

Electricity

ཐོག་གི་



Delhi, 2004

**Science meets Dharma, 2011
Sera Monastery Bylakuppe**

Werner Nater & Sibylle Menet, translated by Tenzin Choekyi

1. Electricity – Introduction

ལྷ་གཤམ་ རོ་སྒྲོལ་

Electricity is the name given to the electrical phenomena, which is all around us. It's hard to imagine modern life without electricity.

ལྷ་གཤམ་པའི་ཐ་སྐད་ནི་ལྷ་གཤམ་བཞག་ནི་རང་རེའི་ཉེ་འཁོར་དུ་གཞི་རྒྱ་ཆེ་བའི་ཆོས་ཞིག་ཡིན། ལྷ་གཤམ་པའི་དེང་རབས་ཀྱི་མིའི་འཚོ་བ་སྒྲུལ་དཀའ་བའི་ང་ཚོའི་བསམ་ཡུལ་ལས་འདས་པ་ཞིག་ཡིན།

From lighting a lamp, electrical outlets where you can plug in all sorts of electrical appliances, most portable devices which contains batteries, to what holds atoms together as molecules and to the impulses that travel along your nerves – electricity is everywhere.

ས་བཞའི་ལྷ་གཤམ་དང་ལྷ་གཤམ་སྒྲིབ་ཐོན་སྒོ་ལ་ལྷ་གཤམ་གི་འཕུལ་ཆས་རིགས་བསྐར་བྱེད། ལྷ་གཤམ་ཡོད་པའི་འབྲེར་བདེ་ཤོས་ཀྱི་ཡོ་བྱེད་ནམས་དང་རྩལ་ཕན་མང་པོ་ལྷན་དུ་བསྐྱེད་ཏེ་འདུས་རྒྱུ་བ་པ་ནས་སེམས་གཡོ་འགྱུལ་ནམས་འགྱུལ་བཞུད་བྱས་ཏེ་དབང་རྩ་ལ་འབྲེར་བཞིན་ལྷ་གཤམ་ནི་སྤྱི་གས་ཐམས་ཅད་དུ་ཡོད་པ་ཞིག་རེད།

Other examples: _____

The control of electricity is evident in many technological devices. In this technological age it is important to understand the basics of electricity and how these basic ideas can be used to sustain and enhance our current comfort, safety, and prosperity.

བཟོ་རིག་པའི་ཡོ་བྱེད་མང་པོའི་ནང་ལ་ལྷ་གཤམ་གི་སྤངས་འཛིན་ཡོད་པ་མངོན་གསལ་དོད་པོ་རེད། བཟོ་རིག་པའི་དུས་རབས་འདིར་ལྷ་གཤམ་གི་གཞི་རྒྱའི་གནས་ཚུལ་ནམས་ཤེས་དགོས་པ་གལ་ཆེ་སྟེ་འདི་འདྲའི་གཞི་རྒྱའི་བསམ་སྒྲོ་ནམས་ཇི་ལྟར་བདེ་སྦྱོད་གཏོང་དགོས་མིན་གྱི་ཐོག་ནས་གནས་སྐབས་རང་རེའི་སྤངས་བདེ་དང་། བཟོ་རིག་པ་རྒྱས་གོང་འཕེལ་སོགས་མི་ཉམས་རྒྱུ་སྦྱོང་བྱེད་དགོས།

2. Electrical Force

སྒྲིག་གི་རྒྱུ་མ་ཤུགས།

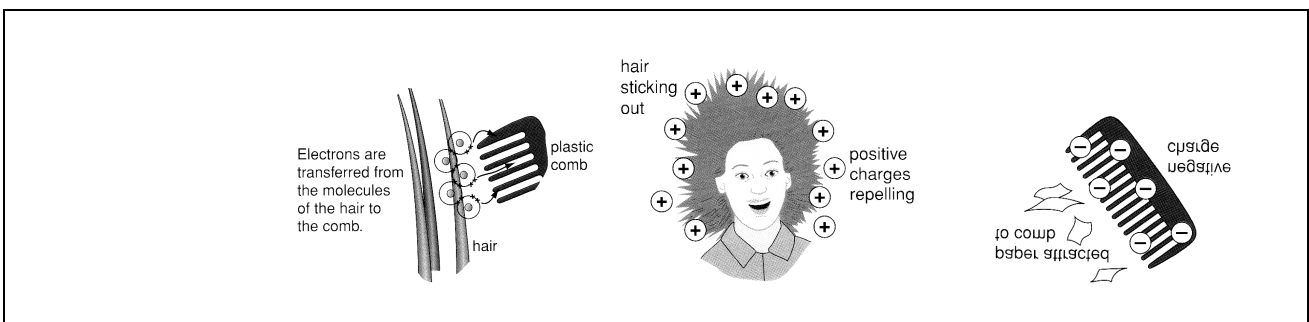
Experiment 1: Comb clean, dry hair vigorously with a plastic comb and hold it against a small piece of paper.

བརྟན་དཔྱད་དང་པོ། འགྲིག་གི་བཟོས་པའི་རྒྱུག་ཤད་ཀྱིས་ཤུགས་སྤྲུག་ཆེན་པོས་སྒྲིག་ཤད་པ་དང་དེ་ཤོག་ཞིབ་ཀྱི་ནི་
འགྲམ་དུ་འཛིན།

Observation: The hair sticks out and is attracted to the comb. Small pieces of paper also stick to the hair and comb.

ཞིབ་དོན་གས། སྒྲིག་འདོན་དེ་རྒྱུག་ཤད་ལ་འཇར་བ་བཞིན་ཤོག་ཞིབ་ཀྱང་འགྲིག་གི་བཟོས་པའི་རྒྱུག་ཤད་ལ་
འཇར་ཀྱི་ཡོད།

Explanation: When we comb our hair vigorously the force of friction between the hair and the comb causes electrons to be transferred from the molecules of the hair to the plastic comb. The comb becomes negatively charged. The hair becomes positively charged. The individual hairs push each other apart or repel each other. The charged hair and comb attract small pieces of paper.



འགྲེལ་བཤད། ང་ཚོས་སྒྲིག་ལ་ཤུགས་སྤྲུགས་ཆེན་པོས་རྒྱུག་ཤད་རྒྱུག་སྒྲུབས་སྒྲིག་ཤད་རྒྱུག་ཤད་དབར་གྱི་དར་སྤྲུག་
རྒྱུ་མ་པ་དེ་ལ་བརྟན་ནས་སྒྲིག་འདྲུས་རྒྱུ་མོ་རྒྱུ་མ་རྣམས་འགྲིག་གི་བཟོས་པའི་རྒྱུག་ཤད་ལ་
འཕྲོ་བསྐྱར་བྱེད་ཀྱིས་ཡོད། རྒྱུག་ཤད་དེ་མོ་རྟགས་སྒྲོག་ཁུར་དང་སྒྲིག་ཤད་མོ་རྟགས་སྒྲོག་ཁུར་
ལ་འགྲུར། སྒྲིག་རྣམས་ཕན་ཚུན་འཕྲུལ་བ་དང་དོར་བ་བྱེད་ཀྱི་ཡོད། སྒྲོག་ཁུར་ལྷན་པའི་སྒྲིག་
ཤད་རྒྱུག་ཤད་ཀྱི་ཤོག་ཞིབ་རྣམས་འཕྲེན་ཀྱིས་ཡོད།

Experiment 2: Rub a plastic rod on your cloths and hold it towards a metallic sphere, without actually touching the sphere.

བརྟན་དཔྱད་གཉིས་པ། འགྲིག་གྱི་ཕྱ་ག་མ་ཞིག་ཁྱོད་གྱི་གྲོན་གོས་ལ་འདར་བ་དང་དེ་ཕྱ་གས་གྱི་བཅོས་པའི་ཕྱོམ་གཟུགས་ཞིག་ལ་མ་འདར་བར་ནི་འགྲམ་དུ་འཛིན།

Observation:
ཞིབ་དྲོགས།

Explanation:
འགྲེལ་བཤད།

Experiment 3: Rub two balloons on your cloths.
བརྟན་དཔྱད་གསུམ་པ། སྒྲང་ཕུག་གཉིས་ཁྱོད་གྱི་གྲོན་གོས་ལ་འདར།

Observation:
ཞིབ་དྲོགས།

Explanation:

འགྲེལ་བཤད།

Experiment 4:

Briskly rub a comb on a woollen garment and bring it near a small but smooth stream of running water.

བརྟག་དཔྱད་བཞི་པ།

བལ་གོས་ཞིག་ལ་རྒྱག་ཤད་སྒྱུར་པོ་འདར་བ་དང་དེ་འབབ་ཆུ་ཆུང་ཞིང་འཇམ་པོ་ཞིག་གི་ཉི་འགྲམ་དུ་འབྱེད།

Observation:

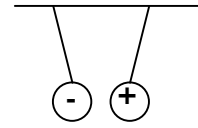
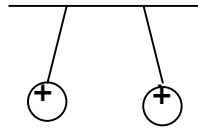
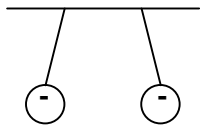
ཞིབ་རྟོགས།

Explanation:

འགྲེལ་བཤད།

Summary – Electrical Force: ལྷོག་གི་རྒྱུ་སྤྱད། ལྷོག་གི་རྒྱུ་སྤྱད།

1. The forces between charges are called electrostatic forces.
2. There are two types of electric charge, positive and negative.
3. Like charges repel. Unlike charges attract.



༡ ལྷོག་ཁྱུང་དབར་ལ་རྒྱུ་སྤྱད་ཡོད་པ་དེ་ལ་སོར་གནས་ལྷོག་རྒྱུ་རྒྱུ་སྤྱད་ཟེར།

༢ ལྷོག་ཁྱུང་ལ་རིགས་གཉིས་ཡོད། (+)པོ་ལྷོག་དང་པོ་ལྷོག་(-)

༣ ལྷོག་ཁྱུང་མཚུངས་པ་ནམས་ལ་འཕུལ་བྱུགས་དང་མི་མཚུངས་པ་ནམས་ལ་འཕྲེན་བྱུགས་ཡོད།

3. Electric Charges

ཟློག་ཁུར།

The positive and negative particles in matter are carriers of **electric charge**. Charge is the fundamental quantity found in all electrical phenomena. The positively charged particles in ordinary matter are called **protons**, and the negatively charged particles are called **electrons**. The attractive force between these particles causes them to lump together into incredibly small units – called **atoms**.

Atoms also contain neutral particles called **neutrons**. When two atoms get close together, the balance of attractive and repelling forces is not perfect. Electrons fly around within the volume of each atom thus creating areas of exposed charge. The atoms may then attract each other and form a molecule. In fact, all the chemical bonding forces that hold atoms together to form molecules are electrical in nature.

འབེམ་གཟུགས་ཀྱི་སྒྲུབ་ནང་གི་ཕོ་ཟློག་དང་མོ་ཟློག་ཚོ་ནི་ཟློག་ཁུར་སྒྲིལ་འདེན་བྱེད་པ་ལས་ཡིན། ཟློག་ཁུར་ནི་ཟློག་གི་ཚོས་ཡོངས་རྫོགས་ནང་གནས་པའི་གཞི་རྩའི་གྲངས་འཁོར་ཞིག་ཡིན། སྒྲིལ་བཏང་འབེམ་གཟུགས་ནང་ཡོད་པའི་ཕོ་ཟློག་སྒྲུབ་ནམས་ལ་ཕོ་རྒྱལ་དང་མོ་ཟློག་སྒྲུབ་ནམས་ལ་ཕོ་རྒྱལ་བཟུང་། སྒྲུབ་ནམས་ཀྱི་དབར་ལ་ཡོད་པའི་འཐེན་བྲགས་ཀྱིས་སྒྲིན་པའི་དྲ་ཅང་སྒྲུབ་པའི་ཚད་གཞི་ཞིག་གོང་སྒྲིལ་བྱེད། (རྒྱལ་ཕྱན)
རྒྱལ་ཕྱན་ནམས་ཀྱི་ནང་ལ་བར་རྒྱལ་ཡོད་པ་ཚོ་ལ་མ་ཅིང་རྒྱལ་བཟུང་། རྒྱལ་ཕྱན་གཉིས་ཉི་འགྲམ་དུ་སྡེབ་སྒྲིལ་བྱེད་ཆོ། འཕུལ་བྲགས་དང་འཐེན་བྲགས་ཀྱི་ཆ་སྟོང་མས་ཉག་ཉག་ཡིད། རྒྱལ་ཕྱན་རེ་རའི་ཤོང་ཚད་ནང་ངོས་སུ་ཕོ་རྒྱལ་ནམས་འབྱེད་ཞིང་ཟློག་ཁུར་བཀྲམ་པའི་རྒྱ་ཁྲོན་ཞིག་བཟོ་སྒྲིན་བྱེད། དེ་ནས་རྒྱལ་ཕྱན་པན་ཚུན་འཐེན་བྲགས་ལ་བརྟེན་ནས་འདུས་རྫས་སྒྲུབ་ཆེད་ཀྱི་རྫས་འགྱུར་གྱི་བཅེངས་བྲགས་ནམས་ལ་རྫས་སྒྲིལ་གྱི་རང་བཞིན་ཡོད།

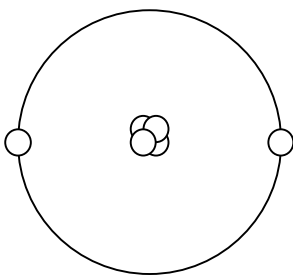


Figure 1: Model of a helium atom. The atomic nucleus is made up to two protons and two neutrons. The positively charged protons attract two negative electrons. What is the net charge of this atom?

དཔེ་རིས་དང་ཕོ་ ཡང་རྒྱུད་(He) ཉི་ལི་ཡིས་རྒྱལ་ཕྱན་གྱི་དཔེ་གཟུགས། རྒྱལ་ཕྱན་གྱི་ཉི་ལི་རྒྱལ་ཕྱན་གཉིས་དང་མ་ཅིང་རྒྱལ་ཕྱན་གྱི་སྒྲུབ་པ་ཡིན། ཕོ་རྒྱལ་ཡོད་པའི་ཟློག་ཁུར་ཕོ་ཟློག་གི་ཕོ་ཟློག་གཉིས་ཕོ་དེ་འཐེན་གྱིས་ཡོད། རྒྱལ་ཕྱན་འདིའི་ཁྲོན་བཟོ་མས་ཟློག་ཁུར་གཚོད་ཡིན་ནམ།

Summary – Electric Charges: ལྷིང་བརྒྱུས། ལྷོག་ཁུར།

1. Every atom is composed of a positively charged nucleus surrounded by negatively charged electrons.
2. The electrons of all atoms are identical. Each has the same quantity of negative charge and the same mass.
3. Protons and neutrons compose the nucleus. Protons and neutrons have about the same mass. Electrons are about 2000 times lighter.
4. Protons have a small positive electrical charge. Electrons have an equal but opposite (negative) charge. Neutrons have no charge.
5. Atoms usually have as many electrons as protons – so the atom has no overall charge.

1 ལྷིང་ཕྱན་ཐམས་ཅད་ནི་ཕོ་ལྷོག་ལྷན་པའི་ལྷོ་ལྷིང་གི་ཕོ་ལྷོག་ལྷན་པའི་ཕོ་ལྷིང་གིས་བསྐོར་བ་ཞིག་གིས་སྒྲིབ།

2 ལྷིང་ཕྱན་ཡོངས་ཚོགས་ཀྱི་ཕོ་ལྷིང་ནམས་གཅིག་མཚུངས་ཡིན། དེ་དག་ལ་ཕོ་ལྷིང་གི་ལྷོག་ཁུར་དང་ལྷིང་ཚད་གཅིག་པ་ཡོད།

3 ཕོ་ལྷིང་དང་མ་ནིང་ལྷིང་ནམས་ཀྱིས་ལྷོ་ལྷིང་སྒྲིབ། ཕོ་ལྷིང་དང་མ་ནིང་ལྷིང་ནམས་ལ་ལྷིང་ཚད་ཉ་ལམ་འདྲ་ཕོ་ཡོད། ཕོ་ལྷིང་ནམས་ལྷན་ནི་བརྒྱ་(2000) ཅམ་གྱི་ཡང་བ་ཡོད།

4 ཕོ་ལྷིང་ནམས་ལ་ལྷོག་གི་ཕོ་ལྷིང་གི་ལྷོག་ཁུར་དང་ལྷོ་ལྷིང་ནམས་ལ་གཅིག་མཚུངས་ལྷོག་ཕྱོགས་ལྷོག་ཁུར་ཡོད། མ་ནིང་ལྷིང་ནམས་ལ་ལྷོག་ཁུར་ཅུས་པ་མེད།

5 ལྷིང་ཕྱན་ནམས་ལ་ཕོ་ལྷིང་དེ་ཡོད་ཕོ་ལྷིང་ཡོད། གུས་ཅང་ལྷིང་ཕྱན་ནམས་ལ་ལྷོ་ལྷིང་བསྐོར་བ་ལྷོག་ཁུར་མེད།

4. Conservation of Charge

ཆོག་ཁུར་ཉར་ཚགས།

Material objects are made of atoms, which mean they are composed of electrons and protons (and neutrons). In a neutral atom there are as many electrons as protons, so there is no net charge. The positive balances the negative exactly.

དངོས་གཞུགས་ཡོངས་ཚོགས་རྩལ་ཕྱན་གྱི་བོན་པ་ཤ་ཉག་ཡིན་པར་བརྟན་དེ་ཆོ་ཕོ་རྩལ་དང་ཕོ་རྩལ་གྱི་སྒྲུབ་པ་ཡིན།
(དང་མ་ནིང་རྩལ་)

བཏང་སྟོམས་གྱི་རྩལ་ཕྱན་ནང་ཕོ་རྩལ་དེ་ཡོད་ཕོ་རྩལ་ཡོད། དེར་བརྟན་ཁྱོད་བསྟོམས་སྟོག་ཁུར་མེད། སྟོག་ཁུར་ཕོ་
ནི་སྟོག་ཁུར་ཕོ་དང་སྟོབས་ཆ་སྟོམས་སུ་འགྱུར་བ་ཡིན།

If an electron is removed from an atom, then the atom is no longer neutral. It has one more positive charge (proton) than negative charge (electron) and is said to be positively charged. A charged atom is called an *ion*. A *positive ion* has a net positive charge. A *negative ion*, an atom with one or more extra electrons, is negatively charged.

གལ་སྲིད་ཕོ་རྩལ་ཞིག་རྩལ་ཕྱན་ནས་འབྲེན་ཆོ། དེ་འདྲི་རྩལ་ཕྱན་དེ་བཏང་སྟོམས་རྩལ་ཕྱན་ཞིག་མིན། དེ་ལ་སྟོག་
ཁུར་ཕོ་ལས་སྟོག་ཁུར་ཕོ་གཅིག་མང་དུ་སོང་བས་དེ་ནི་ཕོ་ཕོ་སྟོག་ཁུར་ཕྱན་པར་འགྱུར་བ་ཡིན། སྟོག་ཁུར་ཕྱན་པའི་
རྩལ་ཞིག་ལ་གྲུས་རྩལ་ཟེར། ཕོ་ལི་གྲུས་རྩལ་ལ་ཕོ་ཕོ་སྟོག་ཁུར་ཕྱིན་པའི་སྟོག་ཁུར་ཡོད། ཕོ་ལི་གྲུས་རྩལ་ལ་ཕོ་ཕོ་སྟོག་
ཁུར་ཡོད། དེ་ནི་ཕོ་རྩལ་གཅིག་གས་དེ་ལས་མང་བ་ཡོད་པའི་རྩལ་ཕྱན་ཞིག་ཡིན།

Each proton has a charge $+e$, equal to 1.6×10^{-19} Coulomb. Each electron has a charge $-e$, equal to -1.6×10^{-19} Coulomb. Why such different particles have the same magnitude of charge is an unanswered question in physics. The quality of the magnitudes has been tested to high accuracy.

ཕོ་རྩལ་དེ་ལ་སྟོག་ཁུར་སྟོག་རྩལ་ ($+e = 1.6 \times 10^{-19}$) (ཁྲི་ལུ་ལམ་) སྟོག་རྩལ་ཡོད། ཕོ་རྩལ་དེ་ལ་སྟོག་ཁུར་སྟོག་
རྩལ་ ($-e = 1.6 \times 10^{-19}$) (ཁྲི་ལུ་ལམ་) སྟོག་རྩལ་ཡོད། ཕྱ་རྩལ་དེ་གཉིས་ཀྱི་སྟོག་ཁུར་ཆེ་ཆད་འདྲ་མཚུངས་ཡིན་
པའི་རྒྱ་མཚན་ད་ལྟ་ཡང་དངོས་ཁམས་ཚན་རིག་ནས་འགྲུལ་བརྗོད་བྱེད་བྱུང་མེད། ཆེ་ཆད་དེས་གཏན་དེ་བརྟན་དཔྱད་
ནན་པོ་བྱས་ཏེ་གཏན་འབེབས་བྱེད་པ་ཞིག་ཡིན།

Electrons closest to the atomic nucleus, the innermost electrons, are bound very tightly to the oppositely charged atomic nucleus. The electrons farthest from the nucleus, the outermost electrons, are bound very loosely and can be easily dislodged. How much work is required to tear an electron away from an atom varies from one substance to another.

ཕོ་སྟོག་ཕྱན་པའི་ཕྱི་རྩལ་ཉེ་འགམ་དུ་ཡོད་པའི་ཕོ་རྩལ་ནམས་ཕྱི་རྩལ་སྟོག་ཁུར་སྟོག་ཕྱོགས་སུ་དམ་པོར་གནས་ཡོད།
ཕོ་སྟོག་ཕྱན་པའི་ཕྱི་རྩལ་གྱི་ཐག་རིང་དུ་ཡོད་པའི་ཕོ་རྩལ་ནམས་ཕྱི་རྩལ་པོར་གནས་ཡོད་ལ་རང་གི་གོ་ས་ནས་ལས་སྒྲ་
པོར་བཏོན་བྱུང་། རྩལ་ཕྱན་གང་ཞིག་ནས་ཕོ་རྩལ་གང་ཞིག་བཏོན་ཆེད་ལས་ཀ་ག་ཆོད་བྱེད་དགོས་མིན་ནི་དངོས་པོར་
གི་རྒྱ་རྒྱས་ལ་རག་ལུས་ཡོད།

When we charge something, no electrons are created or destroyed. Electrons are simply transferred from one material to another. **Charge is conserved.** No case of the creation or destruction of electric charge has ever been found.

གལ་ཏེ་ང་ཚོས་དངོས་པོ་གང་ཞིག་སྒོ་གཏུང་དང་ལྷན་པ་བསྐྱར་བ་ཡིན་ན། དེས་མོ་རྩལ་གསར་སྐྱེན་བྱེད་པའམ་ཅ་
མེད་དུ་གཏོང་བ་སོགས་གང་ཡང་བྱེད་ཀྱི་མེད། མོ་རྩལ་ནམས་དངོས་པོ་གཅིག་ནས་གཞན་དུ་འཕྲོ་བསྐྱར་བྱེད་པ་ཁོ་ན་
ཡིན། དེ་སྒོ་གཏུང་ཉར་ཚགས་བྱེད་པ་ཡིན། ད་ལྟ་བར་དུ་སྒོ་གཏུང་གསར་སྐྱེན་བྱེད་པའམ་ཡང་ན་ཅ་
མེད་གཏོང་བ་སོགས་ཀྱི་གནས་ཚུལ་གཅིག་ཀྱང་བྱུང་མེད།



Figure 2: Electrons are transferred from the fur to the rod. The rod is then negatively charged. Is the fur charged? How much compared to the rod? Positively or negatively?

དཔེ་རིས་གཉིས་པ། མོ་རྩལ་ནམས་བསྐྱར་ནས་ལྷན་པ་ལ་འཕྲོ་བསྐྱར་བྱེད་ཀྱིས་ཡོད།
དེ་ནས་ལྷན་པ་མ་དེ་མོ་ཉར་ཚགས་སྒོ་གཏུང་ལ་འགྱར། བསྐྱར་ལ་སྒོ་གཏུང་ཡོད་དམ། ལྷན་
པ་དང་བསྐྱར་ཏེ་སྒོ་གཏུང་ག་ཚོད་ཡོད། མོ་ཉར་ཚགས་སམ་མོ་ཉར་ཚགས་གང་ཡིན།

5. Behaviour in different matters

ཕྱི་ལྷན་འདྲེ་མིན་སྒྲིག་ཚུལ།

It is easy to establish an electric current in metals because one or more of the electrons in the outer shell of its atoms are not anchored to the nuclei of particular atoms. Instead they are free to wander in the material. Such materials are called good **conductors**. Metals are good conductors of electrical current for the same reason they are good heat conductors. Electrons in their outer atomic shell are “loose”.

The electrons in other materials, rubber and glass for example, are tightly bound and belong to particular atoms. They are not free to wander about amongst the other atoms in the material. Consequently, it isn't easy to make them flow. These materials are poor conductors of electric current for the same reason they are generally poor heat conductors. Such materials are called good **insulators**.

ཕྱགས་རིགས་ཀྱི་དངོས་པའི་ནང་ལ་སྒོ་ག་རྒྱན་འདྲེ་གས་སྒྲིག་བྱེད་སྐབས་པོ་ཡོད་པའི་རྒྱ་མཚན་ནི་རྒྱ་ལ་ཕྱན་དེ་ཚོའི་འཁོར་ལམ་མཐའ་མཐའ་པའི་ནང་ཡོད་པའི་མོ་རྒྱ་ལ་གཅིག་གས་གཅིག་ལས་མང་བ་ནམས་ལྟེ་རྒྱ་ལ་ཚོས་འདྲིན་གྱི་མེད། དེ་ལས་མོ་རྒྱ་ལ་ནམས་རྒྱ་རྒྱས་དེའི་ཕྱོགས་གང་སར་གཡོ་འགུལ་བྱེད་ཚེ་ག་པའི་རང་དབང་ཡོད། རྒྱ་རྒྱས་དེ་ཚོའི་གས་ལ་སྒོ་ག་འཁྲུང་དངོས་པོ་ཡང་དག་ཟེར། ཕྱགས་རིགས་ནམས་སྒོ་ག་རྒྱན་འཁྲུང་བྱུང་བའི་ཁྲད་ཚོས་ཡག་པོ་དང་ལྷན་པར་བརྟན་དེ་ཚོའི་བྱོད་ཀྱང་འཁྲུང་ཡག་པོ་བྱུང་གིས་ཡོད།

རྒྱ་ལ་ཕྱན་གྱི་ཕྱི་སྒོ་གས་ལ་གནས་པའི་མོ་རྒྱ་ལ་ནམས་སྒྲིག་པོ་ཡོད། རྒྱ་རྒྱས་མི་འདྲ་བ། དཔེར་ན། འགྲིག་དང་ཤེལ་སོགས་ཀྱི་མོ་རྒྱ་ལ་ནམས་བཅན་པོར་འདྲིན་པར་བརྟན་དེ་ཚོའི་རྒྱ་ལ་ཕྱན་བྱེད་བྲག་པ་ཞིག་གི་ཁྲད་ས་གཏོགས་ཡིན། མོ་རྒྱ་ལ་དེ་ཚོ་རང་དབང་གིས་རྒྱ་རྒྱས་འདྲིན་རྒྱ་ལ་ཕྱན་གཞན་དག་ལ་བསྐྱོད་མི་བྱུང། དེ་འདྲ་མོང་ཅང་མཐའ་མཐུག་ལ་མོ་རྒྱ་ལ་དེ་ཚོ་རྒྱ་ག་པར་དགེ། རྒྱ་རྒྱས་དེ་ཚོ་སྒོ་ག་རྒྱན་འཁྲུང་བྱུང་བའི་རྒྱས་ཤུགས་དམན་པར་བརྟན་དེ་ཚོའི་བྱོད་འཁྲུང་བྱུང་བའི་རྒྱས་པ་ཡང་དམན། རྒྱ་རྒྱས་དེ་ཚོའི་གས་ལ་སྒོ་ག་འཁྲུང་འགོ་ག་པའི་དངོས་པོ་ཟེར།

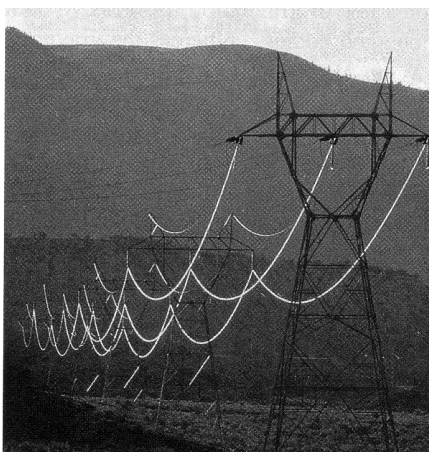


Figure 3: It is easier to establish an electric current through hundreds of kilometres of metal wire than through a few centimetres of insulation material.

དཔེ་རིས་གཉིས་པ། སན་རི་མི་ཤར་ཁ་ཤས་ཡོད་པའི་སྒོ་ག་འཁྲུང་འགོ་ག་པའི་རྒྱ་རྒྱས་ལས་ཀྱི་ལོ་མི་ཤར་བརྒྱ་ཙམ་ཡོད་པའི་ཕྱགས་རིགས་སྒོ་ག་རྒྱན་རྒྱད་སྒོ་ག་རྒྱན་འདྲེ་གས་སྒྲིག་བྱེད་སྐབས་པོ་ཡོད།

Why are metals good conductors?

ལྷ་གས་རིགས་ནམས་སྒོག་འབྲུད་དངོས་པོ་ག་རི་བྱེད་ནས་ཟེར།

Metals have their special properties because of the atoms of which they are made. In a piece of metal, the atoms are packed together in a regular pattern – called a lattice. Some of the electrons can move freely in the space between the atoms. The freely-moving electrons can transfer heat and electricity through a piece of metal.

ལྷ་གས་རིགས་ནམས་ལ་དམིགས་བསལ་བྱེད་ཆོས་ཡོད་པའི་རྒྱ་མཚན་ནི་རྩལ་ཕྱན་གང་གི་སྒྲུབ་པ་ལ་རག་ལུས་ཡོད། ལྷ་གས་རིགས་ཆ་ཤས་ནང་རྩལ་ཕྱན་ནམས་བྱུས་བྱུ་ལྷན་ཅིག་དུ་རྒྱན་གཏན་གྱི་བཀོད་དཔེར་གྱིན་པ་ལ་ཡིང་ཆོ་ཟེར། མོ་རྩལ་ཁ་ཤས་རྩལ་ཕྱན་དབར་གྱི་བར་སྒྲོང་ནང་ལས་སྒྲུབ་པོ་གཡོ་གཡུལ་བྱེད་བྱུབ། གཡོ་གཡུལ་ལས་སྒྲུབ་པོ་བྱེད་བྱུབ་མཁན་གྱི་མོ་རྩལ་ཆོས་རྒྱུད་དང་སྒོག་ལྷ་གས་རིགས་ཆ་ཤས་ནང་ལ་འཕོ་འགྱུར་བྱེད་ཀྱི་ཡོད།

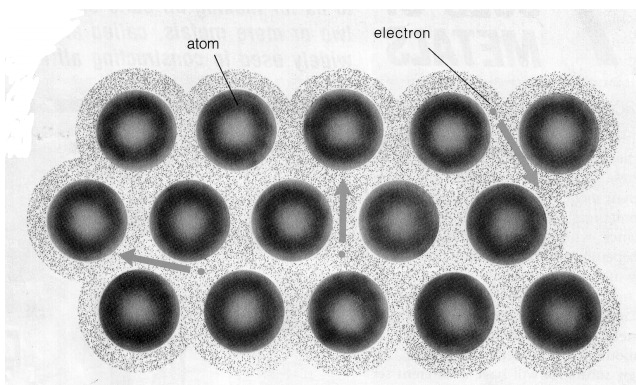


Figure 4: A model of how metals conduct heat and electricity

དཔེ་རིས་ཀྱི་ལྷ་གས་རིགས་ནམས་ཀྱི་རི་ལྷན་རྒྱུད་དང་སྒོག་བྱེད་ཀྱི་ཡོད་ཟེར།

Metallic elements have atoms, which lose some of their electrons quite easily. There are only a single or few atoms in the outer orbit. This is a very unstable arrangement. If the atom loses these electrons, it will end up with a full outer orbit. These ‘free’ electrons can move around in the spaces between the atoms. They are shared between the atoms in the piece of metal.

ལྷ་གས་རིགས་ཁམས་རྒྱས་ནང་རྩལ་ཕྱན་ཁ་ཤས་ཀྱི་མོ་རྩལ་ལས་སྒྲུབ་པོ་དོར་གྱི་ཡོད། ཕྱི་འཁོར་ལས་ལ་རྩལ་ཕྱན་གཅིག་གསལ་ཡང་ན་ཁ་ཤས་ཡོད། སྒྲིག་ཆ་འདི་ནི་བརྟན་པོ་ཡོད་པ་ཞིག་མིན། གལ་སྲིན་རྩལ་ཕྱན་གྱི་མོ་རྩལ་གང་ཞིག་ཆགས་ན་རྩལ་ཕྱན་དེའི་ཕྱི་འཁོར་ལས་ཁེངས་པར་ཆགས། རྩལ་ཕྱན་དབར་གྱི་བར་སྒྲོང་ནང་རང་དབང་ཅན་གྱི་མོ་རྩལ་ནམས་ལས་སྒྲུབ་པོ་འགྱུལ་སྒྱོད་བྱེད་བྱུབ་ཀྱི་ཡོད། འདི་ནམས་ལྷ་གས་རིགས་ཆ་ཤས་ཀྱི་རྩལ་ཕྱན་དབར་ལ་མཉམ་སྦྲེད་བྱེད་ཀྱི་ཡོད།

The electrons carry a negative charge. The metal atoms carry a positive charge, because they now have more protons than electrons. The positive and negative charges attract each other, so the whole arrangement is held closely together.

མོ་རྩལ་ནམས་ལ་མོའི་སློག་འཁར་ཡོད། ལྷགས་རིགས་རྩལ་ཕྱན་ནམས་ཀྱི་མོའི་སློག་ཁུར་འཁར་གྱི་ཡོད། གང་
ཡིན་ཟེར་ན་ད་ལྟ་ལྷགས་རིགས་ལ་མོ་རྩལ་ལས་མོ་རྩལ་མང་བ་ཡོད། མོ་སློག་དང་མོ་སློག་གི་སློག་ཁུར་ཕན་ཚུན་
མདུན་མཐིན་བྱེད། འདི་འདྲ་མོང་ཅང་སློག་ཆ་ཡོངས་རྫོགས་ལྷན་ཅིག་དུ་དམ་པོར་ཡོད།

The free electrons explain why metals are so good at **conducting electricity**. The elec-
trons in metals can be made to move in a particular direction. This movement is what we
call an electric current.

མོ་རྩལ་ནམས་རང་དབང་ཡིན་པའི་ལྷགས་རིགས་ནམས་སློག་འཁར་དང་མོ་སློག་ཡང་དག་ཡིན་པའི་འབྲེལ་བཤད་བྱེད།
ལྷགས་རིགས་ནང་མོ་རྩལ་ནམས་སློགས་བྱ་བྲག་པ་ཞིག་དུ་འགྲུལ་སྐྱོད་བྱེད། འགྲུལ་སྐྱོད་(གཡོ་འགྲུལ)འདི་ལ་
སློག་རྒྱུན་ཟེར།

Most metals **melt** when heated. Heat is conducted through a material by the movements
of its particles. The free electrons in a metal can easily vibrate when they get hotter, and
bump into neighbouring electrons, making them vibrate as well. In this way heat is quickly
passed from one end of a strip of metal to the other.

ལྷགས་རིགས་ཕལ་ཆེར་བོད་ཀྱི་བཞུ། དངོས་རྒྱས་ནང་རྩལ་ཕྱན་ནམས་གཡོ་འགྲུལ་བྱེད་པ་ལ་བརྟེན་ནས་བོད་འཁུར་
བྱུང། ལྷགས་རིགས་ནང་རང་དབང་ལྷན་པའི་མོ་རྩལ་དེ་ཆོ་ཆ་རུ་འགོ་དུས་ལས་སྒྲ་པོའི་ངང་ནས་འདར་འགྲུལ་བྱེད་པ་
དང་ཉེ་འཁོར་དུ་མོ་རྩལ་ནམས་ལ་འདར་འགྲུལ་ཡང་བཟོས། དེ་འདྲ་བྱས་ཏེ་ལྷགས་རིགས་ལྷགས་ལེབ་ནས་མོ་སློ་
གཅིག་ནས་གཞན་དུ་བོད་ལྷུང་པོ་སྐྱོད་བྱུང།

When a piece of metal is hammered it can easily change shape as the layers of atoms
slide over each other. This is why metals are **malleable**. For the same reason, many met-
als can be drawn out into thin wires. They are said to be ductile.

ལྷགས་རིགས་ཆ་ཤས་ཞིག་ཐོ་བས་རྒྱང་ན་དེས་བཟོ་དབྱིབས་ལམ་སེང་འགྱུར་བ་འགོ་བ་ནི་རྩལ་ཕྱན་རིམ་པ་ནམས་ཕར་
ཚུར་བྱུང་རྒྱག་བྱེད། བྱས་ཅང་ལྷགས་རིགས་ནམས་སྒྲི་མོ་རེད་ཟེར། རྒྱ་མཚན་གོང་དུ་གཅིག་པ་བརྟེན་ནས་ལྷགས་
རིགས་མང་པོ་ཞིག་ལྷགས་སྐྱད་སྒྲ་མོ་བཟོས་བྱུང། དེ་ཆོ་ལ་སྒྲ་རིང་པོ་ཟེར། (ལྷགས་རིགས་ཁྲད་ཆས།)

6. Electric Current and Flow of Water

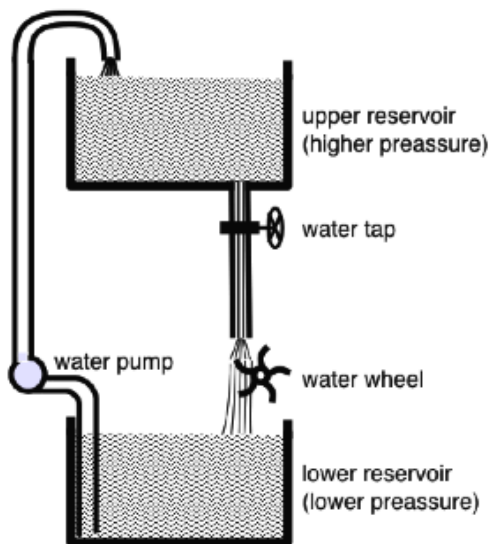
ལྷོག་རྒྱུ་དང་རྒྱུ་གཤམ་།

In the picture, water flows from the upper reservoir of higher pressure to the reservoir of lower pressure. It will only flow as long as a difference in water level exists. The water continues to flow because a difference in pressure is maintained with a pump.

སྒྲིལ་བུ་གསུམ་ཚད་མཐོ་བ་ཡོད་པའི་རྒྱུ་མཛོད་ནས་སྒྲིལ་བུ་གསུམ་ཚད་དམའ་བ་ཡོད་པའི་རྒྱུ་མཛོད་དུ་རྒྱུ་གཤམ་ཡོད།
གཡོན་ཕྱོགས་དཔེ་རིས། རྒྱུ་མཛོད་ནང་རྒྱུ་འཐོ་ཚད་ཀྱི་ཁྲད་པར་ཡོད་པར་བརྟེན་རྒྱུ་གཤམ་མཐུན་ནས་རྒྱུ་གཤམ་གྱི་རེད།
གཡམས་ཕྱོགས་དཔེ་རིས། ཕུ་མའ་ལེད་སྒྲིད་བྱས་ཤིང་སྒྲིལ་བུ་གསུམ་གྱི་ཁྲད་པར་བསྐྱོན་ཏེ་རྒྱུ་ཡང་རྒྱུ་མ་ཚད་པར་རྒྱུ་གཤམ་གྱི་རེད།

Draw the corresponding wiring diagram:

རིམ་དེའི་ཚོན་པའི་ལྷོག་ཏར་བསྐྱོད་ཚུལ་གྱི་རིམ་དེ་བྲིས།



There is a similar situation with electric current. Charged particles will flow from one end of a wire to the other. They will only flow as long as voltage is impressed. Without voltage, no charge flows.

དེའི་ཕྱོགས་མཚུངས་གནས་སྐད་སྒྲིལ་རྒྱུ་ལ་ཡང་ཡོད། ལྷོག་ཁྲར་ལྷན་པའི་ཕྱ་རྒྱལ་ནམས་ལྷོག་སྒྲིལ་སྒྲིལ་གཅིག་ནས་གཞན་དུ་རྒྱུ་གཤམ་ཡོད། རིམ་སྒྲིལ་ཕྱོགས་བཞག་པ་བཞིན་དེ་སྒྲིལ་ལྷན་པའི་ཕྱ་རྒྱལ་ནམས་རྒྱུ་གཤམ་གྱི་རེད། ལྷོག་ཕྱོགས་མཐོ་ན། ལྷོག་ཁྲར་ཡང་མི་རྒྱུ་གཤམ་།

Electric current is simply the flow of electric charge. In circuits of metal wires, electrons make up the flow of charge. This is because one or more electrons from each metal atom are free to move through the atomic lattice. Protons, on the other hand, do not move because they are bound inside the nuclei of atoms, which are more or less locked in fixed positions.

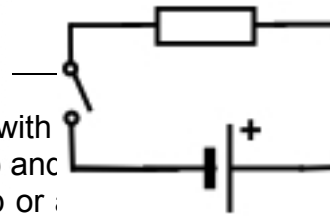
ཐོག་རྒྱུན་ནི་ཐོག་ཁྲུང་རྒྱུག་པ་ལས་འཁྲུག་པའི་རྒྱུ་ཚལ་གྱིས་ཡིན། ལྷགས་རིགས་ཀྱི་རྒྱ་ལས་ནང་ཐོག་རྒྱུ་ལ་ཡོད་པའི་རྒྱུ་གིས་ཐོག་ཁྲུང་འཁྲུག་བྱུང་གི་ཡོད། དེ་ནི་ལྷགས་རིགས་ཀྱི་རྒྱ་ལ་ཕྱན་གཅིག་གསུམ་པའི་ཐོག་རྒྱུ་ལ་ནམས་ཐོག་རྒྱུ་ལ་གྱི་དམའི་ནང་ཕྱོགས་ཚད་མར་རང་དབང་གིས་བརྒྱུད་བྱུང་གི་ཡོད། ཐོ་རྒྱུ་ལ་ཆ་བཞག་ན། དེ་ནམས་རྒྱུ་ལ་ཕྱན་གྱི་རྒྱུ་ལ་དམ་པོར་བཅིང་ཡོད་པའི་རྒྱུ་གིས་འགྲུལ་བརྒྱུད་བརྒྱབ་བྱུང་གི་ཡོད།

Charge flows only when they are 'pushed' or 'driven'. A sustained current requires a suitable pumping device to provide a **voltage**. An 'electric pump' is some sort of voltage source. Generators or chemical batteries are sources of energy in electric circuits and are capable of maintaining a steady flow. They do work to pull negative charges away from positive ones.

ཐོག་ཁྲུང་ནི་འཕྲུལ་བའམ་འབྲུད་པ་སོགས་མ་གྲུས་བར་དུ་འཁྲུག་བྱུང་གི་ཡོད། ལྷན་ནས་འཁྲུག་བྱུང་པའི་ཐོག་རྒྱུ་ལ་ཞིག་འགྲུབ་ཆེད་དུ་ཐོག་སྒྲོབས་ཤིག་ངེས་པར་དུ་དགོས། དེ་ནི་སྒྲོབས་ཤིག་ལ་ཕྱུང་པའི་འཕྲུལ་ཆས་ཤིག་གིས་འགྲུབ་བྱུང་གི་ཡོད། ཐོག་གི་སྒྲོབས་ཤིག་ཐོག་ཕྱོགས་ཀྱི་འབྲུང་ཁུངས་ལྟ་བུ་ཡིན། ཐོག་འདོན་འཕྲུལ་འཁོར་ཡང་ན་རྒྱས་འགྲུར་ཐོག་རྒྱས་ནམས་ཐོག་ལས་ནང་ཐོག་ཕྱོགས་ཀྱི་འབྲུང་ཁུངས་ཡིན་པ་དང་ཐོག་རྒྱུ་ལ་ཕྱུང་པའི་དང་འཁྲུག་བྱུང་པར་བྱེད། དེ་ཆོས་པའི་ཐོག་ཁྲུང་ཡོད་པ་ནས་པའི་ཐོག་ཁྲུང་ནམས་འཐེན་ཐབས་བྱེད་གི་ཡོད།

If there is a voltage across the ends of a conductor, a current flows through the conductor. But for the same voltage you do not always get the same current. Some conductors will allow a large current to flow, while others will only allow a small current to flow. How much current there is depends not only on the voltage but also on the **electrical resistance** the conductor offers to the flow of charge. A conductor with a high resistance 'resists' the current, and only a small current flows. This is similar to the rate of water flow in a pipe, which depends not only on the pressure difference between the ends of the pipe but also on the resistance offered by the pipe itself.

མཐིད་གཟུགས་སྡེ་ལ་ཐོག་ཕྱོགས་ཡོད་པ་ཡིན་ན། མཐིད་གཟུགས་བརྒྱུད་ཐོག་རྒྱུ་ལ་བྱུང་གི་རེད། འོན་ཀྱང་ཐོག་ཕྱོགས་གཅིག་པ་ཡོད་ཀྱང་ཐོག་རྒྱུ་ལ་རྒྱས་ཏེ་གཅིག་པ་ཐོབ་གི་མ་རེད། མཐིད་གཟུགས་ཁ་ཤས་ཀྱི་ཐོག་རྒྱུ་ལ་ཆེན་པོ་འཁྲུག་དུ་འཁྲུག་པ་དང་། གཞན་དག་གི་ཐོག་རྒྱུ་ལ་ཤུགས་འཁྲུག་དུ་འཁྲུག་པར་བྱེད་གི་ཡོད། དེའི་ནང་དུ་ཐོག་རྒྱུ་ལ་ཚལ་ཡོད་པའི་ཐོག་ཕྱོགས་ཁོ་ནར་མིན་པ་དེའི་ནང་དུ་ཡོད་པའི་ཐོག་རྒྱུ་ལ་ཐོག་མཐུན་དེ་ལ་ཡང་བརྟེན་གྱིས་ཡོད། མཐིད་གཟུགས་ལ་ཐོག་གི་འགོ་ཕྱོགས་མཐོ་པོ་ཡོད་ཆེ་ཐོག་རྒྱུ་ལ་ཐོག་པར་བྱེད་པ་དང་ཐོག་རྒྱུ་ལ་ཤུགས་ལས་རྒྱུ་ལ་ཐོབ། དེ་ནི་རྒྱ་ལ་སྒྲོབས་དོར་ནང་རྒྱ་ལ་ཕྱུང་གི་རྒྱུ་ཆེད་ནི། རྒྱུ་ལ་ཕྱོགས་ཚད་ཁོ་ན་མིན་པར། རྒྱ་ལ་ཕྱུང་གི་ཡོད་ཀྱི་འགོ་ཕྱོགས་ཚད་ལའང་བརྟེན་དགོས་པ་བཞིན་ནི།

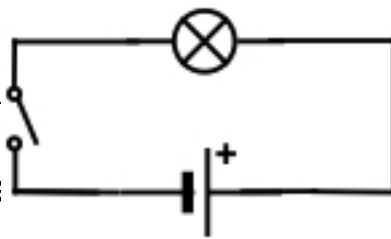


public circuit (figure 1) the zig zag symbol the right you see

ལྟོང་བརྟུང་། ལྟོག་རྒྱུན་ཟེར་ན་གང་ཡིན་དམ། རྒྱུན་འགོ་ལམ་(དཔེ་རིས་གཤོན་སྟོགས་)ལྟོག་རྒྱུན་འགོ་ལམ་
(དཔེ་རིས་གཤམ་སྟོགས་)དང་དེའི་རྒྱབ་ཆ་ཡང་ན་ཆ་ཤས་ཐེད་སྟོང་ལྟེད་དེ་ལྟོག་ལམ་འབྲེལ་བཤད་
སྟོང་རོགས་གནང་། གྲུ་གི་ཀྲོག་གི་དེས་འཁོག་ཆས་མཆོན་ཏེ། དཔེར་ན། ལྟོག་གི་ཤེལ་རྟོག་ཡང་
ན་འབྲུལ་ཆས་གཞན་དག་མཆུངས། གཤམ་སྟོགས་ལ་ལྟོག་སྒྱུད་མ་ལག་གི་རིམ་ཅི་མཆོང་།

7.1. Definition

As a model it corresponds to water molecules.



7.3. Direction of ϵ

flow of current

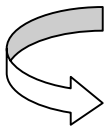
ཕྱོག་རྒྱན་གྱི་འབྲུག་པ་ཕྱོག་པ་

flow of electrons

When people first began to study electric current, they assumed that it was a flow of positive charge, from the positive end of a cell, around a circuit, to the negative end. It was a long time before scientist discovered that it was, in fact, negatively charged electrons, which were moving! By this time, everyone had been thinking about current flowing from positive to negative for so long that it was impossible to change. So we still consider current to flow from positive to negative. This is sometimes called 'conventional current flow'. But do remember that the real flow of electrons is in the opposite direction!

མིའི་ཕྱོག་རྒྱན་ཐོག་མར་སྤྱོད་བསྐྱར་བྱེད་དུས། ཁོང་ཚོས་ཕྱོག་ལམ་ནང་ཕོའི་ཕྱོག་ཁྲུང་ནམས་ཕྱོག་ཞུའི་སྐར་གྱིས་ཕོའི་སྐར་ནས་ཕོའི་སྐར་ཕྱོག་སུ་འབྲུག་པ་གྱི་ཡོད་ཚུལ་འདྲིན། དེ་ནས་དུས་ཚོད་རིང་པོ་ཞིག་གི་རྗེས་ལ། ཚན་རིག་པས་གསར་དུ་རྟོག་པ་འདི་ནི་ཕོའི་ཕྱོག་ཁྲུང་སྐར་པའི་ཕྱོག་རྒྱལ་ནམས་འབྲུལ་བཞུད་བྱས་ཀྱི་ཡོད་པ་ཤེས། དུས་ཚོད་དེ་བར་དུ་རྒྱན་རིང་ནས་ཚང་མས་ཕྱོག་རྒྱན་ནི་ཕོ་རྟགས་(+)ནས་ཕོ་རྟགས་(-)བར་འབྲུག་གི་ཡོད་པའི་བསམ་ཚུལ་ཡོད་པར་བརྟན་འགྱུར་བ་བཏང་མ་བྱུང་བ་རེད།

དེ་འདྲ་སོང་ཙང་ང་ཚོས་ད་ལྟ་ཡང་ཕྱོག་རྒྱན་ནི་ཕོ་རྟགས་(+)ནས་ཕོ་རྟགས་(-)བར་རྒྱག་གི་ཡོད་པ་རྩི་འཛོག་བྱེད་གྱི་ཡོད། དེ་ལ་མཚམས་རེ་སྤྱི་སྤྱོད་ཀྱི་ཕྱོག་རྒྱན་ཟེར། ཡིན་ན་ཡང་། ཕྱོག་རྒྱལ་འབྲུག་པ་ཕྱོག་པ་ནི་དངོས་ཡོད་དང་ཕྱོག་སྤྱི་ཡིན་པ་སེམས་པར་འཛོག་དགོས།



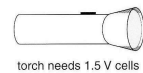
8. Voltage ན་ སྒོ་གྲུ་གསལ།

Definition: The voltage pushes the electrons around the circuit.

As a model it corresponds to water pressure

འབྲེལ་བ་ཤིང་། སྒོ་གྲུ་གསལ་ནང་ལ་སྒོ་གྲུ་རྒྱལ་ན་མས་སྒོ་གྲུ་གསལ་གྱི་འཕུད་པར་བྱེད།
ཐུའི་གཞོན་གྲུ་གསལ།

Symbol: $V = \text{Voltage}$
མཚོན་རྟགས།



Measured in: $V = \text{Volt}$
ཚད་འཇལ་ཡག་ནི།



Voltage equals energy per charge

སྒོ་གྲུ་གསལ་དེ་སྒོ་གྲུ་ཅི་རེ་གྱི་རྒྱས་གྲུ་གསལ་དང་མཚུངས།

$$1 \text{ V} = 1 \text{ J} / \text{C}$$

V... Volt J... Joules C... Coulomb

Each Coulomb of charge is provided with energy of 1 Joule.

Coulomb རེ་རེ་སྒོ་གྲུ་ཁྲར་ལ་ Joule གཅིག་གི་རྒྱས་གྲུ་གསལ་ཡོད།

Voltage Sources: 1) Cell, Battery or 2) Generator

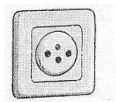
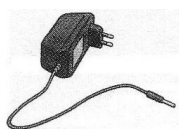
As model it corresponds to a water pump)

སྒོ་གྲུ་གསལ་གྱི་འབྱུང་ཁུངས།

སྒོ་གྲུ་ཞུའི་སྒྲན། སྒོ་གྲུ་རྩིས།

སྒོ་གྲུ་འདོན་འཕུལ་འཁོར། སྒྲན་སྒོ་གྲུ་འཕུལ་འཁོར།

(དཔེ་གཞུགས་སྒྲར་ཐུའི་ཕྱ་མདའ་དང་འབྲ།)



9. Measuring Voltage and Current

༩ གློག་འཁུགས་དང་གློག་རྒྱན་ཆེད་འཇམ་ཚུལ།

9.1 Voltage Measurements ཉ.༡ གློག་འཁུགས་ཆེད་འཇམ་ཚུལ།

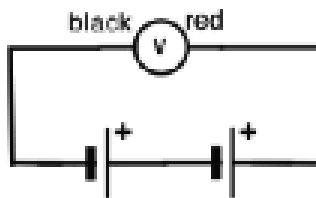
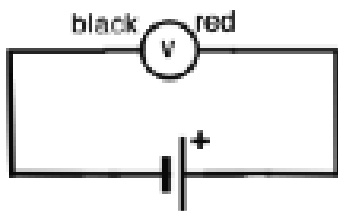
A voltage meter always bridges the load. So the voltage meter has to be connected parallel to one or even several loads. In the same manner the voltage source/sources can be measured:

གློག་འཁུགས་ཆེད་བྱེད་འཇམ་ཆས་༼ voltage meter ༽ གྱི་གློག་འཁུགས་ཀྱི་བར་ཐུད་བྱེད་ཀྱི་ཡོད།

གློག་འཁུགས་ཆེད་བྱེད་འཇམ་ཆས་དེ་གློག་འཁུགས་གཅིག་ཡང་ན་གློག་འཁུགས་མང་པོ་དེ་ལ་ཐད་ཤིབ་ཐུད་བྱེད་ཀྱི་ཡོད།

དེ་ཕྱར་གློག་འཁུགས་ཀྱི་བྱུང་ཁུངས་དེ་ཡང་ཆེད་བྱེད་བྱུག།

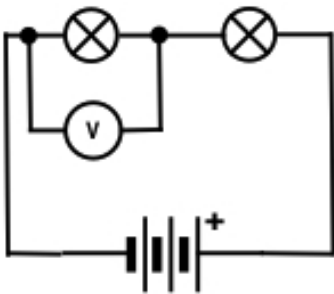
Examples:



To measure the voltage of batteries:

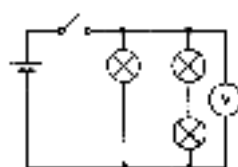
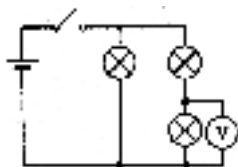
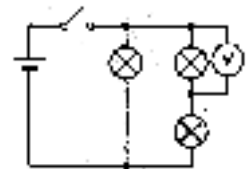
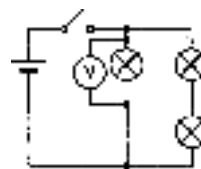
གློག་སྒྲན་གྱི་གློག་འཁུགས་ཆེད་བྱེད་ཚུལ།

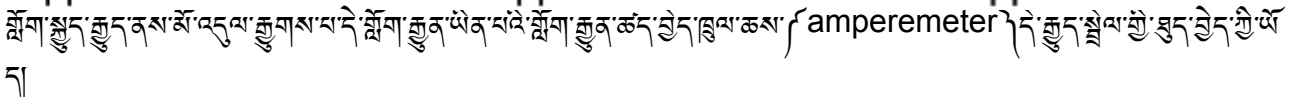
To measure the voltage over the left bulb: འཕྲ་རྫོག་གི་གློག་འཁུགས་ཆེད་མཇམ་ཚུལ།



Exercise: In the wiring diagram below all bulbs are exactly the same. The battery has a voltage of 9 V. What voltage does the instrument show?

སྒྱུར་བསྐྱར།

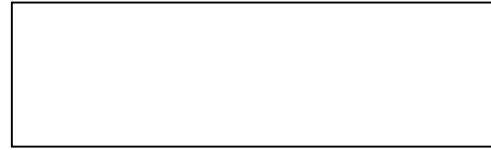
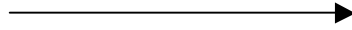




གལ་ཏེ་སློབ་ཁྱབ་ཆད་ཐེངས་ཆས་ (ampere meter) དེ་སློབ་ཁྱབ་ལ་ཐད་ལོ་ཐེངས་ཆས་དེ་སློབ་ཁྱབ་ཀྱི་དང་།

10. Relationship between Electric Current and Voltage

༡༠ གྲུག་གི་ཤུགས་དང་གྲུག་རྒྱུ་གི་འབྲེལ་བ།



Electric current is caused by voltage. The flow of charge persists for as long as there is voltage. Without voltage, no charge flows.

གྲུག་རྒྱུ་ནི་གྲུག་གི་ཤུགས་ཡོད་པས་གྲུག་རྒྱུ་གི་བྱུང་བ་རེད། གྲུག་གི་ཤུགས་ཅི་ཙམ་བརྟན་པོ་གནས་པ་དེ་བཞིན་གྲུག་ཁྲུང་གྲུག་ཐུབ་ཀྱི་ཡོད། གྲུག་གི་ཤུགས་མེད་ན། གྲུག་རྒྱུ་ཐུབ་ཀྱི་མེད།

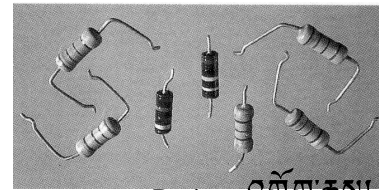
Exercise: What will happen to the electric current when you increase the voltage?

བྱུང་བ་རྒྱས་། གྲུག་གི་ཤུགས་ཆེ་རུ་གཏོང་བ་ན། གྲུག་རྒྱུ་ལ་འགྱུར་བ་གང་བྱུང་ངམ།



1. Resistance

1 གྲོག་འགོག་



Resistor འགོག་ཆས་

Definition: Resistance is a property of the conductor that lets the current flow. It depends on: material, length, thickness and temperature.

འགྲེལ་བརྗོད། གྲོག་འགོག་ནི་མཐིང་གཞུགས། བརྒྱད་ཇུས། གྱི་གྲོག་རྒྱུན་འབྲུགས་དུ་འབྲུག་པའི་བྲུང་ཆོས་ལ་ཟེར། དེ་ནི་རྒྱ་ཇུས། རིང་ཐུང་། མཐུག་ཚད་དང་དྲོད་ཚད་ལའང་རག་ལས་པ་ཞིག་ཡིན།

More water flows through a thick hose than through a thin one. It is the same for electric current in thick or thin wires that are connected across the same voltage.

ཆུ་འདོན་སྐྱ་གུ་སྤྲོ་མོ་ལས་སྐྱ་གུ་ཆེན་པོ་བརྒྱད་ཆུ་མང་བ་འདོན་བྱུང་གི་ཡོད། དེ་བཞིན་གྲོག་བྱགས་གཅིག་མཚུངས་གྱི་གྲོག་སྐྱ་དང་མཐུག་པོ་དང་སྤྲོ་མོའི་བར་དུ་ཡང་གྲོག་རྒྱུན་འབྲུགས་སྤངས་དེ་འདྲ་བ་ཡིན།

Symbol: R = Resistance
མཚན་རྟགས་

Measured in: Ω = Ohm
ཚད་འཇལ་ཡག་ནི།

$1 \Omega = 1 \text{ V/A}$ Ω ... Ohm
V... Voltage
A... Ampere

A resistance of one ohm carries a current of one ampere if there is a voltage of one volt across it.

གལ་སྲིད་གྲོག་བྱགས་ volt གཅིག་ཡོད་ན། གྲོག་འགོག་ཚུལ་གཅིག་གིས་ཨམ་པེར་གཅིག་གི་གྲོག་རྒྱུན་སྐྱལ་འདོན་བྱེད་བྱེད།

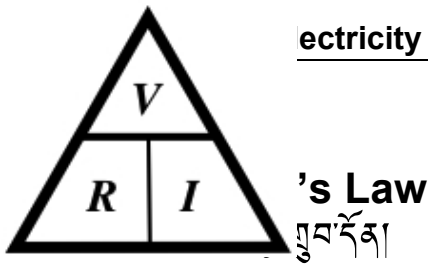
Exercise: The voltage impressed across a circuit is held constant, while resistance doubles. What changes occur in the current?

སྒྲོ་བ་ལྟར་།

སྒྲོ་བ་ཤུགས་སྒྲོ་བ་གཉིས་འཕེལ་འགྲོ་དུས། སྒྲོ་བ་ལམ་ནང་ལ་སྒྲོ་བ་ཤུགས་བཞག་པ་དེ་བརྟན་པོ་
ཞིག་ཡིན་ན། སྒྲོ་བ་རྒྱན་ལ་འགྱུར་བ་གང་ཡོད་དམ།

The resistance of a circuit remains constant, while voltage decreases to half of its former value. What changes occur in the current?

སྒྲོ་བ་ལམ་ནང་སྒྲོ་བ་འགོག་བརྟན་པོ་གནས་དུས། སྒྲོ་བ་ཤུགས་ཡོད་པ་འདི་ཕྱིད་ཀ་ནི་ཉུང་དུ་ཕྱིན།
སྒྲོ་བ་རྒྱན་ལ་འགྱུར་བ་གང་ཡོད་དམ།



Ohm's Law shows the relationship between voltage, electric current and resistance:

The voltage is proportional to the current with the resistance as the multiplier

ཨོམ་གྱི་གྲུབ་དོན་གྱིས་སློབ་ཤུགས། སློབ་རྒྱན། སློབ་འགོག་དབར་གྱི་འབྲེལ་བ་
སྟོན། སློབ་གི་རྒྱ་ལམ་ནང་གི་སློབ་རྒྱན་ནི་སློབ་རྒྱན་འགོ་ལམ་དེའི་བརྒྱུད་ཀྱི་

Formula རྩ་གཞི: Voltage is equal to resistance multiplied by the current

སློབ་འགོག་དང་སློབ་རྒྱན་སྦྲར་ནས་སློབ་ཤུགས་ཐོབ།

$$V = R * I$$

Units:
ཅི་གཞི།

$$1A = 1V / 1\Omega$$

A voltage of 1V across a resistance of 1Ω produces a current of 1A.

སློབ་ཤུགས་ V གཅིག་བརྒྱུད་སློབ་འགོག་Ω གཅིག་གི་སློབ་རྒྱན་ A གཅིག་བཟོ་བསྐྱུན་བྱེད་ཐུབ།

Exercise: A light bulb has a resistance of 100 Ω. An iron has a resistance of 20Ω. Both are impressed across the main power supply at a voltage of 230V. Where does more current flow, through the light bulb or the iron? How much current flows?

སྦྱོང་བསྐྲུན། སློབ་གི་ཤེལ་དོག་ཞིག་ལ་སློབ་འགོག་ཨོམ་ 230 ཡོད། དབྱར་ཏི་ལ་སློབ་འགོག་ཨོམ་ 100 ཐམས་
པ་ཡོད། དེ་གཉིས་སློབ་མཁོ་སྤྱོད་བྱེད་མཁན་གཙོ་བོ་སློབ་ཤུགས་ 230 འོལ་ཏེ་ཡོད་པ་ལ་བཞག་ན།
སློབ་གི་ཤེལ་དོག་ཡང་ན་དབྱར་ཏི་དེ་གཉིས་གང་གིས་སློབ་རྒྱན་མང་བ་འབྱུགས་ཐུབ་ཀྱི་རེད་དམ།
སློབ་རྒྱན་ག་ཚོད་འབྱུགས་ཐུབ་པམ།

Exercises གློད་བསྐྱར།

1. What is the resistance of an iron that draws 20A when connected to a 220V circuit?
དབྱར་ཉི་ཞིག་སྒོ་གཤམ་ནང་220V་ལ་མཐུད་པ་ཡིན་ན་སྒོ་གཤམ་20A འདྲིན། དེས་སྒོ་གཤམ་གཞོན་རེད་
དམ།
2. An electric current of 0.2A flows through a lamp with a voltage of 2V across. What is the resistance of the lamp?
སྒོ་གཤམ་ལ་སྒོ་གཤམ་གྲུགས་ 2V ཡོད་པ་ཞིག་གི་བརྒྱུད་སྒོ་གཤམ་0.2A འཁྱུག་གིས་ཡོད། སྒོ་གཤམ་དེའི་
སྒོ་གཤམ་གཞོན་རེད་དམ།
3. An electric current of 0.5A flows through a bulb with a voltage of 20V across. What is the resistance of the bulb?
སྒོ་གཤམ་གི་ཤེལ་རྒྱུ་ལ་སྒོ་གཤམ་གྲུགས་20V ཡོད་པ་ཞིག་གི་བརྒྱུད་སྒོ་གཤམ་0.5A འཁྱུག་གི་ཡོད། སྒོ་གཤམ་གི་ཤེལ་
རྒྱུ་དེའི་སྒོ་གཤམ་གཞོན་རེད་དམ།
4. How much current will flow through a lamp that has a resistance of 60Ω when 12V are impressed across it?
སྒོ་གཤམ་ཞིག་ལ་སྒོ་གཤམ་གཞོན་མ་ 60Ω ཡོད་པ་དང་དེར་སྒོ་གཤམ་གྲུགས་འོལ་ 12 བཞག་པ་ན། དེའི་བརྒྱུད་སྒོ་གཤམ་
རྒྱུ་གཞོན་རྒྱུག་གི་རེད་དམ།
5. If the filament resistance in an automobile headlamp is 3Ω , how many amperes does it draw when connected to a 12V-battery?
སྒྲིམ་འཁོར་ཞིག་གི་མདུན་གྱི་སྒོ་གཤམ་བཞུའི་སྒྲིམ་ལ་མཐུད་ན། གྱི་སྒོ་གཤམ་གཞོན་ཡོད་པ་ཡིན་ན། དེ་སྒོ་གཤམ་རྒྱུ་
འོལ་ 12 ལ་མཐུད་པ་དེས་སྒོ་གཤམ་རྒྱུ་གཞོན་འདྲིན་གྱི་རེད་དམ།
6. The resistance of the side lights on an automobile are 10Ω . How much current flows in them when connected to a 12-volt circuit?
སྒྲིམ་འཁོར་ཞིག་ལ་ཟུར་གྱི་སྒོ་གཤམ་བཞུའི་ལ་མཐུད་ན། 10 སྒོ་གཤམ་གཞོན་ཡོད། དེ་སྒོ་གཤམ་ལམ་ནང་སྒྲིམ་གྲུགས་འོལ་
 12 ལ་མཐུད་ཡོད་པ་དེའི་ནང་སྒོ་གཤམ་རྒྱུ་གཞོན་རྒྱུག་གི་ཡོད་དམ།
7. a) At a resistance of $100,000\Omega$, what will be the current in your body if you touch the terminal of a 12V-battery?
སྒོ་གཤམ་གཞོན་མ་ $100,000$ ཡོད། གལ་སྲིད་སྒོ་གཤམ་རྒྱུ་འོལ་ 12 ཞིག་ལ་ཐུག་པ་ཡིན་ན་ང་ཚོས་
གཟུགས་པོ་ནང་སྒོ་གཤམ་རྒྱུ་གཞོན་ཡོད་དམ།
b) If your skin is very moist – so that your resistance is only 1000Ω - and you touch the terminals of a 12V-battery, how much current do you receive?
གལ་ཉི་ང་ཚོའི་སྒྲིམ་ལ་གཞལ་ཆན་ཅན་ཞིག་ལ་སྒོ་གཤམ་གཞོན་མ་ 1000 ཅམ་ཡིན་ན། བྱིད་གྱི་སྒོ་གཤམ་
རྒྱུ་འོལ་ 12 ཞིག་ལ་ཐུག་པ་ན། བྱིད་ལ་སྒོ་གཤམ་རྒྱུ་གཞོན་ཐོབ་བམ།

- ལྟོག་པམ་ཞིག་གི་ནང་ལྟོག་གི་ཤེས་རྟོག་གཅིག་ཡོད། ལྟོག་ལྟགས་ཀྱི་འཕྲུང་ཁྲུང་ས་ལྟོག་རྣམས་ཞིག་ཡོད། ས་
བཞུའི་རྣམས་ལྟོན་ནས་ལྟོག་ལྟགས་སྟེལ།

- གདུག་སྐྱོན་གཙོ་བོ་ཡིན་མིན་སྟོན་དཔག་བྱེད་ཐུབ་པམ།

- ཁོ་ག་སྐྱུང་འདིའི་ནང་ལ་ཕྱོག་འགོག་ག་ཚོད་འདྲ་དམ།

Voltage ଭୋଲ୍ଟ	Electric Current ଇଲେକ୍ଟ୍ରିକ୍ କରେଣ୍ଟ	Resistance ରେଜିଷ୍ଟାନ୍ସ
1.5 V	0.03 A	
3.0 V	0.06 A	
4.5 V	0.09 A	
6.0 V		
7.5 V		
9.0 V		

- གཤིས་རྒྱལ་དོན་གང་གི་ནང་ལ་མཐོ་ག་བྱུགས་དང་མཐོ་ག་རྒྱུན་དབར་འབྲེལ་བ་སྟོན་ཡོད།

13. Using Electricity for Energy Transfer

ཁྱེད་ཀྱི་མི་འཁྱིལ་གྱི་འཕྲི་ལྷན་གྱི་རྒྱུ་ལ་འགྲུལ་གྱི་དཔེ་མཚན།

Our homes are full of appliances powered by electricity. They change or transfer electrical energy into other more useful forms of energy.

All energy is measured in joules (J).

ང་ཚོའི་ནང་ལ་སྒྲོག་ཤུགས་ལ་བརྟེན་པའི་འཕྲི་ལྷན་ཆས་མང་པོ་ཡོད། དེ་ཚོས་སྒྲོག་གི་རྒྱུ་ལྷན་འདི་རྒྱུ་ལྷན་གྱི་དོ་བོ་བཟོ་སྒྲིལ་མང་པོ་ཡོད་པ་གཞན་ལ་བསྐྱར་བ་དང་འཕྲི་ལྷན་གྱི་ཡོད།
རྒྱུ་ལྷན་ཆེད་མ་joules (J)ནང་ཆད་འཇུག་གི་ཡོད།

Electricity has four different manifestations:

སྒྲོག་གི་རྒྱུ་ལ་བཞེ་

1. Heat རྫོད།

2. Light རོད།

3. Magnetism ཁབ་ལེན་རྒྱུ་ལྷན།

4. Chemistry རྩིས་སྒྲོལ།

All electrical apparatuses use one or several of these manifestation, but always there is a transfer of energy involved.

སྒྲོག་གི་ཡོ་བྱེད་ཆེད་མའི་སྒྲོག་གི་རྒྱུ་ལྷན་གཅིག་གསུམ་མང་པོ་བཟོ་སྒྲིལ་གྱི་ཡོད། ཡིན་ཡང་རྒྱུ་ལྷན་སྐྱེས་འཕྲི་ལྷན་གྱི་ཡོད།

Exercise: Write down to the following apparatuses, which manifestation of electricity is involved:

སྒྲིལ་བཟང་། གསལ་གསལ་ཡོ་བྱེད་རྒྱུ་ལྷན་གྱི་སྒྲོག་གི་རྒྱུ་ལྷན་གྱི་ཐེ་གཏོགས་ཡོད།

Stove:སྒྲོག་ཐབ།

Fan: རྒྱུད་འཁོར།

Bulb: འཕེལ་རྫོག་

Drillingmachine: བྱ་ཁ་འབྲུས་བྱེད་ཁྱུ་ལ་འཁོར།.....

Tube lamp:འཕེལ་རྫོག་ནར་ནས།

Mobile: ལག་ཐོག་ཁ་སར་

.....
.....
.....

14. Electrical Power

14. གློག་སྒྲིབ་ཀྱི་ཤུལ་

Definition: Electrical power is the rate per time at which electrical energy is transferred into another form of energy such as magnetic energy, heat, light etc.

འཕྲུལ་འཁོར་གྱི་
 གློག་གི་རྒྱུ་ཤུལ་ནི་རྒྱུ་ཤུལ་གྱི་དོ་བོ་གཞན་དུ། དཔེར་ན། འཕྲུལ་འཁོར་རྒྱུ་ཤུལ་
 དང་། རྩི་དང་། རྩེད་། སྒྲུབ་རྒྱུ་ཤུལ་བཅས་ལ་བསྒྲུར་བའི་ཆད་དེ་ལ་གློག་སྒྲིབ་ཟེར།

Symbol: P = Electrical Power
 མཚན་རྟགས།

Measured in: W = Watt
 ཆད་འཇལ་ཡག་ནི།

Power equals the amount of energy, which is transferred in a second
 སྒར་ཆ་གཅིག་གི་ནང་ལ་རྒྱུ་ཤུལ་འཕོ་འགྱུར་བྱེད་པ་དེ་གློག་སྒྲིབ་མཚུངས།

1 W = 1 J / s W... Watt
 J... Joule
 s... second

A power of 1 watt means that 1 joule of energy is used in 1 second.

joule གཅིག་གི་རྒྱུ་ཤུལ་སྒར་ཆ་གཅིག་ནང་བེད་སྤྱོད་བྱེད་པ་ལ་ watt གཅིག་གི་གློག་སྒྲིབ་
 མཚན།

The power of an electrical appliance is calculated by multiplying the voltage across it in volts by the current through it in amperes.

གློག་གི་འཕྲུལ་ཆས་ཀྱི་གློག་སྒྲིབ་ནི་གློག་ཤུལ་(འོ་ལ་) ལ་གློག་རྒྱུན་(ཨམ་པེར) སྒྲུར་
 རས་ཅིས་རྒྱག་གི་ཡོད།

$$P = U * I$$

1 W = 1 V * 1 A V... Volt
 A... Ampere

$$1 W = 1 J / C * 1 C / s = 1 J / s$$

Exam

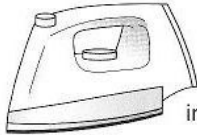
དཔེ་མཛེ



hairdrier
350 W



light bulbs, 40 W
60 W, 100 W



iron 500 W



kettle 3kW



calculator 0.005 W

3000W. It therefore
ied on.

པ་བརྟན་ནས་དེས་སྒོ་ག་
ཁྱད་ཀྱི་ཡོད།

Which appliance uses the most energy if it runs for 10 minutes?

འཕྲུལ་ཆས་གང་གི་སྐར་མ་ 10 འཁོར་བའི་རྗེས་སུ་རྒྱས་བྱགས་མང་ཤོས་ཅེད་སྟོང་བྱེད་ཀྱི་ཡོད།

Exercises Electrical Power: སྒྲིང་བསྐྱར། སྒྲོག་སྒྲོབས།

1. a) What is the power rating of light bulbs?

སྒྲོག་གི་ཤེལ་ཤོག་ནམས་ཀྱི་སྒྲོག་སྒྲོབས་ཚད་གང་རེད་དམ།

- b) How much electrical energy is used?

སྒྲོག་གི་རྩམ་ཤུགས་ག་ཚད་བེད་སྤྱོད་བྱེད་ཀྱི་ཡོད་དམ།

- c) How much energy is used if the light bulb runs for 1 hour?

སྒྲོག་གི་ཤེལ་ཤོག་ཚུ་ཚད་༡ བཞོལ་བས་རྩམ་སྒྲོག་གི་རྩམ་ཤུགས་ག་ཚད་བེད་སྤྱོད་བྱེད་དམ།

- d) How much energy is used if the light bulb runs for 10 minutes?

སྒྲོག་ཤེལ་ཤོག་སྐར་མ་༡༠ བཞོལ་བས་རྩམ་སྒྲོག་གི་རྩམ་ཤུགས་ག་ཚད་བེད་སྤྱོད་བྱེད་དམ།

2. a) Into what is the electrical energy of a light bulb transferred?

ཤེལ་ཤོག་དེའི་སྒྲོག་གི་རྩམ་ཤུགས་འདི་གང་དུ་འཕོ་བསྐྱར་བྱེད་ཀྱིས་རེད་དམ།

- e) What's the different effect between a 25 W and 100 W light bulb?

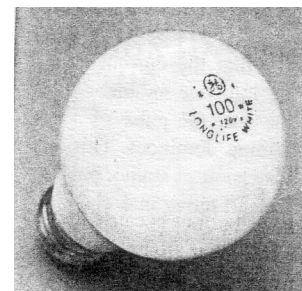
སྒྲོག་གི་ཤེལ་ཤོག་25 W ནང་100 W བར་ལ་ཤུགས་ཀྱི་ན་མི་འདྲ་བ་གང་རེད་དམ།

- f) How would you construct light bulbs to have power ratings of 25 W or 100 W?

སྒྲོག་གི་ཤེལ་ཤོག་ལ་སྒྲོག་སྒྲོབས་ཀྱི་ཚད་25 W or 100 W ཡོད་པ་ཞིག་ག་འདྲ་བྱས་ནས་བཟོ་ཀྱི་ཡིན་ནམ།

3. The power and voltage on the light bulb read 100W 230V.
How many amperes will flow through the light bulb?

སྒྲོག་གི་ཤེལ་ཤོག་ཞིག་ལ་སྒྲོག་སྒྲོབས་100W ནང་སྒྲོག་ཤུགས་230V ཡོད་ན།
ཤེལ་ཤོག་དེའི་བརྒྱུད་amperes ཙམ་མེར་ག་ཚད་འཁྱུག་བྱེད་ཀྱི་རེད་དམ།



4. a) Complete the following table for light bulbs with different power rating:

༤ གཤམ་གྱི་ཤེལ་ཤོག་དེའི་སྒྲོག་སྒྲོབ་སྒྲོལ་ཆ་དེ་མི་འདྲ་བ་ཡིད་པའི་གཤམ་གསལ་རེ་བྱ་མིག་ནམས་ཆ་ཆང་བ་སྒྲོང་དགོས།

Power སྒྲོག་ སྒྲོབ་སྒྲོལ	Voltage སྒྲོག་ བྱ་གསལ	Electric Current སྒྲོག་རྒྱ་ན།
in W	in V	in A
25	230	
40	230	
60	230	
100	230	

b) Which draws more current – the 100 W or the 25 W bulb?

ཁ། སྒྲོག་གི་ཤེལ་ཤོག་ 100 W or the 25 W གང་གི་སྒྲོག་རྒྱ་ན་མང་བ་འདྲིན་བྱུང་བཅ།

c) What is the resistance of a 100 W and 25 W light bulb?

ག། སྒྲོག་གི་ཤེལ་ཤོག་ 100 W and 25 W ལ་སྒྲོག་འགོག་གང་དང་གང་རེད་དམ།

d) Compare your answer for 2.c with your answer for 4.c. Do they correspond?

ང། 2.c དང་ 4.c གྱི་ལན་ཁྱད་པར་བསྟུང་། དེ་གཉིས་ཡན་ཚུན་མཚུངས་ཀྱི་འདུག་གམ།

5. Which of following appliances has the higher power rating; a kettle (V = 230 V, I = 4.5 A) or an electric iron (P=1200 W)?

༥། གཤམ་གྱི་ཡོ་ཆས་ནམས་ནས་གང་ལ་སྒྲོག་སྒྲོབ་སྒྲོལ་ཆ་དེ་མང་ཤོས་འདུག་གམ། ཁོག་ཕྱིར་ཡང་ན། (V = 230 V, I = 4.5 A) སྒྲོག་གི་དབྱར་དི། (P=1200 W)

6. Find the power of a car headlamp if it's run off a 12 V battery and draws a current of 3 A. How much energy does it use if it's run for 5 minutes?

༦། བཞོན་འཁོར་མདུན་གྱི་སྒྲོག་བཞུ་སྒྲོག་རྒྱ་ན་ V_{12} འཁོར་གྱིས་ཡོད་པ་དང་། དེས་སྒྲོག་རྒྱ་ན་ amperes 3 འདྲིན་གྱི་ཡོད། དེ་སྐར་མ་5 འཁོར་བའི་རྒྱུ་ལ་སྒྲོག་གི་རྒྱས་བྱུགས་ནི་ཙམ་བེད་སྤྱོད་བྱེད་ཀྱི་ཡོད་དམ།

15. Paying for Electricity

ཧ་ལ་ གློ་ག་རིན་སྒྲིག་པ།

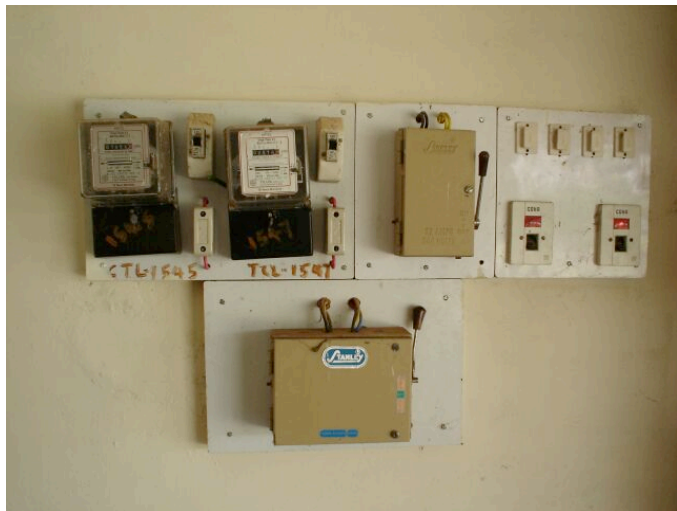
How much electricity? གློ་ག་ག་ཚད།

The amount of electricity we use at home is measured with a meter. This records the amount of electricity used in **units**.

ང་ཚོའི་ནང་ལ་གློ་ག་གི་ཁྱེད་འཕྲོ་ཐོང་བེད་སྒྲིག་པ་འདི་ནི་མི་ཁྲར་ནང་ཚད་འཇལ་གྱིས་ཡོད། དེས་གློ་ག་གི་ཁྱེད་འཕྲོ་ཐོང་ཅི་གཞི་ག་ཚད་བེད་སྒྲིག་བཏང་བ་འདི་ཐོ་བཀོད་བྱེད་གྱི་ཡོད།

This meter reading is _____ kWh units.

མི་ཁྲར་འདི་གློ་ག་བྱུང་བ་ནི་ _____ kWh ཅི་གཞི།



How many units? ཅི་གཞི་གྲངས་ག་ཚད།

The number of units of electricity that we use depends on the power of the appliances and how long we use them. An appliance of 1kW power, which is running for 1 hour, uses one unit of electrical energy. The Unit of the electrical energy in the consumer world is 1 kilowatt hour (kWh). (In physics we still use the joule as energy unit)

གློ་ག་གི་ཅི་གཞི་གྲངས་ག་ཚད་བེད་སྒྲིག་བཏང་བ་འདི་ནི་འཕྲུལ་ཆས་ཀྱི་གློ་ག་སྒྲོ་བས་དང་དེ་དུས་ཡུན་རིང་ཡོད་ཐོང་སྒྲིག་བྱས་པ་ལ་བརྟེན་གྱི་ཡོད། གློ་ག་གི་རྒྱས་བྱགས་ཅི་གཞི་གཅིག་ནི་འཕྲུལ་ཆས་ཀྱི་འོ་ཕྱུར་ཧ་ལ་ཚུ་ཚོད་ཧ་ལ་རིང་བེད་སྒྲིག་བཏང་བ་ལ་ཟེར། གློ་ག་གི་ཅི་གཞི་གཅིག་ནི། ཀྱི་འོ་ཕྱུར་ཚུ་ཚོད་རེད། (kWh).

དཔོན་ཁྲམས་རིག་པའི་ནང་ད་དུང་ཡང་རྒྱས་བྱགས་ཀྱི་ཚད་གཞི་ joule བེད་སྒྲིག་བྱེད་གྱི་ཡོད།

Energy transferred (kWh) = power (kW) * time (h)
 རྒྱས་བྱགས་འོ་ཕྱུར། (kWh) = གློ་ག་སྒྲོ་བས་(kW) * དུས་ཚད།(h)

Units used = power (kW) * time (h)

$$\text{Cost of electricity used} = \text{Power (kW)} \times \text{Time (h)}$$

What is the cost? $\text{Cost} = \text{Power} \times \text{Time}$

At this time, (September 2011), the cost of each unit without tax is 3.20 Rs .

ཕྱི་ལོ་༢༠༡༡་ལ་སྒྲིག་ཚད་ unit གཅིག་ལ་ཕྱི་ལོ་མེད་ན་སྒྲིག་རྒྱ་མཚད་ ༣.༢༠ རེད།

$$\begin{aligned} \text{The cost of electricity used} &= \text{number of units} \times \text{unit price} \\ \text{སྒྲིག་ཐོང་སྒྲིག་བཟང་བས་གོང་ཚད།} &= \text{ཕྱི་གཞི་བྱངས་འཕོར་ཕྱི་གཞི་གོང་ཚད།} \end{aligned}$$

Exercise: Calculate the number of units of electricity used when a 100W lamp is left on for 2 hours. What is the total cost if one unit costs 1.85Rs.?

སྒྲིག་བཟང་། སྒྲིག་གི་ཤེལ་དོག་ཞིག་ཚུ་ཚད་ 1 རིང་སྤར་ནས་སྒྲིག་གི་ཕྱི་གཞི་བྱངས་འཕོར་ག་ཚད་ཐོང་སྒྲིག་བྱས་པ་ཕྱི་ལོ་མེད་ཐོག་གཞི་གཅིག་གཅིག་གི་རིན་ཚད་སྒྲིག་མོ་ 1.85 ཡིན་ན་གོང་ཚད་སྒྲིག་བཟང་མས་ག་ཚད་རེད་དམ།

The meter reading taken from the meter at the beginning and end of the month is

ཟླ་བའི་འགོ་འདུགས་དང་ཟླ་འདུགས་ཀྱི་མཇུག་སྒྲིག་ནས་སྒྲིག་པ་ནི།

First reading	ཐོང་དང་པོ་སྒྲིག་པ།	01043
Second reading	ཐོང་གཉིས་པ་སྒྲིག་པ།	01295

How many units were used during this month? What is the total cost?

ཟླ་བ་གཅིག་ནང་ལ་ཕྱི་གཞི་ག་ཚད་ཐོང་སྒྲིག་བཟང་ཡོད། དེའི་གོང་ཚད་ག་ཚད་རེད་དམ།

16. Electric Circuits

༡༦ གློག་ལམ།

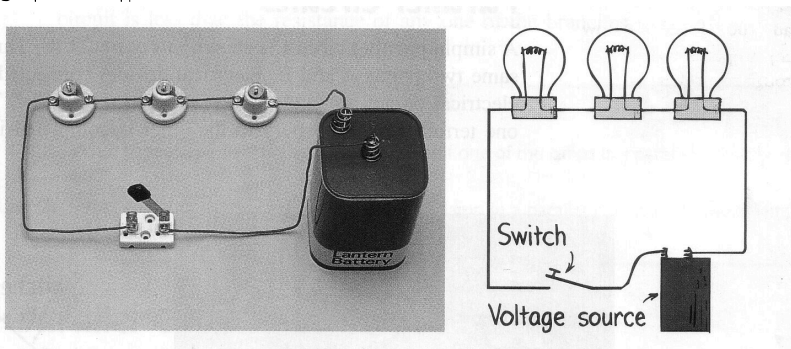
Any path along which electrons can flow is a circuit. For a continuous flow of electrons, there must be a complete circuit. Most circuits have more than one device that receives electric energy. In a circuit, these devices are commonly connected in series or in parallel. When connected in series, they form a single pathway for electrons to flow between the terminals of the battery, generator or wall socket. When connected in parallel, they form branches, which are separate paths for the flow of electrons. Both series and parallel connections have their own characteristics.

ལམ་གྱི་ལྷན་ཡེན་གྱི་རྒྱུ་ནི་ལྷན་པ་ལྟར་འཁྲུགས་ཐུབ་པ་དེ་ལ་གློག་ལམ་ཟེར། གློག་རྒྱུ་ནི་ལྷན་པ་ལྟར་མཐུད་ནས་འཁྲུག་ཆེད་དུ་གློག་ལམ་ཆ་ཚང་བ་ཞིག་དགོས། གློག་ལམ་ཕལ་ཆེ་བ་ལ་གློག་གི་རྒྱས་ཤུགས་ཐོབ་པའི་འཕྲུལ་ཆས་གཅིག་ལས་མང་བ་ཡོད། འཕྲུལ་ཆས་འདི་ནི་ལྷན་པ་ལྟར་མཐུད་ནས་གློག་ལམ་རིམ་ཅན་ཡང་ན་གློག་ལམ་མཉམ་འགྲུལ་མཐུད་ཡོད། གློག་ལམ་རིམ་ཅན་ལ་མཐུད་པའི་སྐབས་སུ། གློག་རྒྱས་དང་། གློག་འདོན་འཕྲུལ་འཁོར། རྒྱུ་རྒྱས་འཁོར་མིག་གི་མཐའ་སྡེ་དབར་གྱི་རྒྱུ་ནི་ལྷན་པ་ལམ་ཕྱོགས་གཅིག་ཁོ་ན་རྒྱུག་པ་ཡིན། གལ་ཏེ་དེ་ནི་ལྷན་པ་མཉམ་འགྲུལ་གྱི་ལམ་ལ་མཐུད་པ་ཡིན་ན་དེ་ནི་ལྷན་པ་གྱི་ཡན་ལག་སྟུབ་པ་དང་། ཡན་ལག་དེ་དག་རེ་རེ་ནས་གློག་རྒྱུ་རྒྱུག་སའི་ལམ་ཐ་དད་པ་ཞིག་ཡིན། གློག་ལམ་རིམ་ཅན་དང་མཉམ་འགྲུལ་གཉིས་ཀ་ལ་སོ་སོའི་ཁྱད་ཆོས་མི་འདྲ་བ་ཡོད།

16.2 Series Circuits རིམ་ཅན་གློག་ལམ།

Three lamps are connected in series with a battery. The same current flows through each lamp when the switch is closed. The total voltage is shared between them.

གློག་གི་ཤེལ་རྟོག་གསུམ་གྱི་རྒྱུ་ནི་ལྷན་པ་ལྟར་མཐུད་ཡོད་ན། སྒར་གསལ་དུ་ཆས་མཐུད་ནས་གློག་གི་ཤེལ་རྟོག་རེ་རེ་ལ་གློག་རྒྱུ་གཅིག་མཚུངས་རྒྱུག་གིས་ཡོད། ཁྱོན་བསྡེམས་གློག་ཤུགས་ནི་དེ་ཆོའི་དབར་མཉམ་སྟོད་བྱེད་ཀྱི་ཡོད།



The 6-V battery provides 2 V across each lamp.

གློག་རྒྱས་འོལ་ཏེ་ ༦ གྱི་གློག་གི་ཤེལ་རྟོག་རེ་རེ་ལ་འོལ་ཏེ་ ༢ རེ་གློག་ཤུགས་སྟོད་ཀྱི་ཡོད།

Exercises: What happens to the current in the other lamps, if one lamp in a series circuit burns out?

སྒྲོང་བསྐྱར། རིམ་ཅན་སྒྲོག་ལམ་ནང་ལ་གལ་སྲིད་ཤེལ་ཕྱི་གཅིག་འཛིག་པ་ཡིན་ན་ཤེལ་ཕྱི་གཅིག་གཞན་དག་གི་
སྒྲོག་སྒྱུན་ལ་འགྱུར་བ་གང་འགྲོ་གྱི་རེད་དམ།

What happens to the light intensity of each lamp in a series circuit when more lamps are added in series to the circuit?

རིམ་ཅན་སྒྲོག་ལམ་ནང་ལ་སྒྲོག་གི་ཤེལ་ཕྱི་གཅིག་ལས་མང་བ་རིམ་པ་བྱས་ནས་སྒྲོག་ལམ་ནང་
ལ་སྒྲོན་པ་ཡིན་ན་ཤེལ་ཕྱི་གཅིག་རེ་རེ་འོད་གྱི་ཤུགས་དྲག་ལ་འགྱུར་བ་གང་འགྲོ་གྱི་རེད་དམ།

Examples: Fuses are connected in a series circuit.

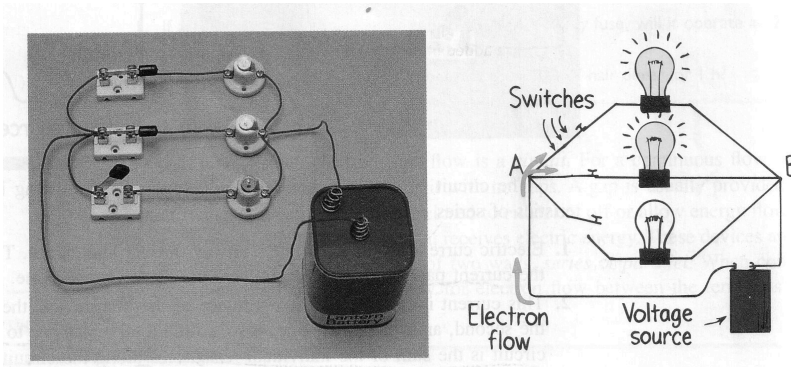
དཔེ་མཛོན། རིམ་ཅན་སྒྲོག་ལམ་ནང་ལ་ཞུན་སྒྱུད་མཐུད་པ།



16.2. Parallel Circuits གཙམ་འགྲོམ་སློག་ལམ

Three lamps are connected in parallel with a battery. The total current in the circuit is the sum of the currents through each lamp. There is the same voltage across each lamp.

ཤེལ་ཕྱི་གསུམ་མཉམ་འགྲོམ་སློག་རྩིས་ལ་མཐུད་ཡོད། སློག་ལམ་ནང་ལ་སློག་རྩིས་བསྐྱོར་བསྐྱོར་མཉམ་ནི་ཤེལ་ཕྱི་གསུམ་རེ་རེ་སློག་རྩིས་བསྐྱོར་བསྐྱོར་འཁོར་འདི་རེ།



The 6-V battery provides 6 V across each lamp. The total current in the circuit is 0.6 A. 0.2 A flows through each lamp.

སློག་རྩིས་འོལ་ཏེ་ ༦ གྲུས་པ་ཞིག་གིས་ཤེལ་ཕྱི་གསུམ་རེ་རེ་རྩིས་འོལ་ཏེ་ ༠.༢ སློག་རྩིས་བསྐྱོར་བསྐྱོར་གྱི་ཡོད། སློག་ལམ་ནང་ལ་སློག་རྩིས་བསྐྱོར་བསྐྱོར་མཉམ་ནི་ ༠.༦ མཉམ་ཐེར་ཡིན། ཤེལ་ཕྱི་གསུམ་རེ་རེ་ནང་ ༠.༢ མཉམ་ཐེར་རྩིས་བསྐྱོར་གྱི་ཡོད།

Exercises: What happens to current in the other lamps, if one lamp in a parallel circuit burns out?

སློང་བསྐྱར། སློག་ལམ་མཉམ་འགྲོམ་ནང་ལ་གལ་སྲིད་ཤེལ་ཕྱི་གསུམ་གཅིག་འཛིག་ན་ཤེལ་ཕྱི་གསུམ་གཞན་དག་གི་སློག་རྩིས་ལ་འགྱུར་བ་གང་འབྱུང་ངམ།

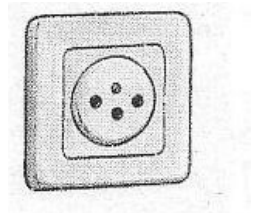
What happens to the light intensity of each lamp in a parallel circuit when more lamps are added in parallel to the circuit?

མཉམ་འགྲོས་སློག་ལམ་ནང་ལ་སློག་གི་ཤེལ་ཤོག་གཅིག་ལས་མང་བ་མཉམ་འགྲོས་བྱས་ནས་
སློག་ལམ་ནང་ལ་སློན་པ་ཡིན་ན་ཤེལ་ཤོག་རེ་རེར་འོད་ཀྱི་ཤུགས་དྲག་ལ་འགྱུར་བ་གང་འགྲོ་གི་
རེད་དམ

Examples: Wall sockets are connected in parallel circuits.

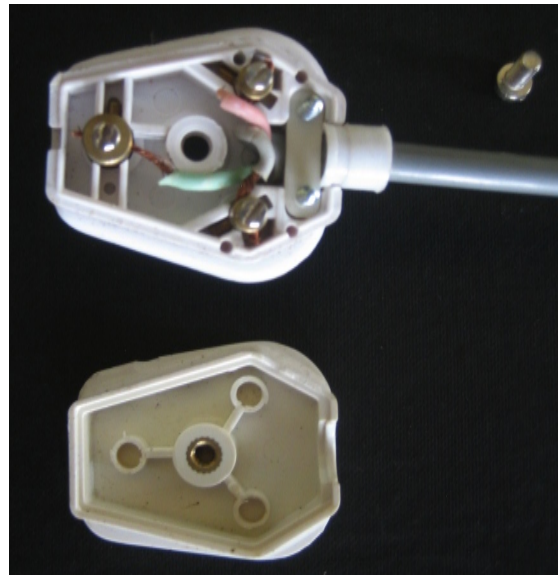
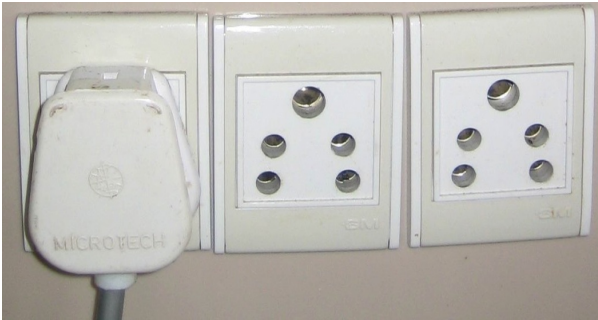
དཔེ་མཆོན།

རྒྱང་སྤྱར་འཁོར་མིག་ནམས་ནི་སློག་ལམ་མཉམ་འགྲོས་ལ་མཐུད་ཡོད།



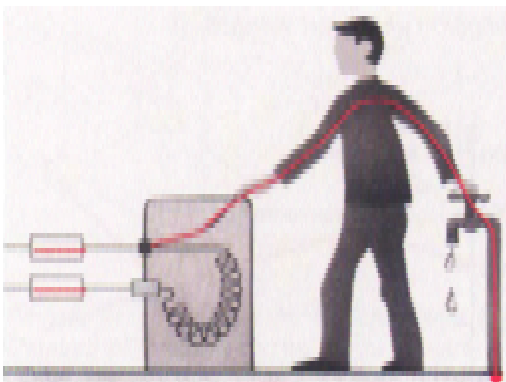
17.2 Electrical Sockets with 2 or 3 Pins and connecting cables

༡༧.༢ གྲོག་གི་འཁོར་མིག་ མིག་གཉིས་ཡང་ན་གསུམ་བྱེད་པ། ཉལ་༣ བྱེད་སྒྲུབ་སྒྱུད།

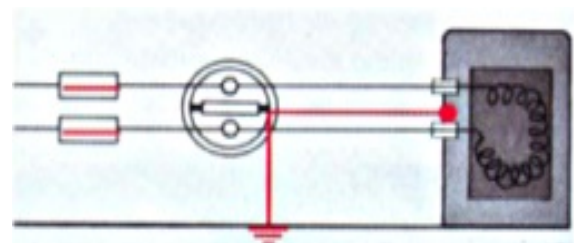


There are two types of sockets from where you can get your electrical power. The small ones have 2 holes; the bigger ones have 3 holes. For operating any electrical apparatus you actually need only 2 connections, so that the circuit is closed and the apparatus is connected. The third hole is the so called ground connection. This is used to protect you from an electrical stroke. All apparatus with a metallic body must have a ground connection, which connects the body separately directly without any possibility to interrupt e.g. by fuses, switches etc. to the ground of the planet earth.

གྲོག་ལེན་པར་གྲོག་གི་འཁོར་མིག་ལ་རིགས་གཉིས་ཡོད། གྲོག་གི་འཁོར་མིག་རྒྱུ་བ་དེ་ལ་མི་ཁུང་གཉིས་ཡོད་ལ་ཆེ་བ་དེ་ལ་མི་ཁུང་གསུམ་ཡོད། དངོས་འབྲེལ་བྱས་ན་གྲོག་གི་ཡོ་བྱེས་ཡོང་ལ་གྲོག་གི་སྒྲོར་ལམ་ཁ་རྒྱག་པར་མ་བྱུང་སྒྲོར་གཉིས་དགོས། ལྷག་གསུམ་བ་དེ་ས་གྲོག་གི་མ་བྱུང་ཡིན། ས་གྲོག་དེ་གྲོག་གི་རྒྱུ་འབྲེལ་ནས་འགོག་སྒྲུབ་བྱེད། ལྷག་རིགས་ཡིན་པའི་གྲོག་གི་ཡོ་བྱེས་ལ་ས་གྲོག་ཉེད་པར་དགོས། ས་གྲོག་དེ་ཁྱེད་སྒྱུད་fuses ་ དང་ གྲོག་སྒྲོར་བ་དང་གསོད་པའི་ཡོ་ཆས་ switches ་ བར་ཆད་མེད་པར་གོ་ལར་མ་བྱུང་བྱེད་དགོས།



Incorrect ་ རྩོད་པ།



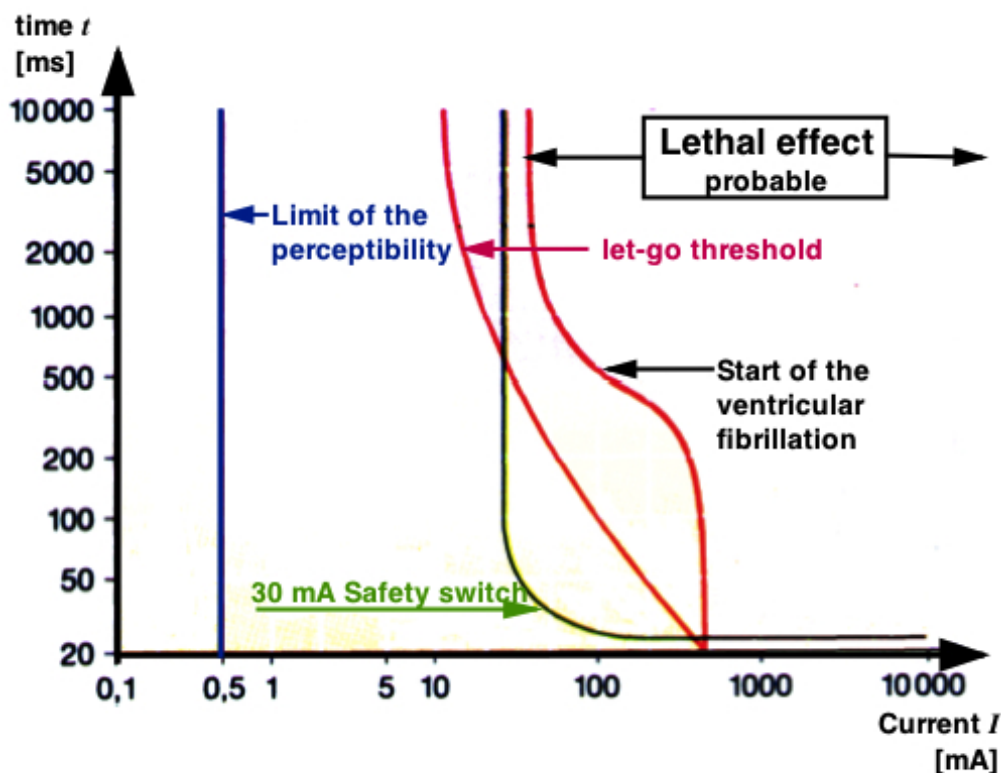
Correct ་ རྩོད་མེད།

Newer use a connecting wire with a three holes socket on one end and a plug with only two pins on the other end. All three holes have to have single connection wires to the pins of the plug! If this is not the case it will be very dangerous and life threatening.

མཐུན་བྱེད་སྐབས་སློབ་ཏུ་གྱི་གནས་གཅིག་ལ་ཨི་ཁུང་གསུམ་བྱེད་པའི་འཁོར་མིག་དང་གནས་གཞན་དུ་ཨི་ཁུང་གཉིས་ཀྱི་འཁོར་མིག་ནམ་ཡང་བེད་སྤྱོད་མ་བྱེད། ཨི་ཁུང་གསུམ་ལ་ཏར་སྐྱད་རེ་གྱི་སློབ་གྲི་ཙམ་ལུ་ཁྲོ་plug ི་ལ་མཐུན་དགོས། དེ་འདྲ་མེད་ན་སློབ་པ་ལ་ཉེན་ཁ་ཅན།

17.3 Danger of electricity to the human body

༡༧.༣ མིའི་ལུས་ལ་སློབ་གྲི་ཉེན་ཁ།



Electrical current-time graph of effects on the human body

The human body controls its functions by very weak electrical currents, which are transmitted via the nerves. That's how e.g. the electric currents of the heart can be visible on an ECG (Electrocardiography). If now a current from outside the body is superimposed over the signals from the nerves, there will be a malfunction of the body organs and muscles, e.g. for muscle spasms or life-threatening ventricular fibrillation. The ventricular fibrillation will cause a failure of the heart as its function to pump the blood up to the brain. The brain will be permanently damaged. As a sensitive organ with no blood supply this will cause death within a few minutes.

At a current flow in the body of only 0.03 amps (= 30 mA) for 0.2 second (= 200 ms) or longer these phenomena will occur.

To protect against electrical accidents it is necessary that all current-conductive parts such as cables, apparatuses or equipment are insulated throughout. It is the responsibility of the user to ensure that no parts are used with damaged insulation.

མིའི་ལུས་དེ་དབང་ཅིའི་རྒྱ་དང་སྒྲིག་ལུགས་འབྲེལ་མོས་སྤངས་འཛིན་གྱིད། དེ་འདྲ་ ECG (Electrocardiography)

རྒྱ་དང་སྒྲིག་ལུགས་དེ་མཐོང་ཐུབ།

ང་ཚོའི་གཟུགས་པོའི་ཕྱི་ནས་སྒྲིག་ལུགས་ཞིག་དབང་ཅིའི་རྒྱ་བཞུགས་ཤིང་དུ་གཅིག་ཐོག་ཉག་ཅིག་ཅིག་གྱེད་ན་ང་ཚོའི་དབང་པོ་དང་ལག་ནད་སོགས་ཀྱི་གྱེ

ད་ལས་ལ་སྒྱུན་གྱེད་ དཔེར་ན་ལག་ནད་གཟུགས་ཁུམ་ muscle spasms གྱེ་ཡང་རང་སྒྲིག་ལ་ཉན་ཁ་ཅན་ ventricular fibrillation

ཡོང་སྟེ། ventricular fibrillation ཀྱི་སྟེང་ནས་ཁྲད་པར་ཁག་རྒྱག་མ་ ཐུབ་པ་བཅོས་ནས་ཁྲད་པ་དེ་གཉན་འཇགས་གནོད་སྒྱུན་གྱེད།

དེ་འདྲ་ཡོང་ན་མི་དེ་སྐར་མ་ཁ་ཤས་ནང་ཉི་མེད། གལ་སྲིད་ང་ཚོའི་གཟུགས་པོའི་ནང་སྒྲིག་ལུགས་ 0.03 amps (= mA 30) སྐར་ཆ་ག 0.3

(= ms 300) དང་མང་བ་གོར་ན་ ventricular fibrillation དེ་བྱུང་། རྒྱ་ཆག་མ་ཡོང་ཆེད་སྒྲིག་ཉར་དང་སྒྲིག་གི་ཡོ་གྲེས་ནམས་

བརྒྱད་ཁྲིད་མི་གྱེད་པའི་རྒྱས་ཀྱི་འབྲུམ་དགོས། སྒྲིག་གི་ཡོ་གྲེས་ཐེད་སྒྲིད་གྱེད་མཁན་གྱི་ལས་མཁན་དེ་བརྒྱད་ཁྲིད་མི་གྱེད་པའི་རྒྱས་ཀྱི་འབྲུམ་མེད་

པའི་ཆ་ཤས་ནམས་ཐེད་སྒྲིད་གྱེད་རྒྱ་མེད་པ་དེ་རེད།