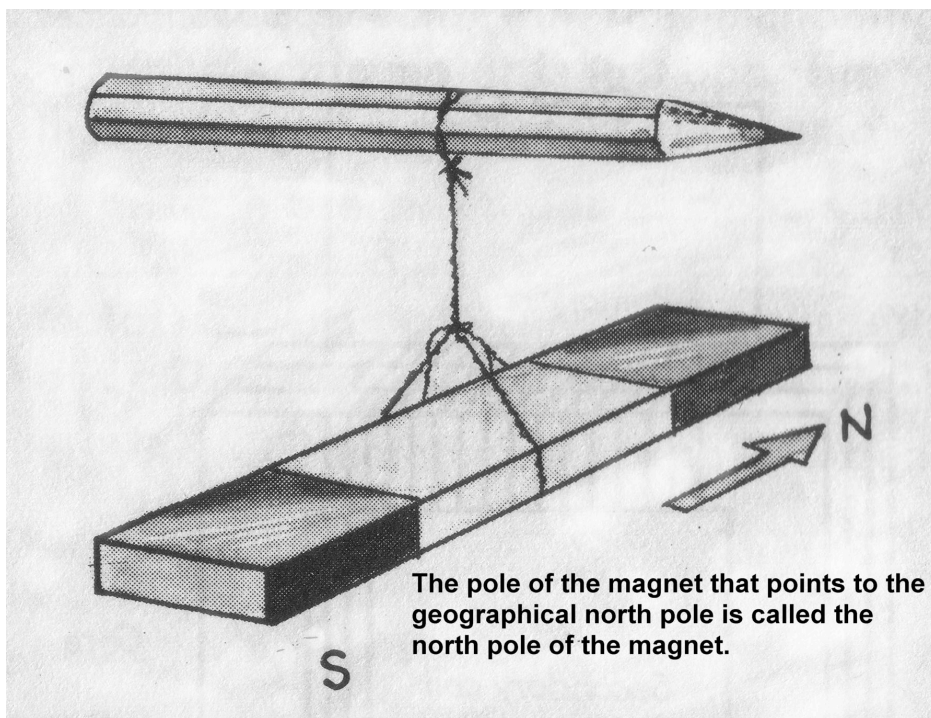
(གང་ལྟར་ཡང་ཐོག་མར་ཁབ་ལེན་དོ་དང་ཁབ་ལེན་དོ་ཡི་ཕྱགས་སྟོར་ལ་འབྲེལ་བའདྲེད་ཀྱི་ཡིན།)

Magnetic poles

ཁབ་ལིན་དོ་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་ལིན་དོ་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་ཕྱོགས་སུ་ཁ་བསྐྱོན་པ་ལ་བརྟེན་ནས་སྒྲིལ་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.

དོ་ཁབ་ལིན་གཉིས་པན་ཚུན་འབྲེལ་ལམ་ཇི་ལྟར་ཡོད་མེད་བཟག་པ་ན། ཁབ་ལིན་དོ་གཅིག་གི་སྒྲིལ་ཕྱོགས་དེ་ཁབ་ལིན་དོ་གཞན་གྱི་བྱང་སྒྲིལ་སུ་འཐེན་གྱི་ཡོད་པ་ཤེས་བྱུག། ཡིན་ན་འང་། ཕྱོགས་གཉིས་པན་ཚུན་ཉེ་འགྲམ་དུ་འབྱེད་འོང་བ་ན་དེ་གཉིས་པན་ཚུན་ཕྱིར་བཞྱོག་བྱེད་གྱི་ཡོད་པ་ཤེས། བྱང་སྒྲིལ་གཉིས་ཀྱི་གནས་སྡངས་ཀྱང་འདི་ལྟར་ཡིན། དེའི་གོ་དོན་ནི།

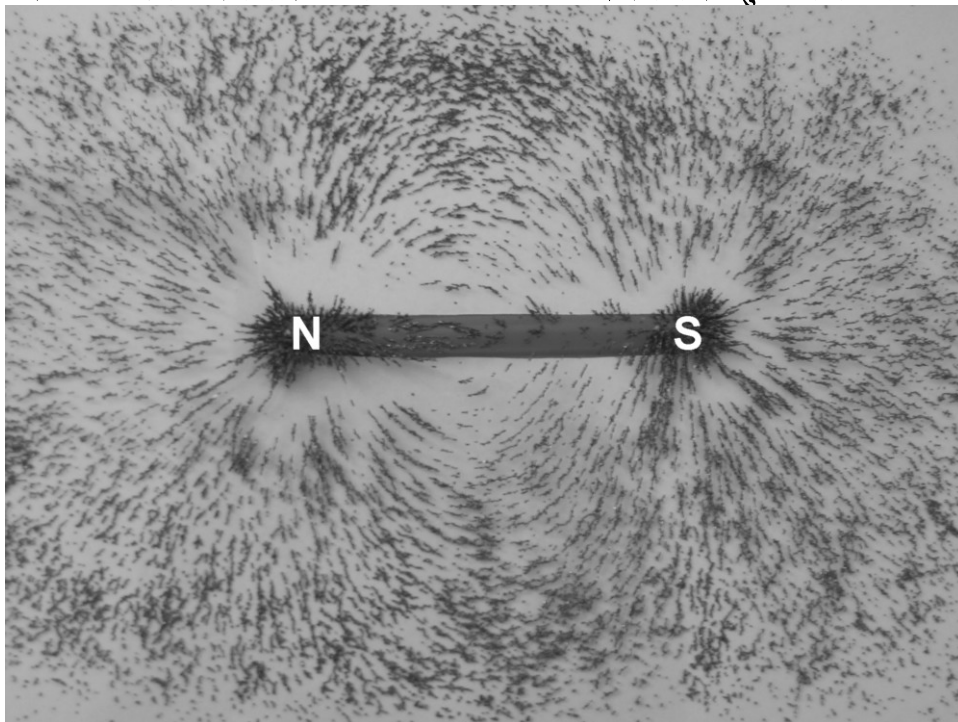
སྒྲིལ་མཐུན་པ་ཡིན་ན་པན་ཚུན་ཕྱིར་བཞྱོག་བྱེད་གྱི་ཡོད་པ་དང་། སྒྲིལ་ཕྱོགས་པན་ཚུན་འཐེན་གྱི་ཡོད། ཁབ་ལིན་དོ་ནི་སྒྲིལ་གཉིས་ཀྱི་བསྐྱབ་པ་ཞིག་ཡིན་ཏེ། ཁབ་ལིན་དོ་ལ་སྒྲིལ་མེད་པར་བྱང་སྒྲིལ་ཡོང་མི་སྲིད་པ་དང་བྱང་སྒྲིལ་མེད་པར་སྒྲིལ་ཡོང་མི་སྲིད། དེར་བརྟེན་ཁབ་ལིན་དོ་ལ་སྒྲིལ་གཉིས་ལྡན་(Bipolar) ཟེར་གྱི་ཡོད། (ལེ་ཤིན་སྐད་ཡིག་ནང་ bi ཞེས་པ་དེ་གངས་གཉིས་ལ་གོ་འོ།) སྒྲིལ་གཅིག་ལྡན་གྱི་ཁབ་ལིན་དོ་ཞིག་བརྟེན་སྒྲིལ་མེད་ལ། ཁབ་ལིན་དོ་ནི་རྟག་དུ་སྒྲིལ་གཉིས་ལྡན་གྱི་དགོས།

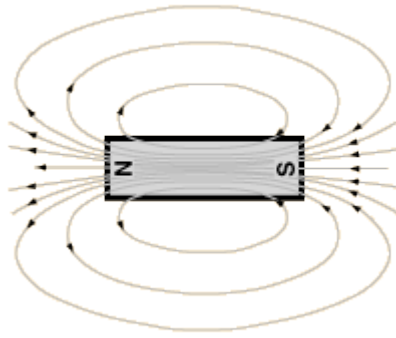
བྱིད་ཀྱི་ཁབ་ཡིན་དོའི་བྱིད་ཆོས་དང་ཐོག་བྱིད་ཆོས་མཚུངས་པ་རྣམས་ཤིས་རོགས་གནང་།

དེ་གཉིས་བར་ལ་མི་མཚུངས་པའི་བྱད་ཆོས་གང་འདུག་གམ།

ཁབ་ལེན་དོ་ཡི་རབ།

ར་ཚོས་མཁྱེན་གསལ་སྒྲུབ་ཁབ་ལེན་དོ་ཡི་ལྷགས་ཀྱི་རྒྱང་རིང་ནས་ལྷགས་ཀྱི་ཆུང་སྤྱང་ལྷུང་། ར་ཚོས་ལྷགས་དུ་མ་རེ་ཞིག་སའི་དོས་ནས་མ་འཕྲད་ནའང་ཡར་འདེགས་ཐུབ་པ་དང་། དེ་བཞིན་ཁབ་ལེན་དོ་གཉིས་ཀྱི་སྡེ་མཐུན་པ་གཉིས་མ་འཕྲད་ནའང་པན་རྩུན་སྤྱིར་བརྒྱུག་ཁྲེད་ཐུབ། དེར་བརྟེན་ཁབ་ལེན་དོ་ཡི་ལྷགས་དེ་བར་སྤྱང་གང་དུ་ལས་ཀ་ཁྲེད་ཀྱི་ཡོད་པ་དང་དེ་བཞིན་དེ་དག་ལྷགས་ཆེ་རྒྱང་སོགས་ཤེས་ཐུབ་རྒྱུ་འི་མདུན་པ་ཞིག་ར་ཚོར་ཡོད་གི་ཡོད། དེར་བརྟེན་ར་ཚོས་ཐོག་མོ་ཞིག་གི་སྤྱིང་ལྷགས་སྡེ་ཡོད་པ་དེ་ཁབ་ལེན་དོ་ཞིག་གི་སྤྱིང་དུ་འདོག་གི་ཡིན།



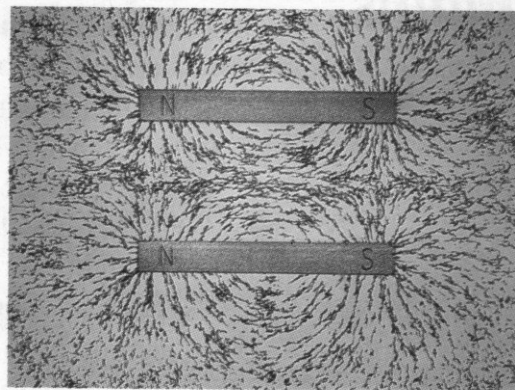
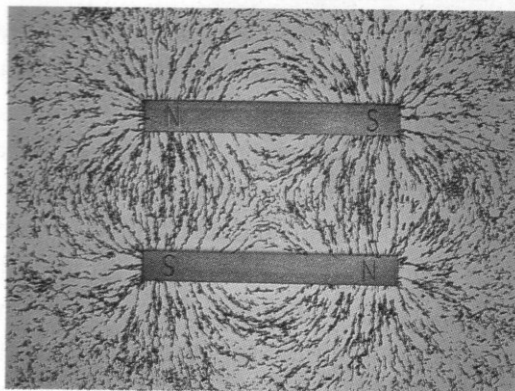


The shape which is revealed by the filings is called the **magnetic field**. Where the lines are closer together, the magnetic field is stronger. This means that some iron will be attracted with a bigger force than at places where the lines are wider apart. If we place a small compass anywhere in the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

ལྷགས་ཕྱེ་དེ་དག་གི་དབྱིབས་གཟུགས་སྒྲུབ་པ་དེ་ལ་ཁབ་ལིན་ཏེ་ཡི་ར་བ་ (Magnetic field) ཟེར། ལྷགས་ཕྱེ་ཐིག་རུབ་རུབ་ཡོད་སར་ཁབ་ལིན་ཏེ་ར་བའི་ཤྱགས་ཆེ་བ་ཡོད། རྒྱ་མཚན་དེ་ལ་བརྟེན་ནས་ལྷགས་ཕྱེ་ཁ་ཤས་ལྷགས་ཕྱེ་ཐིག་རྒྱང་སར་ཡོད་པ་ལས་ཤྱགས་ཆེ་བས་འཐེན་གྱི་ཡོད། གལ་སྲིད་ང་ཚོས་ར་བའི་གནས་གང་དུ་ཕྱོགས་སྟོན་འཁོར་ལོ་ཞིག་བཞག་པ་ཡིན་ན། དེའི་སྤྱི་ཁབ་ལིན་ཏེ་ར་བའི་ཐིག་ཕྱོགས་སུ་ཁ་བསྐྱུན་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་ལིན་ཏེ་གཉིས་ཀྱི་ར་བའི་དཔེ་མཚན་གཟིགས་སམ། འཐེན་རིས་ཡོད་པའི་སྤྱི་གཉིས་ཏེ་འགྲམ་དུ་འཛོག་པ་དང་ཕྱིར་བཞྌག་པའི་སྤྱི་གཉིས་ཏེ་འགྲམ་དུ་འཛོག་སྤྱི་གཟིགས།



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

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

Magnetism on atomic level

རྒྱལ་ཕྱན་གནས་སྒྲིལ་གྱི་ཁབ་ལིན་དོ་ཡི་རང་བཞིན།

But what is the cause of magnetism, where does it originate from? Scientists found out the following: **Magnetic fields are created by charges in motion, either positive or negative ones.**

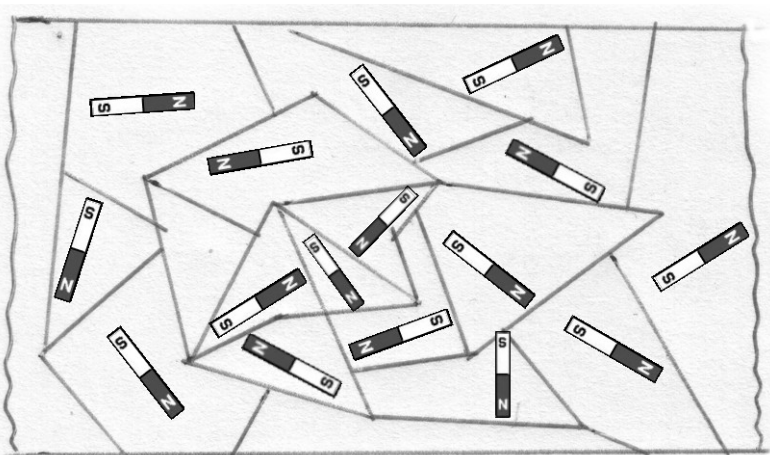
We know that electric current is defined by moving charges. But what about bar magnets for example? They are magnetic without being connected to an electric circuit, so where are the moving charges? The answer lies in the atomic level. Electrons are spinning about their own axes and do also revolve about the atomic nucleus. In most common magnets, magnetism is mainly caused by electron spin. Every spinning electron is a tiny magnet. The more electrons are spinning in the same direction, the stronger will be the resulting magnet. But since in most materials the spin directions of the electrons aren't the same, only a few materials can be magnets (iron, nickel, cobalt and some alloys).

ཁབ་ལིན་དོ་ཡི་རང་བཞིན་གྱི་རྒྱ་ཁྱོན་གང་ཡིན་ནམ། དེ་ཐོག་མར་གང་ནས་བྱུང་ངམ། ཚན་རིག་པ་ཚོར་གཞུགས་གསལ་གསལ་བརྟེན་བྱུང་བ་རེད། ཁབ་ལིན་དོ་ཡི་རང་བཞིན་ནི་སྒྲོག་ཁུར་འགྲུལ་བསྐྱོད་བྱེད་མཁན་ལས་བསྐྱུ་བས་པ་ཞིག་ཡིན། དེ་ཡང་མོའི་སྒྲོག་ཁུར་དང་མོའི་སྒྲོག་ཁུར་གང་རུང་ཡིན་སྟེ།

ང་ཚོས་ཤེས་གསལ་ལྟར་སྒྲོག་རྒྱུན་ཞེས་པ་ནི་མོ་རྒྱལ་གཡོ་འགྲུལ་བྱེད་མཁན་ཞིག་ལ་ངོས་འཛིན་བྱེད་ཀྱི་ཡོད། དེ་ལྟར་ཡིན་ན། དབྱུག་བརྒྱུམ་ཅན་གྱི་ཁབ་ལིན་དོ་ཡི་སྒྲོར་གང་བརྟེན་བྱུང་བམ། དེ་ཚོ་སྒྲོག་ལས་ལ་མ་མཐུད་པ་ཡིན་ནའང་ཁབ་ལིན་དོ་ཡི་རང་བཞིན་ཡོད་དོ། དེ་ལྟར་ན་འགྲུལ་བསྐྱོད་ཅན་གྱི་མོ་རྒྱལ་དག་གང་ཡོད་དམ། དེ་བའི་མོ་ལན་དུ་རྒྱལ་ཕྱན་གྱི་གནས་སྒྲིལ་ཐོག་ནས་འགྲུལ་བསྐྱོད་བྱེད་བྱུང་། མོ་རྒྱལ་ནམས་རང་རང་གི་ཆངས་ཐིག་ལ་འཁོར་བསྐྱོད་བྱེད་པ་མ་ཟད་རྒྱལ་ཕྱན་གྱི་སྒྲོ་རྒྱལ་ལའང་རྒྱས་མཉམ་འཁོར་བསྐྱོད་བྱེད་ཀྱིས་ཡོད། སྤྱིར་བཏང་གི་ཁབ་ལིན་དོ་ལ་ཆར་ཁབ་ལིན་དོ་ཡི་རང་བཞིན་ནི་གཙོ་བོ་མོ་རྒྱལ་རང་གི་ཆངས་ཐིག་ལ་འཁོར་བསྐྱོད་བྱེད་པ་ལ་བརྟེན་ནས་ཡིན། མོ་རྒྱལ་རང་གི་ཆངས་ཐིག་ལ་འཁོར་བསྐྱོད་བྱེད་མཁན་ཡོངས་རྫོགས་ཁབ་ལིན་དོ་རྒྱུ་ཞིག་ཡིན། ཡིན་ནའང་རྒྱ་རྒྱས་པའི་ཆར་མོ་རྒྱལ་རང་གི་ཆངས་ཐིག་ལ་འཁོར་བསྐྱོད་བྱེད་ཕྱོགས་མི་མཚུངས་བར་བརྟེན་རྒྱ་རྒྱས་འགའ་ཞིག་ཁབ་ལིན་དོ་ཡིན། དཔེར་ན། (ལྷགས་དང་། ཀོ་ལྷེལ། ཏུང་། དེ་བཞིན་བསྐྱེས་ལྷགས་ཁ་ཤས་ཙམ།)

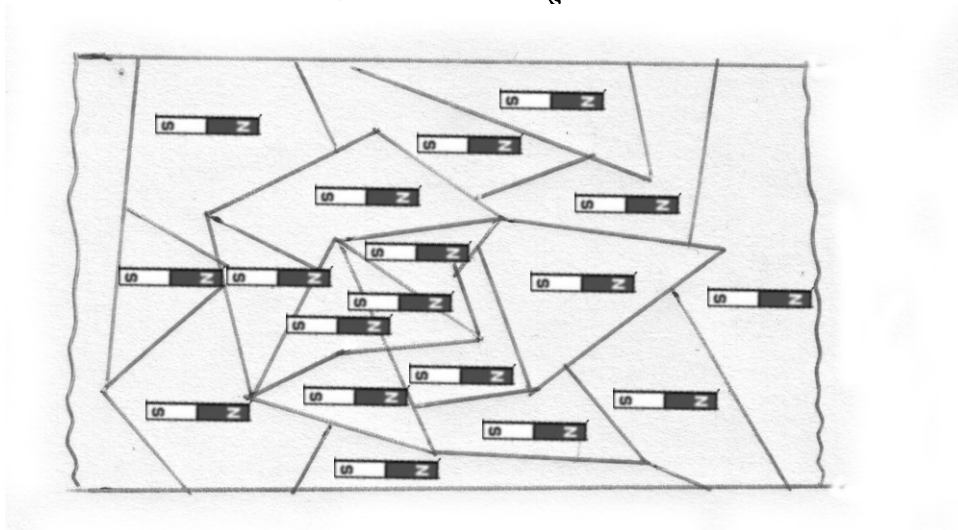
In magnetic materials, billions of atoms will line up with one another. Even if it's billions of atoms, these domains are very small, even microscopic. These domains of aligned atoms are just like microscopic magnets, that's why they're called **magnetic domains**.

ཁབ་ལིན་དོ་ཡི་རང་བཞིན་ཡོད་པའི་རྒྱ་རྒྱས་ཁག་ནང་རྒྱལ་ཕྱན་ཁག་འཁྲིག་མང་པོ་གཅིག་འདུག་གཅིག་གིས་མཐུད་ནས་ཡོད། རྒྱལ་ཕྱན་ཁག་འཁྲིག་མང་པོ་ཡོད་ཀྱང་དེ་དག་གི་ཁབ་ལིན་ཚོས་བྱ་ནམས་ནི་ཉ་ཅང་ཕྱ་བས་མཐོང་དགའ། ཚོས་བྱ་ཅན་གྱི་རྒྱལ་ཕྱན་རྒྱ་ཁྱོན་པ་ནམས་ཁབ་ལིན་དོ་ཕྱ་མོ་ཞིག་དང་འདྲ། དེར་བརྟེན་དེ་དག་ལ་ཁབ་ལིན་དོ་ཚོས་བྱ་ (Magnetic domains) ཟེར།



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.

གལ་སྲིད་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་འཁྲུགས་ཀྱིས་ཡོད། དེ་ཡང་ཕྱོགས་སྟོན་འཁོར་ལོའི་བད་དེ་ས་གཞིའི་ཁབ་ལེན་དོ་ཡི་ར་བ་དང་མཐུན་པར་སྒྲིགས་པ་བཞིན་ཡིན། གལ་སྲིད་ཁབ་ལེན་དོ་ཡི་ར་བ་ནས་ཕྱིར་འཐེན་པ་ཡིན་ན་དེ་དག་གི་ཁབ་ལེན་ཚོས་བྱ་སྒྲིགས་ཕྱོགས་འབྲུག་གི་ཡོད། ཡིན་ནའང་། གལ་སྲིད་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་འབྲ་བ་ཡུན་རིང་གནས་ཐུབ་པ་ཡིན། དེ་བཞིན་ལྷགས་དབྱུགས་མ་ཞིག་ཡང་ཡང་ཁབ་ལེན་དོ་ལ་བདར་བ་ན་དེར་ཁབ་ལེན་དོ་ཡི་རང་བཞིན་གནས་སྐབས་ཞིག་བསྐྱེད་ཐུབ། ལྷགས་དུམ་འགའ་ཞིག་གིས་ཁབ་ལེན་དོ་ཡི་ཁྲད་ཚོས་ཕྱ་མཐུད་ཉར་ཐུབ་པ་ནམས་བདན་པའི་ཁབ་ལེན་དོ་ (Permanent magnet) ཟེམ་གྱི་ཡོད། མར་ལྷུང་བ་དང་རྩོད་ལ་བཞག་པ་ན་ཁབ་ལེན་དོ་ཡི་རང་བཞིན་ཉམས་སྐྱད་འགྲོ་ཡི་ཡོད།



Electric current and magnetic fields

སྒྲོག་སྒྱུ་ན་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, scientific discoveries and technical inventions sometimes happen by accident!

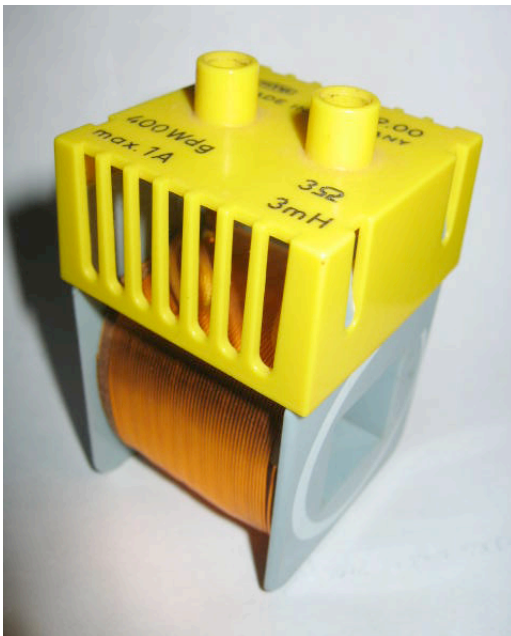
If you bent a current carrying wire to a loop, the magnetic field lines become bunched up inside the loop. If you bent the wire to another loop, overlapping the first, the concentration of magnetic field lines inside the loops is doubled. It follows that the magnetic field intensity in this region is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

གྲོག་ཁྲར་འགྲུལ་བསྐྱོད་བྱེད་མཁན་གྱིས་ཁབ་ལེན་དོའི་ར་བ་བསྐྱུན་གྱི་ཡོད་ན། གྲོག་ཁྲར་གྱི་རྒྱན་ཡོད་པ་ཞིག་གི་ཡང་ཁབ་ལེན་དོའི་ར་བ་བསྐྱུན་གྱིས་ཡོད། དེ་དང་ཚོས་གྲོག་རྒྱན་འདེན་མཁན་གྱི་གྲོག་སྐྱུད་ཞིག་གི་ཉེ་འགམ་དུ་ཕྱོགས་སྟོན་འཁོར་ལོ་ཞིག་བཞག་སྟེ་བསྟོན་བྱུང་གྱི་ཡོད། གྲོག་རྒྱན་རྒྱགས་བཞིན་པའི་གནས་སྐབས་སུ་ཕྱོགས་སྟོན་འཁོར་ལོའི་བདའི་ཕྱོགས་སྟོན་ཕྱོགས་ལ་འགྲུར་བ་ཕྱིན་ཏེ་གྲོག་རྒྱན་གྱི་ཁབ་ལེན་དོའི་ར་བ་དང་མཐན་པ་དུ་སྒྲིགས་གྱིས་ཡོད། དེ་དང་ཚོས་ལྷགས་ཕྱེ་གནས་སྐབས་ལ་སྟོན་བྱུང། གྲོག་རྒྱན་འདེན་མཁན་གྱི་གྲོག་སྐྱུད་མཐའ་སྟོར་ལ་ཁབ་ལེན་དོའི་ར་བ་ནམས་སྟོར་མོའི་དང་ཆགས་གྱིས་ཡོད། གལ་སྲིད་དེ་ཚོས་གྲོག་རྒྱན་རྒྱགས་ཕྱོགས་འགྲུར་བ་ན། ཕྱོགས་སྟོན་འཁོར་ལོའི་བདའི་ཁ་ཕྱོགས་ལ་འགྲུར་བ་འགྲོ་ཡི་ཡོད། གྲོག་སྐྱུད་ནང་གྲོག་རྒྱན་ཁ་ཕྱོགས་འགྲུར་བ་བཞིན་ཁབ་ལེན་དོའི་ར་བའི་ཁ་ཕྱོགས་ཀྱང་འགྲུར་གྱི་ཡོད། གནས་སྐབས་འདི་ཐོག་མར་ ༡༩༣༠ ལོར་མཐོང་སྐྱབ་བྱུང་བ་ཞིག་རེད། དེ་ཡང་ཏིན་མཁྱེན་(Denmark) ནས་ཡིན་པའི་ཚན་རིག་པ་ Hans Christian Oersted ཡིས་འདྲིན་གྱི་གྲོག་འཁྲིད་གཅིག་གི་སྐབས་སུ་གྲོག་རྒྱན་གྱིས་དེའི་ཉེ་འགམ་དུ་ལྷུས་པའི་ཁབ་ལེན་ཅན་གྱི་ཕྱོགས་སྟོན་འཁོར་ལོར་ལྷགས་སྟེན་བྱེད་གྱི་ཡོད་པ་ཐོག་མར་ཤེས་ཡོད། དེ་ལྟར་ན། དང་ཚོས་ལྷགས་གནང་བྱེད་དགོས་པ་ཞིག་ལ་ཚན་རིག་གི་གསར་བཅོད་དང་འཛུགས་བསྐྱུན་དུ་མ་ཞིག་ལ་མ་འགྲོ་ལས་བྱུང་བར་འདོད་ཆོག།

གལ་སྲིད་བྱེད་གྱིས་གྲོག་རྒྱན་འདེན་མཁན་གྱི་གྲོག་སྐྱུད་དེ་བཀྲ་གནས་གྲག་ལུང་(Loop) བཅོས་པ་ན། ཁབ་ལེན་དོའི་ར་བའི་ཐིག་ནམས་གྲག་ལུང་དེའི་ནང་དུ་བསྐྱས་གྱིས་ཡོད། ཡང་བསྐྱར་བྱེད་གྱི་གྲོག་སྐྱུད་དེ་བཀྲ་གནས་སྟེ་གྲག་ལུང་གཞན་ཞིག་བཅོས་ཞིང་དེ་ཡང་སྟོན་གྱི་གྲག་ལུང་དེར་བཅེགས་པ་ཡིན་ན། གྲག་ལུང་གི་ནང་དུ་ཡོད་པའི་ཁབ་ལེན་དོའི་ར་བའི་ཐིག་གི་གངས་ཀྱང་ལྷུང་གཅིག་གི་མང་དུ་འགྲོ་ཡི་ཡོད། དེར་བརྟེན་གྲག་ལུང་གངས་འཁོར་འཕེལ་བ་བཞིན་དེ་ཉིད་ཁབ་ལེན་དོའི་ར་བའི་ལྷགས་ཀྱང་དེ་བཞིན་འཕེལ་གྱིས་ཡོད། དེ་འདྲི་གྲག་ལུང་ཅན་གྱི་གྲོག་སྐྱུད་དག་ལ་དཀྲིས་སྟོར་(Coil) ཟེ།

Electromagnet

གྲོག་དོ།



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.

གྲོག་དོན་ཅི་གྲོག་རྒྱན་འདེན་མཁན་གྱི་གྲོག་སྐྱུད་དཀྲིས་སྟོར་ཞིག་ལ་གོ། དཀྲིས་སྟོར་ནང་གི་གྲོག་རྒྱན་སྟེ་ལ་བ་དང་དཀྲིས་སྟོར་གྱི་གྲག་ལུང་སྟོན་པ་སོགས་བྱས་པ་ཡིན་ན། གྲོག་དོན་དེའི་རྒྱས་ལྷགས་སྟེ་ལ་བྱུང་པ་ཡིན། དཀྲིས་སྟོར་ནང་དུ་ལྷགས་དུམ་བཞག་པ་དེ་ཐབས་ལམ་གཞན་ཞིག་ཆགས་གྱི་ཡོད། དེ་ཡང་ལྷགས་དུམ་དེའི་ཁབ་ལེན་ཚོམ་བྱ་ནམས་དཀྲིས་སྟོར་གྱི་ཁབ་ལེན་དོའི་ར་བ་བཞིན་ཕྱོགས་སྟེ་ལ་བྱེད་པ་དང་དེས་དཀྲིས་སྟོར་གྱི་ཁབ་ལེན་ར་བའི་དང་ལྷགས་ཆེ་རུ་གཏོང་གིས་ཡོད།

Magnetic force on moving charged particles

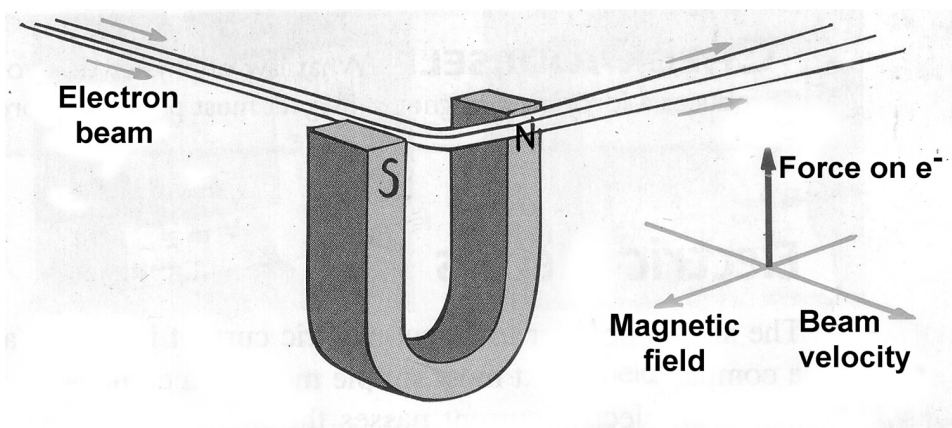
འགྲུལ་བཞིན་པའི་སྒོ་ག་ཁྲར་ཅན་གྱི་རྒྱལ་གྱི་སྤྱི་དང་དུ་ཁབ་ལེན་ནི་ཡི་བྱ་གས།

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?

སྒོ་ག་ཁྲར་ཅན་གྱི་རྒྱལ་འགྲུལ་ཞིག་གསོར་གནས་ཁབ་ལེན་ནི་ཡི་ར་བཞིག་གི་ནང་ཐོག་མར་ངལ་གསོའི་གནས་སྤངས་སུ་ཡོད་པ་དང་དེ་ནས་འགྲུལ་བསྐྱོད་(འགྲུལ་བཞིན་པའི་མི་རྒྱལ། དཔེར་ན། གཟུགས་མཐོང་རྒྱུ་འཕྲིན་ནང་དུ་ཡོད་པ་བཞིན།) གྱི་གནས་སྤངས་སུ་ཡོད་པ་ཞིག་བསམ་སྒོ་གཏོང། གནས་སྤངས་དེ་གཉིས་ནང་ག་རེ་འབྱུང་གི་ཡོད་དམ། དེ་གཉིས་བར་ལ་བྱུང་བར་ཅི་ཡོད་དམ། གཤམ་ལ་ཁབ་ལེན་ནི་ཡི་ར་བའི་བྱ་གས་གྱི་དཔེ་མཚན་ཁ་ཤས་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 $= 90^\circ$) 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་སྒོ་ག་ཁྲར་ཅན་གྱི་རྒྱལ་གྱིས་ཁབ་ལེན་ནི་ཡི་ར་བའི་ལྷན་དུ་འབྲེལ་བ་ཡོད་གི་ཡོད། དེར་བརྟེན་རྒྱལ་དེ་དག་ལ་ཁྲོག་བྱ་གས་གྱི་འཚོར་སྤར་ཞིག་ཡོད་གིས་ཡོད། སྒོ་ག་ཁྲར་ཅན་གྱི་རྒྱལ་རྒྱ་བསྐྱོད་ཕྱིན་པ་དང་། ཁབ་ལེན་ནི་ཡི་ར་བ་རྒྱ་བསྐྱོད་ཕྱིན་པ། དེ་བཞིན་སྒོ་ག་ཁྲར་དེ་དག་གི་མཁྲོགས་ཚད་རྒྱ་བསྐྱོད་ཕྱིན་པ་སོགས་གྱི་བྱ་གས་ཀྱང་ཆེ་རུ་འགྲོ་གིས་ཡོད། བྱ་གས་ཆེ་ཤོས་དེ་གནས་སྤངས་གང་ཞིག་ལ་ཡོད་གི་ཡོད་དམ་ཞེ་ན། (སྒོ་ག་ཁྲར། ཁབ་ལེན་ར་བ། མཁྲོགས་ཚད།) གལ་སྲིད་སྒོ་ག་ཁྲར་དེའི་མཁྲོགས་ཚད་དང་ཁབ་ལེན་ནི་ཡི་ར་བའི་ཐིག་གཉིས་པན་ཚུན་བར་ལ་འཕྱུང་ཐིག་ཆགས་དགོས་གྱི་ཡོད་པ་དེ་ཡིན། (རྩུར་བྲུག་ཆེ་ཚད་ 10°) གལ་སྲིད་དེ་གཉིས་བར་གྱི་རྩུར་བྲུག་དེ་ལྷང་སྒོར་ཡིན་ན། ཐིག་གཉིས་པོ་མཉམ་བཞིན་ཡིན་པ་དང་དེ་ལ་བརྟེན་པའི་བྱ་གས་དེ་ཡང་ལྷང་སྒོར་ཡིན། བྱ་གས་གྱི་ཕྱོགས་དེ་ཡང་སྒོ་ག་ཁྲར་གྱི་མཁྲོགས་ཚད་ཐིག་དང་ཁབ་ལེན་ནི་ཡི་ར་བའི་ཐིག་སོགས་ལ་འཕྱུང་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་བཞིན་གལ་སྲིད་འགྲུལ་བསྐྱོད་ཅན་གྱི་སྒྲོག་ཁུར་དང་ཁབ་ལེན་དོའི་ར་བའི་ཐིག་གཉིས་པན་ཚུན་འཕྲང་ཐིག་ཡིན་ན། དེ་དག་ལ་བཞིན་པའི་བྱགས་དེ་འདི་ལྟར་ཉི།

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

Where q = electric charge [C]

q = སྒྲོག་ཁུར།

v = velocity of the charge [m/s]

v = སྒྲོག་ཁུར་གྱི་མགྲོགས་ཚད།

B = magnetic field strength [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་བྱགས་ཆེ་ཚུང་གི་ཅི་གཞི་ནི་ Tesla ཡིན་པ་དང་དེའི་མཚོན་ཉགས་སུ་ T འབྲི་དགོས། ཐ་སྙད་འདི་ནི་གོ་རོལ་ཡ་ནས་ཡིན་པའི་ཚན་རིག་པ་ Nikola Tesla ཞེས་པའི་མིང་ནས་བྱང་བ་ཞིག་ཡིན། ཁོང་གི་ལོ་ 1900 ཙམ་ལ་གཙོ་བོ་སྒྲོག་བཏོན་བཞོད་བྱས་དང་། འབྲི་མ་འབྲུལ་དེ་བཞིན་སྒྲོག་གི་བེད་སྤྱོད་སྐོས་གས་གསར་གཏོད་དང་རྒྱ་བསྐྱེད་སྐོས་གས་ཀྱི་ལས་ཀ་བྱེད་ཀྱི་ཡོད།

Object / དངོས་པོ།	magnetic field strenght / ཁབ་ལེན་དོའི་ར་བའི་བྱགས་ཆེ་ཚུང་།
Space / བར་སྤང་།	$10^{-10}T - 10^3T$
Earth / གོ་ལ།	$3 \cdot 10^{-5}T$
Horseshoe magnet / རྟའི་མིགས་ལྷགས་འདྲ་བའི་ཁབ་ལེན་དོ།	0.001T
Magnet resonance imaging / སྒྲོག་དཔར་རིགས་ཤིག།	7.2T
Strongest magnetic field created in a laboratory / དཔྱད་ཞིབ་ཁང་ནང་བསྐྱུན་པའི་ཁབ་ལེན་དོའི་ར་བ་བྱགས་ཆེ་ ཤོས།	45T
Some stars / སྐར་མ་ཁ་ཤས།	$10^6T - 10^{13}T$

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

སྒྲོག་རྒྱལ་གྱི་རྒྱ་ལམ་འཁྱོག་པའི་དཔེ་མཚོན་བར་སྤང་དུ་མཐོང་རྒྱ་ཡོད། ས་གཞིའི་ཁབ་ལེན་དོའི་ར་བས་ནི་ཟེར་གཞོན་ཅན་ལས་ང་ཚོ་སྤང་སྐྱོབ་བྱེད་བེད་ཡིན།

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་གི་ཡོད། དངོས་ཡོད་གནས་ཚུལ་ལ། ས་བཤད་གི་སྟེ་དང་ཁབ་ལེན་དོའི་སྟེ་གཉིས་དུས་གཅིག་ལ་མཉམ་དུ་མེད་ཀྱང་ས་བཤད་གི་འཕྲིད་ཐིག་ཕལ་ཆེ་བ་ལ་རོབ་ཅིས་བྱེད་དེ་འབྲས་གིས་ཡོད། སྤྱིར་བཏང་བརྗོད་པ་ན། རང་ཉིད་ས་གཞིའི་སྤྱ་འབྲུད་གི་ཉི་འགྲམ་དུ་ཡོད་དུས། ཕྱོགས་སྟོན་འཁོར་ལོས་སྟོན་པའི་བྱང་སྟོ་དང་ས་གཞིའི་བྱང་སྟོ་གཉིས་གི་ཁྱད་པར་ཡང་རྒྱུད་པ་ཡོད། ཁྱད་པར་དེ་ལ་དོ་ཁབ་ལེན་གི་སྟེ་འཕྲི་ (magnetic declination) ཟེར་གི་ཡོད།

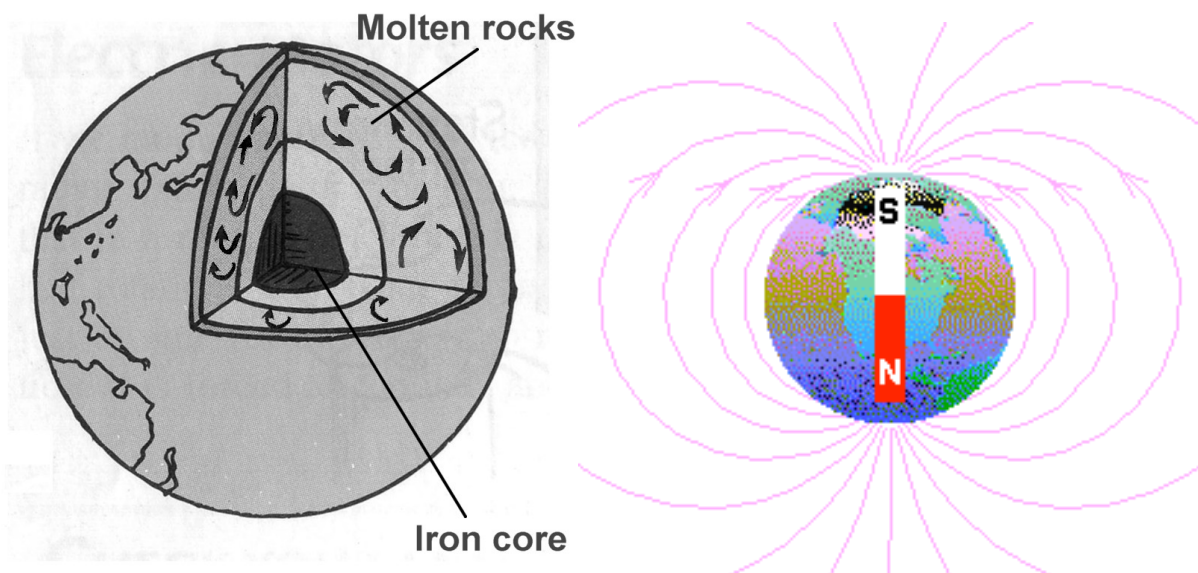
But how and why is the earth behaving in such magnetic manner? Think about and write down how this phenomenon could be explained, using the knowledge of magnetism you have acquired so far.

ཡིན་ནའང་། ས་གཞིས་ཁབ་ལེན་དོའི་བྱང་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་དོའི་རང་བཞིན་གི་སྟོན་པ་ཆེན་གི་ཤེས་བྱ་ནམས་བེད་སྤྱོད་བྱེད་དེ་ཆོས་ཉིད་འདི་ནི་ལྟར་འབྲེལ་བརྗོད་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.

བྱེད་གི་དེ་ནི་ལྟར་ཡོད་མེད་འབྲེལ་བརྗོད་བྱེད་ཡོད་སྟེ། ཆན་རིག་པ་ཚོ་ཡང་དེའི་ཐོག་གསལ་པོ་ཤེས་གིས་མེད་དེ། ཁོང་ཚོས་ས་གཞིའི་ཁབ་ལེན་དོའི་ར་བའི་སྟོར་བརྗོད་པ་བཞིན་བཤད་པ་ཁྱེད་སྟེ་ལ་ད་བར་བྱེད་བྱུང་མེད། དངོས་ཡོད་གནས་ཚུལ་ཞིག་ལ་སའི་གོ་ལའི་ཁབ་ལེན་ར་བ་ནི་གོ་ལ་རང་གི་དབྱས་སུ་ཁབ་ལེན་དོ་ཆེན་པོ་ཞིག་ཡོད་པའི་དབང་དུ་བཏང་ན། དེའི་ར་བ་ནི་ལྟར་ཆགས་པ་བཞིན་དེ་ལྟར་ཡོད་པ་བརྗོད་གི་ཡོད། ཡིན་ནའང་ཡ་མཚན་ཞིག་ལ་ས་བཤད་གི་བྱང་སྟེ་ཁབ་ལེན་དོའི་སྟོ་ལ་འཁེལ་བ་དང་ས་བཤད་གི་སྟོ་ཁབ་ལེན་དོའི་བྱང་ལ་འཁེལ་གི་ཡོད། དེ་ནི་དབྱུག་ལྷུས་ཅན་གི་ཁབ་ལེན་དོའི་བྱང་སྟེ་ནི་རང་ཉིད་གི་སྟེ་བྱང་ཕྱོགས་སུ་བསྐྱོན་པ་བཅི་ཡི་ཡོད་པའི་རྒྱ་མཚན་གི་ཡིན། ཡིན་ན་ཡང་། ང་ཚོས་ཤེས་གསལ་སྟེ་མཐུན་པ་གཉིས་དུ་སྒྲིག་རེས་ཡོད། དེར་བརྟེན་ས་བཤད་གི་བྱང་སྟེ་དེ་ཁབ་ལེན་དོའི་སྟོ་སྟེ་ལ་འཁེལ་གི་ཡོད་པ་གསལ། ཡིན་ནའང་ཆན་རིག་པ་ཕལ་ཆེ་བའི་བསམ་ཚུལ་གཅིག་མཐུན་ལ་ས་གཞི་ལ་ཁབ་ལེན་དོའི་ར་བ་ཡོད་པའི་རྒྱ་མཚན་ནི་སྟོན་ཁྱེད་ཁྱེད་འགྲུལ་བསྐྱོད་ཅན་ནམས་གོ་ལའི་དོ་ཞུན་གི་ཆ་ཤས་སུ་འགྲུལ་བའི་རྒྱུ་བྱེད་པར་འདོད། ཡང་འགྲུལ་ཤས་གིས་དེ་ནམས་ཆ་དོད་སྟོན་ཁྱེད་ (convection currents) གོ་ལའི་དཀྱིལ་ཁོག་ནས་ཐོན་པའི་དོད་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 solidified sediments in the sea or stones build by solidified 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་རྟེན་པ་བཞེན་བརྟན་པོ་མེད་པ་དེ་ནི་བྱུང་པར་ཅན་གྱི་དངོས་འབྲེལ་གཞན་ཞིག་ཡིན། གང་ལྟར་ཡང་ནི་མ་གཅིག་གཉིས་ཀྱི་
 འགྱུར་བའི་སྒོར་བརྟན་གྱི་མེད་ལ། ཡིན་ནའང་ཁབ་ལེན་རྟེན་པ་བ་རིམ་གྱིས་ནམས་པར་བརྟན་མི་ལོ་བྱེ་བ་བདུན་ཙམ་གོང་ལ་སྟོ་བྱང་གི་སྟེ་ཡང་
 བརྟན་འགྱུར་བྱུང་ཡོད། ད་ལྟ་བྱང་ཕྱོགས་ཡིན་པ་དེ་སྟོན་མ་སྟོ་ཕྱོགས་ཡིན་པ་དང་གོ་རིམ་ཐོག་ཀྱང་སྟོན། ཉག་པ་བརྟན་པ་མེད་པའི་བརྟན་
 དེ་མི་ལོ་བྱེ་བ་ལྟ་རེ་ནང་བྱུང་གིས་ཡོད། འདི་ང་ཚོས་ཇི་ལྟར་ཤེས་སམ། དེ་དུས་ཚན་རིག་པ་ཡོད་མེད་བརྟན་བྱུང་བམ། ཚན་རིག་མེད་པ་གསལ་
 པོ་ཡིན། ཡིན་ནའང་རྒྱ་མཚོའི་འག་དུ་སྟེགས་བསགས་ཅན་གྱི་བྲག་རྩོད་དང་ས་སྟོང་མེ་རི་ལས་བྱུང་བའི་རྩྭ་མཁའ་གསལ་འགྱུར་ནམས་ཀྱི་ནང་དུ་
 ལྷགས་རྒྱས་ཉུང་ཤས་ཡོད། མི་རི་ལས་བྱུང་བའི་རྩྭ་མཁའ་དེ་དག་ཚལ་ཡོད་དུས་ལྷགས་རྩལ་ནམས་ཁབ་ལེན་རྟེན་པ་སྟོགས་སྟོན་ཀྱི་མེད་ཀྱང་།
 ཡིན་ནའང་རྩྭ་མཁའ་དེ་དག་གང་མོར་འགྱུར་དུས་ལྷགས་རྩལ་འགའ་ཞིག་གོ་ལའི་ཁབ་ལེན་རྟེན་པ་བ་རིམ་ཡོད་པ་བཞེན་ཕྱོགས་སྟོན་ཀྱི་མེད་ཀྱིས་
 ཡོད། གལ་སྟེ་ཚན་རིག་པ་ཚོས་བྲག་རྩོད་དང་སྟེགས་བསགས་དེ་དག་གི་ལོ་རྒྱུས་ཡིན་པ་ཤེས་བྱུང་བའམ་དེ་དག་མཁའ་གསལ་པོར་ག་དུས་འགྱུར་བ་
 ཤེས་བྱུང་བ་ཡིན་ན། ཁོང་ཚོས་དེའི་དུས་ཀྱི་ཁབ་ལེན་རྟེན་པ་བའི་སྟོགས་དང་ཤུགས་ཆེ་ཆུང་ཤེས་བྱུང་གིས་ཡོད།
 གནས་ཚུལ་ལེགས་པ་ཞིག་ལ་ད་ལྟ་གོ་ལའི་ཁབ་ལེན་རྟེན་པ་བ་དེ་བརྟན་པོ་ཡོད། རྒྱ་མཚན་འདི་ལ་བརྟན་ནས་བར་སྤྱང་བྱི་མའི་འོད་ཟེར་རྩོད་རར་
 ཅན་(སྟོག་ཆགས་ལ་གཞོན་ཆབ་ཆེ་བའི་སྟོག་ཁུར་ཅན་གྱི་རུལ།) ནམས་ལམ་གྲིག་པར་བྱེད་དེ་གོ་ལའི་ས་ངོས་འཕྱོར་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་གྱོག་གི་ཡོད་པ་འགྲེལ་བརྗོད་གྱེད།

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

གོ་ལའི་ཕྱོགས་ཡོངས་ལ་འོད་ཟེར་གྱོག་སྒངས་མཚུངས་ཀྱི་ཡོད་ནམ། གལ་སྲིད་མེད་ན། རྒྱ་མཚན་འགྲེལ་བརྗོད་གནང་རོགས།

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, Fe_3O_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.

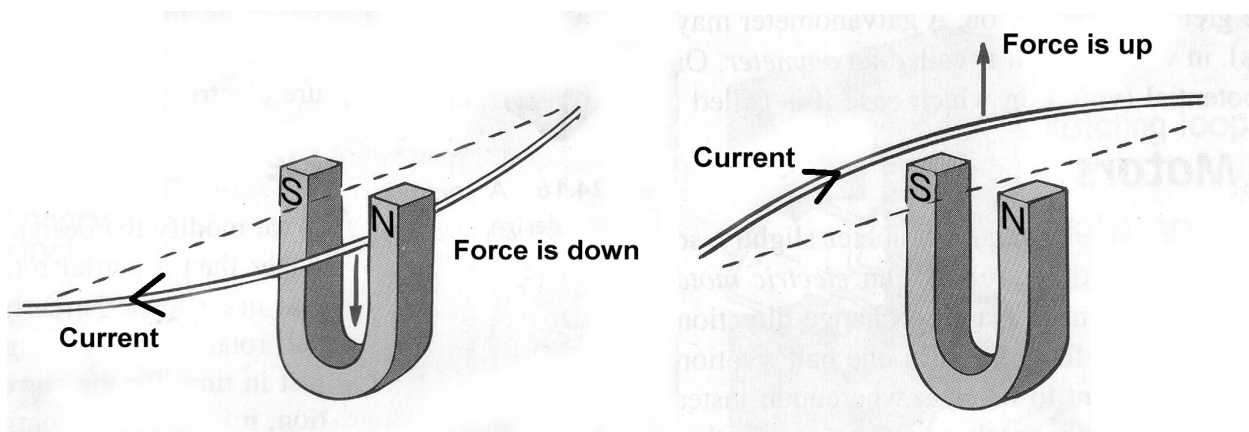
གོ་ལའི་ཁབ་ལེན་དོ་ཡི་ར་བ་འོངས་སུ་སྒྲིག་པའན་གྱི་སྒོ་ག་ཆགས་ཀྱང་ཡོད། སྤ་སྲིན་འགའ་ཤས་ཀྱིས་སྒྲིག་གོས་ཐོག་དོ་ཁབ་ལེན་
(magnetite ཕྱགས་རྒྱལ་ལྷན་པའི་གཏེར་རྩིས་) སྤ་མོ་མང་པོ་འབྲུབ་ཀྱི་ཡོད་པས་དེ་ནམས་འདུས་ཤིང་ནང་ཁུལ་གྱི་ཕྱོགས་སྟོན་འཁོར་ལོ་
ཞིག་འབྲུབ་ཀྱི་ཡོད། སྤ་སྲིན་ཚོས་རང་གི་ཕྱོགས་སྟོན་བྱུང་པའི་འཚོར་ཤེས་དེ་བེད་སྤྱོད་བྱེད་དེ་རང་ལ་མཁོ་བའི་ཟས་བཅུད་འཚོལ་གྱིས་ཡོད། དེ་
བཞིན་འང་གུའི་ཀ་པ་ལའི་ནང་དུ་ཡོད་པའི་ཁབ་ལེན་དོ་སྤ་མོ་ནམས་དེ་དག་གི་ལྷང་པའི་ནང་གི་ཁྲག་རྩ་སྤ་མོ་ལ་མཐུད་འབྲེལ་བྱེད་ཡོད། དེས་
བརྟེན་དེ་དག་གི་གོ་ལའི་འཕྲེད་ཐིག་དང་དཀྱིས་ཐིག་སོགས་ཕྱོགས་ནམས་ལེགས་པར་ཚོར་བྱུང་གྱི་ཡོད།
སྤང་བྱ་དང་བྱེ་མ་ལེག། པོ་དོང་མ། རྒྱ་མཚོའི་རུས་སྤུལ། ན་སོགས་ལ་ཡང་ཁབ་ལེན་གྱི་རྒྱ་རྩིས་ཡོད་པ་ཤེས་སོ།

Magnetic force on current-carrying wires

སྒྲོག་རྒྱན་འདིན་མཁན་སྒྲོག་སྒྲུང་སྟེང་ཁབ་ལེན་དོ་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་བཞེན་པའི་སྒྲོག་ཁུར་ལ་ཁབ་ལེན་དོ་ཡི་ར་བས་རྒྱན་བྱེད་གྱི་ཡོད་པ་ང་ཚོས་ཤེས་གྱི་ཡོད། སྒྲོག་རྒྱན་འདིན་མཁན་གྱི་སྒྲོག་སྒྲུང་ཞིག་ལ་ཆ་བཞག་ན་དེའི་ནང་དུ་སྒྲོག་ཁུར་འགྲུལ་བསྐྱོད་བྱེད་གྱི་ཡོད། གལ་སྲིད་དེ་ཁབ་ལེན་དོ་ཡི་ར་བ་ཞིག་གི་ནང་དུ་བཞག་པ་ཡིན་ན། སྒྲོག་རྒྱན་དེ་ལ་བྱ་གས་ཞིག་ཚོར་བ་དང་སྒྲོག་རྒྱན་ཞེས་པ་དེ་འདྲ་སྒྲོག་ཁུར་འགྲུལ་བསྐྱོད་བྱེད་མཁན་ནམས་ཡིན་པ་དང་དེ་དག་སྒྲོག་སྒྲུང་ནང་དུ་བརྒྱུད་ཡོད་པར་བརྟེན་བྱ་གས་དེ་ཡིས་སྒྲོག་སྒྲུང་དེ་འཕུལ་གྱིས་ཡོད། དེ་ཡང་བྱ་གས་དེ་ཡིས་ཁབ་ལེན་ར་བའི་ཐིག་དང་སྒྲོག་ཁུར་རྒྱགས་ཕྱོགས་བཅས་ལ་འཕྲུང་ཐིག་བཙོ་ཡིས་ཡོད། སྒྲོག་རྒྱན་གྱི་རྒྱགས་ཕྱོགས་འགྲུར་བ་བཞེན་དེ་ལ་བརྟེན་པའི་བྱ་གས་གྱི་ཕྱོགས་ཀྱང་འགྲུར་གྱི་ཡོད།



Why is this change of the direction happening?

ཕྱོགས་དེ་འགྲུར་དགོས་དོན་གང་ཡིན་ནམ།

Do you know any other phenomenon comparable to this?

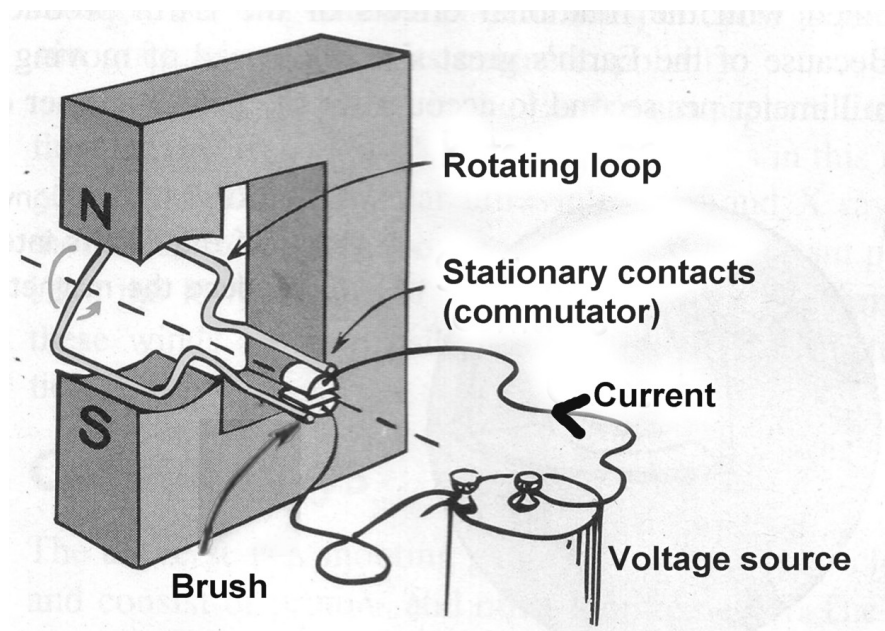
དེ་དང་མཐུན་པའི་གྲུབ་དོན་གཞན་ཁྱེད་གྱི་ཤེས་སམ།

Electric motors

སྒྲོག་གི་མོ་ཁོ་རྩ།

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་ཁོ་རྩ།



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.

ཁྱེད་ཀྱི་དཔེ་རིས་འདིའི་ནང་སྒྲོག་གི་མོ་ཁོ་རྩ་གྱི་ངོས་སྒོ་ལ་རོབ་ཙམ་མཐོང་བྱུང། རོ་ཁབ་ལེན་དོ་མས་ཁབ་ལེན་གྱི་ར་བ་འགྲུབ་གྱི་ཡོད། བྱུག་ལུང་གྲུབ་བཞིན་པའི་སྒྲོག་སྒྱུད་ཆད་ཀྱི་ཆངས་ཐིག་ཞིག་ལ་སྒྲོར་ཡོད། སྒྲོག་སྒྱུད་དེ་སྒྲོག་ཤུགས་ཀྱི་འབྲུང་ཁུངས་ཞིག་ལ་མཐུད་ཡོད། (དཔེར་ན།

གྲོག་ཇུས།) དེར་བརྟེན་གྲོག་སྒྲུབ་དེས་གྲོག་རྒྱན་འདེན་གྱིས་ཡོད། རྟེན་གྲོག་སྒྲུབ་ནང་དུ་གྲོག་རྒྱན་ཁ་ཕྱོགས་གཅིག་དུ་རྒྱགས་པ་དང་འོག་
 དུ་ཡོད་པའི་གྲོག་སྒྲུབ་ནང་དུ་གྲོག་རྒྱན་ཁ་ཕྱོགས་ཐོག་སྟེ་རྒྱགས་གྱི་ཡོད། (དེ་ཡང་ཁབ་ལེན་དོའི་ར་བ་གཞི་བཞག་ཐོག་) དེ་ལྟར་ན་ཁབ་ལེན་
 དོའི་ར་བ་ཞིག་གི་ནང་དུ་གྲོག་རྒྱན་འདེན་མཁན་གྱི་གྲོག་སྒྲུབ་ནམས་ཡོད། ཤོད་གི་སྒྲོབ་ཚལ་ནང་དུ་ཚོས་གྲོག་སྒྲུབ་ལ་ཤུགས་རྒྱུན་བྱེད་མཁན་གྱི་
 ཤུགས་ཞིག་ཡོད་པ་ཞེས་ཡོད། གལ་སྲིད་རྟེན་གྲོག་སྒྲུབ་དེ་གཡོན་ཕྱོགས་སུ་ཤུགས་རྒྱུན་འབབ་པ་ཡིན་ནའོག་གི་གྲོག་སྒྲུབ་དེ་ཐོག་ཕྱོགས་སུ་
 ཤུགས་རྒྱུན་འབབ་གྱི་ཡོད། དེ་གང་ཡིན་ཞེ་ན། ཁབ་ལེན་ར་བ་གཞི་བཞག་ཐོག་འོག་གི་གྲོག་སྒྲུབ་ནང་དུ་གྲོག་རྒྱན་ཐོག་ཕྱོགས་སུ་རྒྱགས་གྱི་
 ཡོད། ཤུགས་དེ་ཚོའི་འབྲས་བུར་གྲོག་སྒྲུབ་གྲུག་ལུང་ནར་མོ་དེ་འཁོར་བསྐྱོད་གྱི་གནས་སྤངས་སུ་འགྱུར་གྱི་ཡོད། གྲུག་ལུང་དེ་ཐད་ཀར་གྱི་
 གནས་སྤངས་སུ་མ་སྟེ་བས་བར་འཁོར་བསྐྱོད་བྱེད་བཞིན་གནས་གྱི་ཡོད། གནས་སྤངས་དེར་ཤུགས་གྱི་དམིགས་བསལ་གྱི་འཁོར་བསྐྱོད་བྱེད་པ་ལ་
 ཤུགས་རྒྱུན་མེད། ཤུགས་དེས་གྲུག་ལུང་གོང་དུ་སྟེང་ལ་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་མཚམས་འདྲིའི་ཕྱིན་གྱི་ཡོད།
 དེར་བརྟེན་གྲུག་ལུང་ཐད་ཀར་གནས་སྤངས་སུ་འགྱུར་ཆེ་དུ་ཚོས་དེ་ལ་གྲོག་རྒྱན་མཁོ་སྟོན་བྱེད་གྱི་མེད། ང་ཚོས་དཔེ་རིའི་རྟེན་དུ་གཟིགས་པ་
 བཞིན་གསེར་གནས་བྱག་མཚམས་དེ་ཐད་ཀར་གནས་སྤངས་སྐབས་སུ་ཅ་བརྒྱག་དུ་འགྲོ་གི་ཡོད། བེམ་གཤིས་ཡོད་པ་ལ་བརྟེན་ནས་གྲུག་ལུང་སྒར་
 ཡང་གྲོག་རྒྱན་དང་མ་འཕྲད་བར་སུ་མཐུན་འཁོར་བསྐྱོད་བྱེད་གྱི་ཡོད། ཡིན་ནའང་གྲུག་ལུང་གཞིར་བཞག་དུ་ཚོས་གྲོག་ཤུགས་འབྱུང་ཁུངས་གྱི་སྟེ་
 ལ་འགྱུར་བ་བྱུང་པ་ཡིན། དེར་བརྟེན་གྲུག་ལུང་གཞིར་བཞག་གྲོག་རྒྱན་གྱི་རྒྱགས་ཕྱོགས་འགྱུར་གྱི་ཡོད། ཡིན་ན་ཡང་ཁབ་ལེན་དོའི་དེ་གཞིར་
 བཞག་སྟེང་གི་གྲོག་སྒྲུབ་ནང་དུ་གྲོག་རྒྱན་རྒྱགས་ཕྱོགས་ལ་འགྱུར་བ་མེད། གྲོག་རྒྱན་འདེན་མཁན་གྱི་གྲོག་སྒྲུབ་དེས་ཤུགས་རི་ལྟར་འཚོར་བ་
 བཞིན་ཤུགས་གྱི་ཁ་ཕྱོགས་སུ་རྟེན་གནས་གྱི་ཡོད། དེར་བརྟེན་འཁོར་བསྐྱོད་གྱི་གནས་སྤངས་ཀྱང་ཁ་ཕྱོགས་དེ་རང་ལ་གནས་གྱི་ཡོད། གནས་
 སྤངས་དེ་གྲོག་སྒྲུབ་འོག་མ་དེ་ལ་ཡང་དེ་བཞིན་ཡིན། དེ་འདྲ་སོང་ཅང་གྲོག་གི་མོ་ཏར་དེ་ཉིད་བརྟེན་དུ་འཁོར་བྱུང་གྱི་ཡོད།

Which are the four reasons that keep this motor turning?

གྲོག་གི་མོ་ཏར་སུ་མཐུན་འཁོར་བསྐྱོད་བྱེད་བྱུང་པའི་རྒྱ་མཚན་བཞི་གང་དང་གང་ཡིན་ནམ།

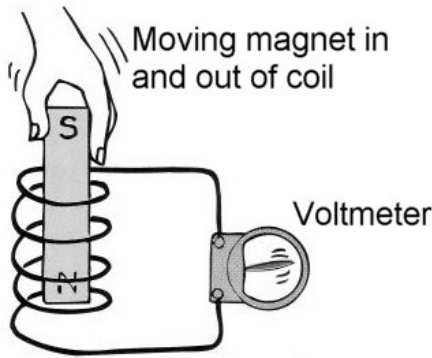
Electromagnetic induction

གྲོག་དོའི་གྲོག་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.

གྲོབ་ཚན་སྟོན་མར་དུ་ཚོས་ཁབ་ལེན་དོའི་ར་བས་གྲོག་རྒྱན་དང་དེ་མིན་གྲོག་ཁུར་འགྲུལ་བསྐྱོད་ཅན་ནམས་ཤུགས་རྒྱུན་རི་ལྟར་ཡོད་པ་གཟིགས་ཡོད།
 གསར་བརྟེན་དེ་དག་ལ་ཐུགས་རྟེན་ཆེ་བཞུད་གོས་དེས་ཏེ། ད་ཆ་མོ་ཏར་བེད་སྟོན་བྱེད་དེ་གྲོག་གི་ནུས་ཤུགས་འཕུལ་ཆའི་ནུས་ཤུགས་སུ་འཕོ་བསྐྱུར་
 བྱེད་བྱུང་གྱི་ཡོད། ཕྱི་ལོ་ 1830 ཙམ་ལ་དབྱིན་ཇི་བ་མ་ཁེ་ལ་པར་ཏེ་དང་ཨ་རི་བཛོ་སི་བ་ཏེན་རི་གཉིས་ཀས་ཁབ་ལེན་དོའི་ར་བས་ཀྱང་གྲོག་
 རྒྱན་བསྐྱུར་བྱུང་གྱི་ཡོད་པ་གསར་བརྟེན་བྱུང་བ་རེད། གསར་བརྟེན་གལ་ཆེན་དེས་འབྱུང་འགྱུར་འདྲམ་སྒྲིང་ནང་འགྱུར་བ་དུ་མ་ཞིག་བྱུང་ཡོད།

གསར་བརྟེན་དེ་ལ་བརྟེན་ནས་ཆུ་འཁོར། འཕྲུལ་ཆ་ཨ་མ་མོ་གས་ཀྱི་རྒྱས་ཤུགས་སྒོ་ག་གི་རྒྱས་ཤུགས་ལ་བརྟེན་བརྒྱུ་བྱེད་བྱུང་པ་ཡིན་པ་མ་ཟད།
རྒྱས་ཤུགས་དེ་དག་བཟོ་བརྒྱུ་བྱེད་ཡུལ་ནས་ཐག་རིང་ས་གནས་སུ་སྒྲིལ་འདེན་བྱེད་བྱུང་གི་ཡོད།



Faraday and Henry both discovered that electric current can be produced in a wire simply by moving a magnet in or out of a coiled part of the wire. No battery or other voltage source is needed.

ཕ་ར་ཏེ་དང་ཏིན་རི་གཉིས་ཀྱིས་སྒྲིལ་བྱུང་གི་དཀྱིས་སྒོར་ཞིག་གི་ནང་དུ་ཁབ་ལེན་ནི་
ཞིག་ནང་སྒྲིལ་བྱུགས་ཀྱིས་འཐེན་བྱེད་པ་ན་སྒྲིལ་བྱུང་དེའི་སྟེང་དུ་སྒོ་ག་སྒྲིལ་བརྒྱུ་བྱུང་བ་
གསར་བཟོ་བྱས། སྒྲིལ་བཟོ་བྱས་དེ་སྒོ་ག་སྒྲིལ་བྱུགས་ཀྱི་འབྱུང་ཁུངས་གང་
ལ་འང་བརྟེན་མི་དགོས་པ་ཡིན།

They found out that voltage is caused, or induced by the relative motion between a wire and a magnetic field. And we know, that if there's voltage and you close the electric circuit, with a bulb or other resistance for example, there will be a current. The term relative motion simply means that either the magnetic field or the wire or both can be in motion. In fact, the change of the magnetic field will induce the voltage.

ཁོང་ཚོས་ཤེས་ནི་གས་ཞིག་ལ་སྒོ་ག་ཤུགས་དེ་བཞིན་སྒོ་ག་སྒྲིལ་དང་ཁབ་ལེན་ནི་དེ་ར་བའི་དབར་ཏིན་འབྲེལ་གྱི་འགྲུལ་བརྒྱུད་ལས་བརྒྱུད་པ་ཞིག་ཤིས།
ང་ཚོའི་ཤེས་གསལ་ལ་སྒོ་ག་ཤུགས་ཀྱི་འབྱུང་ཁུངས་ཞིག་ལ་ཤེལ་དོག་ཡང་ན་སྒོ་ག་འགོག་གཞན་ཞིག་མཐུད་པ་ན་སྒོ་ག་ལས་དེ་ར་སྒོ་ག་སྒྲིལ་དང་ཐུན་
པ་འགྱུར། འདིར་བཤད་མ་ཐག་པའི་ཏིན་འབྲེལ་གྱི་འགྲུལ་བརྒྱུད་ཞེས་པ་དེ་ཁབ་ལེན་ནི་དང་སྒོ་ག་སྒྲིལ་ཡང་ན་དེ་གཉིས་ཀ་འགྲུལ་བརྒྱུད་ཀྱི་གནས་
སྟངས་ཞིག་ལ་ཟེར། དེས་འབྲེལ་བྱས་ན་ཁབ་ལེན་ནི་དེ་ར་བ་འགྱུར་བ་བཞིན་སྒོ་ག་ཤུགས་བརྒྱུད་པ་ཡིན།

The greater the number of loops of wire, the greater will be the induced voltage. Pushing a magnet into twice as many loops will induce twice as much voltage. Three times as many loops induce three times as much voltage and so on. This phenomenon of inducing voltage by changing the magnetic field in a coil of wire is called **electromagnetic induction**.

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

The induced voltage in a coil is proportional to the product of the number of loops and the rate at which the magnetic field changes within those loops.

སྒོ་ག་སྒྲིལ་གྱི་དཀྱིས་སྒོར་དེ་ཙམ་ཡོད་པ་དེ་བཞིན་སྒོ་ག་ཤུགས་ཀྱི་འབྱུང་ཁུངས་བརྒྱུད་བྱུང་པ་ཡིན། གྲུག་ལུང་ཐུབ་གཉིས་ཙམ་མང་བ་ཡོད་པའི་
ནང་དུ་སྒོ་ག་ཤུགས་ཀྱང་ཐུབ་གཉིས་ཀྱི་མང་བ་ཡོད། གྲུག་ལུང་ཐུབ་གསུམ་ཙམ་མང་བ་ཡོད་པའི་སྒོ་ག་སྒྲིལ་ནང་དུ་སྒོ་ག་ཤུགས་ཀྱང་ཐུབ་གསུམ་
ཀྱི་མང་བ་ཡོད་པ་བཅས་སོ། སྒོ་ག་སྒྲིལ་དཀྱིས་སྒོར་གྱི་ཁབ་ལེན་ར་བའི་མང་བཤད་བས་སྒོ་ག་ཤུགས་བརྒྱུད་པའི་ཐབས་ལམ་དེ་ལ་སྒོ་ག་དོའི་
སྒོ་ག་བརྒྱུད་ཟེར།

གནས་ཆུལ་འདི་དག་ཡར་ཁྲའི་ཚེས་ཏིན་ནང་དུ་བསྟུས་ཏེ། དེའི་བརྟེན་དོན་ནི།

སྒོ་ག་ཤུགས་བརྒྱུད་པ་དེ་གྲུག་ལུང་གི་མང་ས་འཕོར་དང་དེ་དག་གི་སྟེང་དུ་ཁབ་ལེན་ནི་དེའི་ར་བ་དེ་ལྟར་
འགྱུར་གྱི་ཡོད་མེད་གཉིས་འགྱུར་བ་དང་ཐད་ཀར་ཏིན་འབྲེལ་ཡོད།

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་ཚོག་ཤུགས་ནི་ཁབ་ལེན་དོའི་ར་བ་ཞིག་ཚོག་སྐྱེད་ཀྱི་གྲུག་ལུང་ཞིག་ཏེ་འགྲམ་དུ་འགྲུལ་བསྐྱོད་བྱེད་པ། ཡང་ན་གྲུག་ལུང་ཁབ་ལེན་ར་བའི་ཏེ་འགྲམ་དུ་འགྲུལ་བསྐྱོད་བྱེད་པས་བསྐྱེད་པ་ཡིན།
ཁྱེད་ཀྱི་ཁབ་ལེན་དོའི་མེད་པའི་དབང་དུ་སྤངས་ཏེ་ཚོག་སྐྱེད་ཀྱི་གྲུག་ལུང་ནང་དུ་ཚོག་ཤུགས་བསྐྱེད་བྱེད་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.

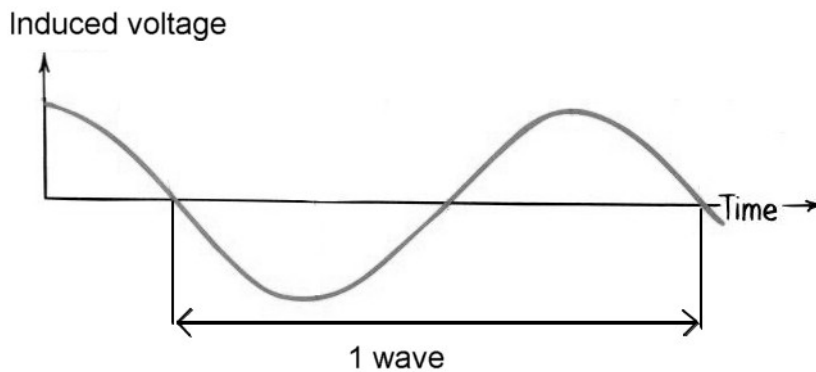
ཚོག་དོའི་ཚོག་བསྐྱེད་ནི་ང་ཚོས་ཉག་དུ་བེད་སྤྱོད་བྱེད་བཞིན་ཡོད། དཔེ་མཚོན་དུ། གནས་ཐང་དུ་བདེ་འཇགས་ཆེད། དེ་ཡང་འགྲིམ་འགྲུལ་བས་ལྷགས་རིགས་ཁྱེད་ཡོད་མེད་རྟོགས་ཆེད། དེ་བཞིན་དེུལ་བཏོན་འཕྲུལ་འཁོར་ནས་དེུལ་བཏོན་ཆེད། དེ་ཡང་རང་གི་དཔང་རྟགས་ལག་ཁྱེད་ལ་གནས་ཚུལ་ནམས་ཁབ་ལེན་དོའི་གནས་སྤངས་ཐོག་བཏོད་སྒྲིགས་བྱས་ཡོད། དེ་བཞིན་དུ་སྐྱ་འཛིན་འཁོར་ལོའི་ནང་དུ་རོལ་དབྱངས་ཀྱི་སྐྱ་ནམས་ཀྱང་ཁབ་ལེན་དོའི་གནས་སྤངས་ཐོག་བཏོད་སྒྲིགས་བྱས་ཡོད།

Alternating current (AC)

སྤེལ་རྒྱུག་སྐྱོག་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་དོའི་ཞིག་དཀྱིས་སྒོར་བྱས་པའི་ཚོག་སྐྱེད་ཞིག་གི་ནང་དུ་ཕྱ་མཐུད་ནང་ཐུགས་ཕྱིར་བཏོན་བྱེད་པ་ན། ཚོག་ཤུགས་བསྐྱེད་པ་དེའི་ཕྱོགས་སྤེལ་རྒྱུག་བྱེད་ཀྱི་ཡོད། ཁབ་ལེན་དོའི་ཐུགས་པ་ལ་བརྟེན་ནས་དཀྱིས་སྒོར་སྤེད་གི་ཁབ་ལེན་དོའི་ར་བ་དེ་མང་སོང་བས་དཀྱིས་སྒོར་ནང་ཚོག་ཤུགས་བསྐྱེད་པ་དེ་ཕྱོགས་གཅིག་དུ་གཡོ། ཁབ་ལེན་དོའི་ཕྱིར་འཐེན་དུས་ཁབ་ལེན་དོའི་ར་བ་སྤོན་ལས་དེ་ཉེད་དུ་སོང་བས་ཚོག་ཤུགས་བསྐྱེད་པའི་ཕྱོགས་ཕྱོག་གི་ཡོད། དེ་ནི་སྤེལ་རྒྱུག་ཚོག་ཤུགས་དེ་ལྟར་བསྐྱེད་ཚུལ་ཡིན། ང་ཚོས་ཚོག་ཤུགས་དེ་སྤྱོད་དུས་ཐོག་མར་སྐྱོད་ནས་གང་ཙམ་མཐོ་དུ་སོང་སྟེ་གངས་ཀྱི་རྟགས་བརྟོས་མེད་གནས་སྤངས་མཐོ་ཤོས་སུ་འགྱུར་ཏེ་ཀྱོག་ཐིག་ཞིག་མངོན། དེ་ནས་ཀྱོག་ཐིག་དེ་སྐྱོད་སྒོར་དུ་འབྱོར་བ་དང་སྐར་ཡང་ཕྱོག་ཕྱོགས་སུ་གནས་སྤངས་མཐོ་ཤོས་སྤེལ་བ་ཡིན། གནས་སྤངས་དེ་ཕྱ་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”.

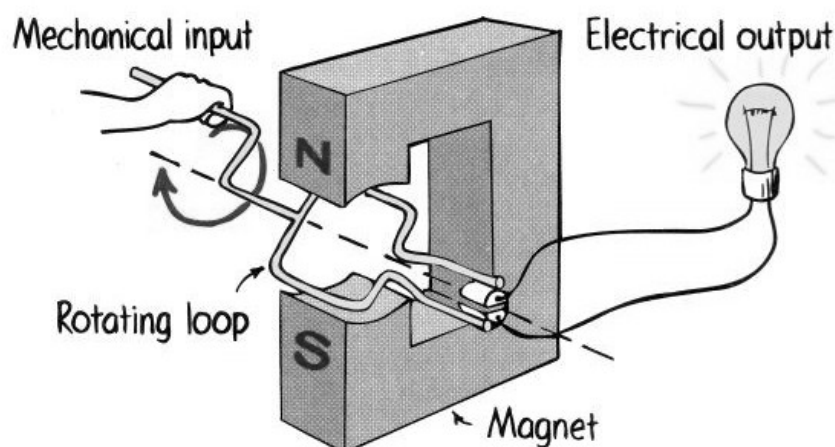
དེ་འདྲི་གྲོག་ཐིག་དེ་ལ་རྒྱབ་སྒྲིལ་ཞེས་ཟེར། གལ་སྲིད་ཁབ་ལེན་དོ་དེ་ཉིད་ཕྱི་སྒྲིལ་ཆག་བར་བཞིན་གཡོ་བ་ན། དེའི་འཕྲོག་ཐིག་ལ་ sine wave འཕྲོག་ཐིག་དེའི་འཕེལ་འགྲིབ་ནི་སྒྲིལ་ཆག་གཅིག་ནང་རྒྱབ་སྒྲིལ་གྲངས་ལ་ཟེར་ཞིང་། དེ་ནི་སྒྲིལ་རྒྱུག་ཐོག་གྲུགས་ཀྱི་འཕེལ་འགྲིབ་ཡིན། འཕེལ་འགྲིབ་འདི་ནི་གྲུག་ལུང་སྟེང་གི་ཁབ་ལེན་དོའི་ར་བའི་འཕེལ་འགྲིབ་དང་མཚུངས་སོ། འཕེལ་འགྲིབ་ནི། hertz ཚད་འཇལ་གྱི་ཡོད།

Generators

སྒྲོག་བཞོན་འཕྲུལ་འཁོར།

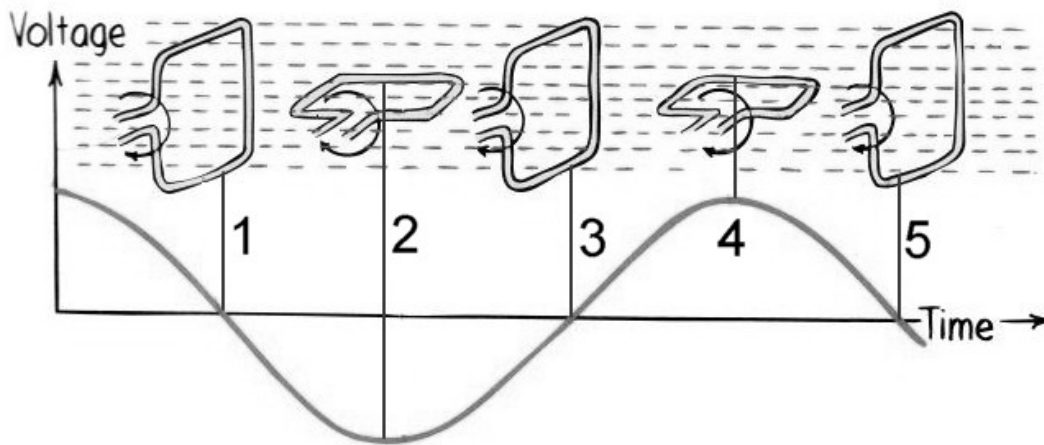
Another way of induce an alternating voltage is to move a coil or a simple loop rather than to move a magnet. For example by rotating the coil or the loop in a stationary magnetic field. This arrangement is called a generator. You can see the simplified principle of a generator in the picture below:

སྒྲིལ་རྒྱུག་ཐོག་གྲུགས་བསྐྱེན་སྟངས་ཀྱི་ཐབས་ལམ་གཞན་ཞིག་ནི་ཁབ་ལེན་དོ་འགྲུལ་བ་ལས་དཀྱིས་སྒྲོར་ཡང་ན་གྲུག་ལུང་དཀྱིས་མ་ཞིག་འགྲུལ་རྒྱུ་དེ་ཡིན། དཔེར་ན། དཀྱིས་སྒྲོར་ཡང་ན་གྲུག་ལུང་བརྟན་དུ་གནས་པའི་ཁབ་ལེན་དོའི་ར་བ་ཞིག་གི་ནང་དུ་སྒྲོར་བསྐྱོད་བྱེད་པ། སྒྲིག་འཛུགས་དེ་ལ་སྒྲོག་བཞོན་འཕྲུལ་འཁོར་ཞེས་ཟེར་བ་ཡིན། སྒྲོག་བཞོན་འཕྲུལ་འཁོར་གྱི་ཙུ་འཛིན་སྟངས་བདེ་ཞིག་གཞན་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.

གཤམ་གྱི་འདྲ་དཔར་དེས་གྲག་ལུང་འཁོར་བསྐྱོད་བྱེད་པ་ལ་བརྟེན་ནས་འཕྲུལ་བསྐྱོད་པ་བསྟན་གྱི་ཡོད། བྱེད་ཀྱི་ཁབ་ལེན་དོའི་ཉིད་འགུལ་གྱི་མེད་ཀྱང་གྲག་ལུང་སྟོང་གི་ཁབ་ལེན་དོའི་ར་བ་ལ་འགྱུར་བ་ཡོད་པ་ཤེས་བྱུབ། དེ་འདྲའི་འགྱུར་བ་དེ་གྲག་ལུང་སྟོང་གི་ཁབ་ལེན་ར་བའི་ཐིག་ཏེ་མང་རྗེ་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། གྲག་ལུང་སྟོང་ཏུ་ཁབ་ལེན་དོའི་ར་བ་མང་ཤོས་ཡོད། གྲག་ལུང་དེ་འདྲ་པར་ ༡ པའི་ཉེ་འདབས་སུ་འཁོར་བ་དང་དེ་ལ་བརྟེན་ནས་གྲག་ལུང་སྟོང་ཏུ་ཡོད་པའི་ཁབ་ལེན་དོའི་ར་བ་དེ་དག་རྗེ་རྒྱང་སོང་། གང་ཡིན་ཞེ་ན། ཁབ་ལེན་ར་བའི་ཐིག་ཕྱན་བྱ་ཞིག་ལས་མེད། གྲག་ལུང་སྟོང་གི་ར་བའི་འགྱུར་བ་དེ་ཐོག་མར་དལ་པོ་ཡོད་ཀྱང་རིམ་གྱི་འདྲ་པར་ ༡ ལྷན་གནས་སྟངས་མཐོ་ཤོས་དེར་མ་སྐྱེ་བས་བར་གོང་མཐོར་སོང་བ་ཡིན། སར་ཏེ་ཡི་ཆོས་ཉིད་གཞིར་བཞན་ན། ཟློག་ཤུགས་བསྐྱོད་པ་དེ་གནས་སྟངས་ ༡ ལྷན་སྟོར་ནས་འཕེལ་ཞིང་མཐར་གནས་སྟངས་ ༡ མཐོ་ཤོས་སུ་འགྱུར་གྱི་ཡོད། གྲག་ལུང་སྟོང་གི་ཁབ་ལེན་ར་བའི་འགྱུར་ཚུགས་རྗེ་རྒྱང་སྟེ་གནས་སྟངས་ ༡ པར་སྐྱར་ཡང་ལྷན་སྟོར་ཏུ་འགྱུར་གྱི་ཡོད། ཟློག་ཤུགས་གནས་སྟངས་ལའང་གཅིག་མཚུངས་ཡིན། ལུ་མཐུད་འཁོར་བསྐྱོད་བྱེད་པས་ཁབ་ལེན་དོའི་ར་བའི་འགྱུར་བ་སྐྱར་ཡང་རྗེ་རྒྱང་གཏོང་བ་དང་། དེར་བརྟེན་གྲག་ལུང་སྟོང་གི་ཟློག་ཤུགས་བསྐྱོད་ཚུལ་འཕེལ་གྱི་ཡོད། ཡིན་ནའང་། གནས་སྟངས་ ༡ གཞིར་བཞག་གི་གྲག་ལུང་དེ་མགོ་སྟོང་ཟློག་པར་བརྟེན་ཟློག་ཤུགས་བསྐྱོད་པའི་སྟེ་ལ་འགྱུར་བ་འགོ་གི་ཡོད། གནས་སྟངས་ ༤ ཁབ་ལེན་དོའི་ར་བའི་འགྱུར་ཚུགས་ཆེ་ཤོས་ཡིན་པས་ཟློག་ཤུགས་ཀྱང་དེ་དེ་བཞིན་ཡིན་ནའང་གནས་སྟངས་ ༡ གཞིར་བཞག་སྐྱར་ཡང་སྟེ་ཟློག་གི་ཡོད། གནས་སྟངས་ ༤ ནས་ ༥ ལ་ཁབ་ལེན་དོའི་ར་བ་རྗེ་རྒྱང་སྟེ་ལྷན་སྟོར་འགྱུར་བ་དང་ཟློག་ཤུགས་ཀྱང་དེ་དེ་བཞིན་ཡིན། དེ་ནས་སྐྱར་ཡང་རིམ་པ་དེ་མགོ་འདྲུགས་བྱེད་གྱི་ཡོད།

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

སྒོ་བཏོན་འཕྲུལ་འཁོར་གྱི་འདྲ་པར་དེ་ལ་ནན་གཟབ་གྱི་གཟིགས། དེ་གང་འདྲ་ཞིག་འདུག་གས།

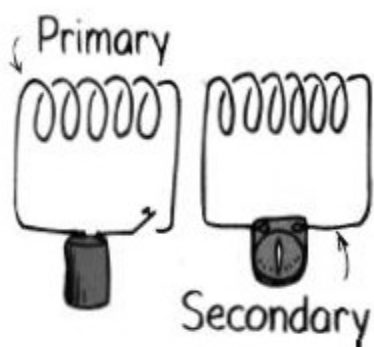
So the generator is build up like a motor. But while a motor is used to transform electric energy to mechanical work, a generator is used to change mechanical work into electric energy. Most of the electricity that we use when plugging devices to the line has been produced by generators. They are therefore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

རྒྱ་མཚན་དེ་ལ་བརྟེན་ནས་སྒོ་བཏོན་འཕྲུལ་འཁོར་དག་སྒོ་བཏོན་གྱི་མོ་ཁར་ལྷན་བཟོ་ཡི་ཡོད། གང་ལྷན་ཡང་། མོ་ཁར་གྱི་སྒོ་བཏོན་གྱི་རྩ་ཤུགས་འཕྲུལ་ཆའི་རྩ་ཤུགས་སུ་འཕོ་བསྐྱར་བྱེད་པ་དང་། སྒོ་བཏོན་འཕྲུལ་འཁོར་ནི་འཕྲུལ་ཆའི་རྩ་ཤུགས་སྒོ་བཏོན་གྱི་རྩ་ཤུགས་སུ་འགྱུར་རྒྱུ་བྱེད་བྱེད་ཀྱི་ཡོད། ང་ཚོའི་སྒོ་བཏོན་ཆས་མཐུན་ཆེད་སྒོ་བཏོན་པ་ལ་ཆེ་བ་སྒོ་བཏོན་འཕྲུལ་འཁོར་ནས་བསྐྱུན་པ་ཤ་སྟག་ཡིན། དེ་དག་དེང་དུས་ང་ཚོའི་སྤྱི་ཚོགས་ནང་མེད་དུ་མི་རུང་བ་ཡིན།

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་ལྟར་སྒོ་བཏོན་གྱི་རྩ་ཤུགས་ནི་སྒོ་བཏོན་རྒྱུད་རྒྱུད་སྐྱེལ་འདེན་བྱེད་བྱེད། ད་ཆ་ང་ཚོའི་དེ་དག་བར་སྐྱང་དུ་འང་སྐྱེལ་འདེན་བྱེད་ཀྱི་ཡོད་པ་ཤེས་གྱི་རེད། གསལ་གསལ་འདྲ་དཔར་ཐོག་དེའི་ལས་ཀ་བྱེད་སྐྱེད་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་བསྐྱུར་པའི་དགྲིས་སྒོར་ཞིག་སྒོ་བཏོན་ཆས་ལ་མཐུན་པའི་སྒོ་བཏོན་ལས་ཀ་འདྲ་དཔར་དགོས། ང་ཚོས་སྒོ་བཏོན་ལས་ཀྱི་གཡས་ཕྱོགས་སུ་སྒོ་བཏོན་གྱི་རྩ་ཤུགས་བསྐྱེད་པ་མཐོང་གི་རེད། དེ་ཡང་དགྲིས་སྒོར་ཞིག་སྒོ་བཏོན་གྱི་རྩ་ཤུགས་འཇལ་ཆས་ལ་མཐུན་ཡོད། གནས་སྐྱེད་དེ་སྐྱར་ཡང་སྒོ་བཏོན་མཐུན་པ་དང་གཅིག་མཚུངས་ཡིན།

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

དེའི་རྒྱ་མཚན་ཅི་ཡིན་ནམ། བྱེད་ཆོས་དེ་འཇོལ་བྱེད་ཀྱི་ཡོད་པ་ངས་ཤེས་གྱི་ཡོད།

When the switch opens or closes, a change of current will occur to the coil on the left side. This change of current will produce a change of magnetic field in the corresponding coil. But the field is not only in the coil, it is also around. So if the coil on the right side is close enough to the coil on the left, this change of magnetic field will also affect the coil on the right side. According to Faraday's law of induction, for a short time a voltage will be induced in the coil on the right side by this change of magnetic field.

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

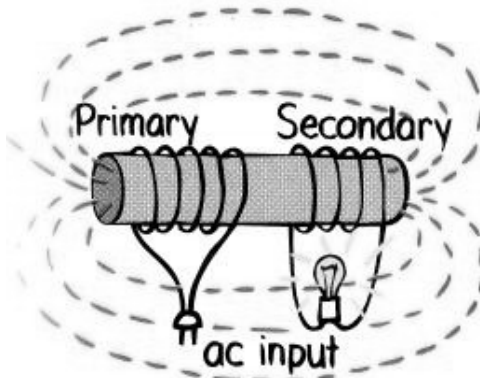
ཐོག་ཐོག་མཐུད་པ་དང་བཅད་པ་སོགས་བྱེད་པ་ལ་བརྟེན་ནས་གཡོན་ཕྱོགས་ཀྱི་དཀྱིས་སྒོར་ལ་ཐོག་རྒྱན་གྱི་འགྱུར་བ་ཡོང་གི་ཡོད། ཐོག་རྒྱན་གྱི་འགྱུར་བ་དེས་དཀྱིས་སྒོར་སྤྱིང་ཁབ་ལེན་དོའི་ར་བའི་འགྱུར་བ་བྱུབ་གྱི་ཡོད། ཡིན་ནའང་ར་བ་དེ་དཀྱིས་སྒོར་སྤྱིང་གཅིག་པོར་མིན་པར་ཕྱོགས་གཙང་ཅད་ལ་ཡོད། གལ་སྲིད་གཡམས་ཕྱོགས་ཀྱི་དཀྱིས་སྒོར་དེ་གཡོན་ཕྱོགས་ཀྱི་དཀྱིས་སྒོར་གྱི་ཉི་འདབས་སུ་འབྱོར་བ་ན། གཡམས་ཕྱོགས་དཀྱིས་སྒོར་ལ་ཁབ་ལེན་དོའི་ར་བས་བྱགས་རྒྱན་ཐེབས་གྱི་ཡོད། ས་ར་ཁྱེད་ཐོག་བསྐྱེད་ཆོས་ཉིད་གཞིར་བཞག་ན། གནས་སྐབས་ཞིག་ལ་གཡམས་ཕྱོགས་དཀྱིས་སྒོར་ལ་ཁབ་ལེན་དོའི་ར་བ་འགྱུར་བས་བྱགས་རྒྱན་གྱིས་ཐོག་བྱགས་ཞིག་བསྐྱེད་པར་འདོད། སྤྱིར་བཏང་དཀྱིས་སྒོར་ཐོག་གི་འབྱུང་ཁུངས་ལ་མཐུད་པ་དེ་ལ་**བརྩམ་གཞིའི་འདུག་ཆ་** (primary) ཟེར་བ་དང་དཀྱིས་སྒོར་གཞན་དེ་ལ་**(Secondary) ཞར་བྱུང་གི་འཕྲོན་འབྲས་**ཟེར།

How long will this induced voltage last in the coil of the secondary?

ཞར་བྱུང་དཀྱིས་སྒོར་སྤྱིང་ཐོག་བྱགས་བསྐྱེད་པ་དེ་ཡུན་རིང་ཇི་ཅུམ་གནས་སམ།

To improve the system, an iron core is placed inside the primary and secondary coils. Like you see in the picture below. Thanks to this iron core, the magnetic field inside the primary will be intensified, and so are the changes of the magnetic field. The field is also concentrated in the core and extends into the secondary, which will get more of the field and the field change. For this reason the induced tension in the secondary will also be more intense.

སྒྲིག་འདུགས་གོང་འཕེལ་གཏོང་ཆེད་དཀྱིས་སྒོར་གྱི་བརྩམ་གཞི་དང་ཞར་བྱུང་གཞི་ཀྱི་ནང་དུ་ལྷགས་ཀྱི་ཁོག་སྤྱིང་ཞིག་འཛོག་དགོས་པ་ཡིན། གཤམ་གྱི་འདྲ་དཔར་ལྟར་སྒྲིག་དགོས། ལྷགས་ཀྱི་ཁོག་སྤྱིང་དེ་ལ་བརྟེན་ནས་བརྩམ་གཞིའི་སྤྱིང་གི་ཁབ་ལེན་དོའི་ར་བ་ཇི་འཕེལ་སོང་བ་བཞིན་ཁབ་ལེན་དོའི་ར་བ་ལ་འགྱུར་བ་ཡོད། ཁབ་ལེན་ར་བ་ནམས་ཁོག་སྤྱིང་དེའི་དབྱས་སུ་བསྐྱུས་པ་ལ་བརྟེན་ནས་ཞར་བྱུང་གི་སྤྱིང་འཕེལ་རྒྱས་སོང་སྟེ་དེར་འགྱུར་བ་ཡང་དེ་བཞིན་ཡོད། ལྷ་མཆོན་དེ་ལ་བརྟེན་ནས་ཞར་བྱུང་གི་འཕྲོན་རྒྱུད་པ་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་བསྐྱར་དགོས། རྫོག་སྒོ་གསོད་སྐར་བྱེད་པ་ལས་ང་ཚོས་བརྩམ་གཞི་ལ་སྤེལ་རྒྱུ་གྲོག་རྒྱུན་གཏོང་དགོས། དེ་ལ་བརྟེན་ནས་བརྩམ་གཞིའི་སྤྱི་ཚུག་རྒྱུན་གྱི་འགྱུར་བ་ངེས་ཅན་བྱུང་བ་ཁབ་ལེན་དོའི་ར་བ་ལའང་འགྱུར་བ་ངེས་ཅན་ཞིག་ཡོང་གི་ཡོད། འགྱུར་བ་དེ་ཡང་རྫོག་རྒྱུན་བཞིན་འཕེལ་འགྲིབ་གཅིག་མཚུངས་ཡོང་གི་ཡོད། དེར་བརྟེན་ཞར་བྱུང་སྤྱི་ཚུག་ཤུགས་བསྐྱེད་པ་དང་། དེ་ཡང་བརྩམ་གཞིའི་རྫོག་རྒྱུན་བཞིན་འཕེལ་འགྲིབ་གཅིག་མཚུངས་ཡོད། སྤྱི་ཚུག་འདུགས་འདི་འདྲ་ཞིག། དེ་ཡང་དགྲིས་སྒོར་ལྷགས་གྱི་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་གྲོག་ཤུགས་འགྱུར་ཆེད་བེད་སྤྱོད་ཡོད། འདུག་གཞོན་འཕུལ་ཆའི་ཞར་འབྱུང་ཕྱོགས་སུ་རྫོག་ཤུགས་བསྐྱེད་པ་དེ་བརྩམ་གཞིའི་འདུག་ཆར་ཡོད་པའི་གྲུག་ལུང་ནམས་དང་ཞར་འབྱུང་དུ་ཡོད་པའི་གྲུག་ལུང་ནམས་ཀྱི་སྤྱི་ཚུག་ཤུགས་ཤིང་དུ་གནས་པའི་རྫོག་ཤུགས་འདུག་ཆའི་འཕོར་ལ་བརྟེན་གྱི་ཡོད། དེ་ནི་ཞར་འབྱུང་དང་བརྩམ་གཞིའི་བར་གྱི་འབྲེལ་བ་ཡིན།

$$\frac{\text{(བརྩམ་གཞིའི་རྫོག་ཤུགས)}}{\text{(བརྩམ་གཞིའི་སྤྱི་ཚུག་ལུང་གྲངས་)}} = \frac{\text{(ཞར་འབྱུང་གི་རྫོག་ཤུགས་)}}{\text{(ཞར་འབྱུང་སྤྱི་ཚུག་ལུང་གྲངས་)}}$$

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་ཚུག་སྤྱོད་པས་ ($P=V \cdot I$) དེ་འཕྲོན་འབྲས་སྤྱི་ཚུག་ཤུགས་དང་གཅིག་མཚུངས་ཡིན། འཕྲོན་འབྲས་རྫོག་ཤུགས་དེ་ནི་ད་འདུག་ཆའི་རྫོག་ཤུགས་ལས་ཆེ་བ་ཡིན་ནའང་། ང་ཚོར་འདུག་གཞོན་འཕུལ་ཆ་ལས་རྒྱས་ཤུགས་མི་འཕོབ་པོ།