**Sound Waves and Hearing\*)**

**སྒྲ་རླབས་དང་**ཐོས་ཚོར།

Dr. Werner Nater, Project Manager "Science meets Dharma", Tibet Institute Rikon, Switzerland

1. **Vibrations and Waves**

**༡༽ འདར་འགུལ་དང་རླབས།**

**Learning Objective སློབ་གཉེར་བྱེད་པའི་དགོས་པ།**

*Distinguish among amplitude, wavelength, frequency, and period.*

*འདར་***དཔངས***། རླབས་ཐག ཟློས་ཕྱོད།* **ཡུན་ཚད་***དབར་དབྱེ་བ་འབྱེད་རྒྱུ།*

**Experiments: བརྟག་དཔྱད།**

1. Press with one hand a scale firmly against the table, so one end is overlapping approximately 7 cm outside the table. With the other hand pull the end down a little bit and let it suddenly go. Observe and listen. Change the overlapping distance and the strength of pulling down several times.

༡༽ ཐིག་ཤིང་ཞིག་ཅོག་ཙེ་ཞིག་གི་སྟེང་དུ་དམ་པོར་གནོན་ཏེ་བཟུང་། དེའི་སྣེ་གཅིག་སེན་ཊི་མི་ཊར་ ༧ ཙམ་ཅོག་ཙེའི་ཕྱི་ལ་ཐོན་པ་དགོས། ལག་པ་གཞན་དེས་ཐིག་ཤིང་གི་སྣེ་མོ་གཞན་དེ་ཅུང་ཙམ་གནོན་རྗེས་དེ་མ་ཐག་ཏུ་གཏོང་། ཞིབ་མོར་ཉོན། ཐིག་ཤིང་གི་རིང་ཚད་དང་གནོན་ཤུགས་འགྱུར་བ་བཏང་སྟེ་བརྟག་དཔྱད་དེ་ཐེངས་ཁ་ཤས་བསྐྱར་ཟློས་བྱོས།

1. Take a sheet of paper, put it on the floor. One person moves regularly a pencil up and down making a continuous line on the paper. The other person moves the paper horizontally with constant speed away. Repeat it with other sheets and different speeds of moving either the pencil or the paper.

༢༽ ཤོག་ལྷེབ་གཅིག་ལེན་ནས་ཞ་ལའི་ཐོག་ཏུ་ཞོག མི་གཅིག་གིས་ཞ་སྨྱུག་བེད་སྤྱད་དེ་ཤོག་བུ་དེའི་སྟེང་དུ་རྒྱུན་མ་ཆད་པར་ཐིག་འབྲི་དགོས། མི་གཞན་དེས་ཤོག་བུ་དེ་འཕྲེད་ལ་མགྱོགས་ཚད་ངེས་ཅན་ཞིག་ལ་འགྱུར་བ་མེད་པར་འཐེན་དགོས། ཤོག་བུ་གཞན་འགའི་སྟེང་དུ་མགྱོགས་ཚད་མི་འདྲ་བར་བརྟག་དཔྱད་བྱེད་དེ་བསྐྱར་ཟློས་བྱོས།

1. Different sources of sound.

༣༽ སྒྲའི་འབྱུང་ཁུངས་མི་འདྲ་བ།

Anything—from your vocal chords to a pendulum—that moves back and forth, to and fro, in and out, or up and down is vibrating. A *vibration* is a wiggle. A wiggle that travels is a *wave*. A wave extends from one location to another. Light and sound are both vibrations that propagate throughout space as waves, but waves of two very different kinds. Sound is the propagation of mechanical vibrations through a material medium—a solid, a liquid, or a gas. If there is no medium to vibrate, then no sound is possible. Sound cannot travel in a vacuum. But light can, because light is a vibration of nonmaterial electric and magnetic fields—a vibration of pure energy. Although light can pass through many materials, it does not require a material.

གྲེ་ཐག་གམ་དཔྱང་རྡོ་ལ་སོགས་དངོས་པོ་གང་རུང་མདུན་རྒྱབ་ཏུ་གཡོ་བའམ། ཕར་ཚུར་གཡོ་བ། ཕྱི་ནང་དུ་གཡོ་བ། ཡར་མར་གཡོ་བའི་དངོས་པོ་གང་འདྲ་ཞིག་ཡིན་རུང་དེ་ཉིད་འདར་འགུལ་བྱེད་བཞིན་ཡོད། འདར་འགུལ་ནི་གཡུག་གཡུག་གི་གཡོ་འགུལ་ཞིག་ཡིན། གཡུག་གཡུག་གི་གཡོ་འགུལ་ནི་རླབས་ཤིག་ཡིན། རླབས་ཤིག་གིས་གནས་གཅིག་ནས་གཞན་དུ་ཁྱབ་པར་བྱེད། འོད་དང་སྒྲ་གཉིས་ཀ་བར་སྣང་ཁྲོད་དུ་རླབས་ཀྱི་ངོ་བོར་ཁྱབ་པའི་འདར་འགུལ་ཡིན་ནའང་དེ་གཉིས་ནི་རླབས་ཀྱི་རིགས་ཡོངས་སུ་ཐ་དད་པ་གཉིས་ཡིན། སྒྲ་ནི་མཁྲེགས་གཟུགས་དང་། གཤེར་གཟུགས། རླངས་གཟུགས་གང་རུང་ལས་གྲུབ་པའི་བེམ་གཟུགས་ཀྱི་བརྒྱུད་དུ་ཁྱབ་སྟེ་བགྲོད་པའི་འདར་འགུལ་ཏེ་འགུལ་ཤུགས་ཀྱི་རླབས་ཤིག་ཡིན། འདར་འགུལ་བྱེད་སའི་བརྒྱུད་ལམ་ཞིག་མེད་པར་སྒྲ་ཡོང་མི་སྲིད། སྟོང་སངས་ཀྱི་བརྒྱུད་དུ་སྒྲ་བགྲོད་མི་ཐུབ། འོན་ཀྱང་འོད་ཀྱིས་དེ་ལྟར་བྱེད་ཐུབ་སྟེ་འོད་ནི་ནུས་རྐྱང་གིས་གྲུབ་པའི་གློག་ཁབ་ལེན་གྱི་རླབས་ཞེས་པའི་གློག་ར་དང་ཁབ་ལེན་ར་བའི་འདར་འགུལ་ཡིན་པས་སོ། འོད་ནི་དངོས་རྫས་རིགས་མང་པོ་བརྒྱུད་ནས་བགྲོད་ཐུབ་ཀྱང་དེ་དག་ལ་བརྒྱུད་ལམ་དགོས་མེད།



Figure 1: As in your experiment 1, a red pencil on a mass attached to a vertical spring vibrates up and down and traces a waveform on a sheet of paper that is moved horizontally at constant speed.  
དཔེ་རིས་ ༡ ༽ ཁྱེད་ཀྱི་བརྟག་དཔྱད་དང་པོ་བཞིན་དུ། ལྡེམ་རྩིབ་ཀྱི་སྣེ་མོར་དཔྱང་པའི་ཞ་སྨྱུག་དམར་པོ་ཞིག་སྦྲགས་ཏེ་ཡར་མར་གྱེན་ཕྱོགས་སུ་འཕྱོ་བ་དེའི་རླབས་རིས་མྱུར་ཚད་ངེས་ཅན་ཞིག་གི་ཐོག་འཕྲེད་ལ་འགུལ་བསྐྱོད་བྱེད་བཞིན་པའི་ཤོག་བུ་ཞིག་གི་ངོས་སུ་འགོད་ཐུབ།

The relationship between a vibration and a wave is shown in Figure 1. The waveform is actually a so-called *sine curve*, a graphical representation of a wave. Like a water wave, the high points of a sine wave are called *crests* and the low points are the *troughs*. The straight dashed line represents the “home” position, or midpoint, of the vibration. The term **amplitude** refers to the distance from the midpoint to the crest (or to the trough) of the wave. So the amplitude equals the maximum displacement from equilibrium. Waves carry energy from one place to another. The amount of energy a wave carries depends on its amplitude. The larger the amplitude of a wave, the more energy it has. The **wavelength** of a wave is the distance from the top of one crest to the top of the next crest or, equivalently, the distance between successive identical parts of the wave.

འདར་འགུལ་དང་རླབས་དབར་གྱི་འབྲེལ་བ་དཔེ་རིས་ ༡༽ ནང་བསྟན་ཡོད། དེ་ལྟ་བུའི་རླབས་ཀྱི་དབྱིབས་ལ་སཱ་ཡིན་གུག་ཪིས་ཞེས་འབོད། སཱ་ཡིན་གུག་ཪིས་ནི་རླབས་ཀྱི་རིས་མོའི་རྣམ་པ་ཞིག་ཡིན། ཆུ་རླབས་དང་སྦྱར་ན་སཱ་ཡིན་རླབས་ཀྱི་མཐོ་ཆ་དེ་ལ་ཟེ་ཞེས་འབོད་པ་དང་། དམའ་ཆ་དེར་ཤུར་ཞེས་འབོད་པ་རེད། ཚེག་ཐིག་དྲང་པོ་དེས་རང་མལ་གནས་གཞིའམ་འདར་འཁྲུག་གི་དབུས་ཆ་མཚོན། འདར་དཔངས་ཞེས་པའི་ཐ་སྙད་དེ་ནི་རླབས་ཀྱི་དབུས་ཆ་ནས་ཟེ་(ཡང་ན་ཤུར་)བར་གྱི་རྒྱང་ཐག་ལ་གོ དེས་ན་འདར་དཔངས་དང་ཆ་མཉམ་གནས་གཞི་ནས་བརྩིས་པའི་གནས་སྤོ་ཆེ་ཤོས་གཉིས་མཉམ་པ་རེད། རླབས་ཀྱིས་ཕྱོགས་གཅིག་ནས་གཞན་དུ་ནུས་པ་འོར་འདྲེན་བྱེད་ཀྱི་ཡོད། རླབས་ཞིག་གིས་ནུས་པ་ཇི་ཙམ་འཁྱེར་ཐུབ་མིན་ནི་རླབས་དེའི་འདར་དཔངས་ལ་རག་ལས་ཡོད། རླབས་ཀྱི་འདར་དཔངས་ཇི་ཙམ་ཆེ་བ་དེ་ཙམ་གྱི་ནུས་པ་ཆེ་བ་ཡོད། རླབས་ཀྱི་ཟེ་ཏོག་གཅིག་ནས་ཟེ་ཏོག་ཕྱི་མའི་བར་གྱི་རྒྱང་ཐག་ལ་རླབས་ཐག་ཟེར་བ་རེད། དེ་དང་མཚུངས་པར་རླབས་ཀྱི་ཆ་གཅིག་པ་སྔ་ཕྱི་གང་འདྲ་ཞིག་ཡིན་རུང་དེའི་བར་གྱི་རྒྱང་ཐག་ལ་རླབས་ཐག་ཟེར།

All waves have a vibrating source. You have investigated one example with experiment 1. How frequently a vibration occurs is described by its frequency. The **frequency** of a vibrating pendulum, or of an object on a spring, specifies the number of to and fro vibrations it makes in a given time (usually in 1 second). A complete to-and fro oscillation is one vibration. If the oscillation occurs in one second, the frequency is one vibration per second. If two vibrations occur in one second, the frequency is two vibrations per second. The unit of frequency is called the **hertz** (Hz), after Heinrich Hertz a German physicist. One vibration per second is 1 hertz, two vibrations per second is 2 hertz, and so on.

The **period** of a wave or vibration is the time it takes for a complete vibration— for a complete cycle.

རླབས་ཐམས་ཅད་ལ་འདར་འགུལ་གྱི་འབྱུང་ཁུངས་རེ་ཡོད། ཁྱད་ཀྱིས་བརྟག་དཔྱད་དང་པོའི་ནང་ཞིབ་དཔྱད་བྱེད་ཡོད། ཟློས་ཕྱོད་ཀྱིས་འདར་འཁྲུག་གི་གྲངས་མང་ལོས་འབྱུང་གི་ཡོད་པ་དེ་སྟོན། འདར་འཁྲུག་བྱེད་བཞིན་པའི་དཔྱང་རྡོ་ཞིག་གམ་ལྡེམ་རྩིབ་སྟེང་གི་ཅ་དངོས་ཤིག་གིས་དུས་ཡུན་ངེས་ཅན་(རྒྱུན་ལྡན་སྐར་ཆ་རེར་) ཞིག་གི་ནང་དུ་མདུན་རྒྱབ་ཀྱི་གཡོ་བ་ག་ཚོད་བྱེད་པ་དེའི་ཟློས་ཕྱོད་ཀྱིས་བསྟན་པ་རེད། མདུན་རྒྱབ་ཀྱི་གཡོ་བ་ཆ་ཚང་བ་གཅིག་ལ་འདར་འཁྲུག་གཅིག་བརྩི་ཞིང་། གལ་ཏེ་འདར་འཁྲུག་གཅིག་སྐར་ཆ་གཅིག་གི་ནང་གྲུབ་པ་ཡིན་ན་དེ་ལ་སྐར་ཆ་རེ་ལ་འདར་འཁྲུག་རེ་ཡི་ཟློས་ཕྱོད་ཡོད། གལ་ཏེ་སྐར་ཆ་གཅིག་གི་ནང་འདར་འཁྲུག་གཉིས་བྱུང་བ་ཡིན་ན་དེ་ལ་སྐར་ཆ་རེ་ལ་འདར་འཁྲུག་གཉིས་རེའི་ཟློས་ཕྱོད་དང་ལྡན། ཟློས་ཕྱོད་ཀྱི་བརྩི་ཞི་ཧར་ཚི་ (Hz) ཞེས་པ་དེ་ཡང་འཇར་མི་ནི་ཡི་དངོས་ཁམས་ཚན་རིག་པ་ཧེན་རིག་ཧར་ཚིའི་མཚན་ནས་བཏགས་པ་ཞིག་རེད།

ཧར་ཚི་གཅིག་ནི་སྐར་ཆ་གཅིག་ལ་འདར་འཁྲུག་གཅིག་དང་། ཧར་ཚི་གཉིས་ནི་སྐར་གཅིག་ལ་འདར་འཁྲུག་གཉིས་ལ་སོགས་པ་ཡིན།

འདར་འཁྲུག་གམ་རླབས་ཀྱི་ཡུན་ཚད་ནི་འདར་འཁྲུག་ཆ་ཚང་བ་ཞིག་གྲུབ་པའི་དུས་ཡུན་ལ་གོ

**2. Wave Motion**

**༢༽ རླབས་ཀྱི་འགུལ་བསྐྱོད།**

**Learning Objective སློབ་གཉེར་བྱེད་པའི་དགོས་པ།**

*Describe how energy is carried in waves*

*རླབས་ཀྱིས་ནུས་པ་ཇི་ལྟར་***འཁྱེར་***བ་འགྲེལ་བརྗོད་བྱོས།*

**Experiments:** བརྟག་དཔྱད།

1. Little stone falling in water: Observing the surface. How does a little piece of wood move while the wave is passing?

༡༽ རྡོ་ཆུང་ཞིག་ཆུའི་ནང་ལྷུང་བ། ཆུའི་ངོས་ལ་ཞིབ་ལྟ་བྱོས་དང་། ཤིང་ཧྲུག་ཞིག་རླབས་འགུལ་བ་དང་ལྷན་དུ་ཇི་ལྟར་འགུལ་བཞིན་འདུག་གམ།

If you drop a stone into a calm pond, waves will travel outward in expanding circles.Energy is carried by the wave, traveling from one place to another. The water itself goes nowhere. This can be seen by waves encountering a floating leaf. The leaf bobs up and down, but it doesn’t travel with the waves. The waves move along, not the water. When you speak, wave motion through the air travels across the room at about 340 meters per second. The air itself doesn’t travel across the room at this speed. In these examples, when the wave motion ceases, the water and the air return to their initial positions. It is characteristic of wave motion that the medium transporting the wave returns to its initial condition after the disturbance has passed. Putting all the information about waves together, we can now specifically define what a wave is: A **wave** is a disturbance that travels from one place to another transporting energy, but not necessarily matter, along with it. The **wave speed** is the speed, with which a crest (or trough) of a wave is moving.

ཞི་འཇམ་ངང་གནས་པའི་རྫིང་བུ་ཞིག་ཏུ་རྡོ་ཞིག་གཡུགས་ན་འཁྲུག་ཆའི་འབྱུང་ཁུངས་དེ་ཉིད་དབུས་སུ་བྱེད་དེ་དེ་ནས་ཕར་ཕྱི་རུ་རླབས་རྣམས་རྒྱ་སྐྱེད་འགྲོ་བཞིན་པའི་གོར་མོའི་རྣམ་པར་བགྲོད་ངེས་ཡིན། ནུས་པ་གནས་གཅིག་ནས་གཞན་དུ་རླབས་ཀྱིས་འཁུར་བ་ཡིན་མོད། འོན་ཏེ་ཆུ་གནས་རང་འཇགས་སུ་སྡོད་ཀྱི་ཡོད། དེ་ཡང་ཆུའི་ཁར་འཕྱོ་བཞིན་ཡོད་པའི་ལོ་མར་བལྟས་ན་མཐོང་ཐུབ། ལོ་མ་དེ་ཆུའི་ཁར་ཡར་མར་འཕྱོ་བ་ལས་རླབས་ཀྱིས་ཆ་ལ་འགྲུལ་བསྐྱོད་མི་བྱེད། རླབས་འགྲུལ་བསྐྱོད་བྱ་བ་ལས་ཆུས་འགྲུལ་བསྐྱོད་བྱེད་ཀྱི་མེད། ཁྱེད་ཀྱི་སྐད་ཆ་བཤོད་སྐབས་རླབས་ཀྱིས་ཁང་པའི་ནང་གི་མཁའ་རླུང་ཁྲོད་སྐར་ཆ་གཅིག་གི་ནང་མི་ཊར་ ༣༤༠ ཙམ་བསྐྱོད་ཀྱི་ཡོད། ཁང་པའི་ནང་གི་རླུང་གིས་མྱུར་ཚད་འདིའི་ཐོག་འགྲུལ་བསྐྱོད་བྱེད་ཀྱི་མེད། དཔེ་མཚོན་དེ་དག་གི་ནང་རླབས་ཀྱི་འགུལ་བསྐྱོད་མཚམས་ཆད་པ་དང་ཆབ་གཅིག་ཏུ་ཆུ་དང་མཁའ་རླུང་རང་གནས་སུ་ལྷིང་འཇགས་པ་ཡིན། རླབས་ཀྱི་འཁྲུག་ཆ་ཞི་བའི་རྗེས་སུ་རླབས་འགྲུལ་བསྐྱོད་བྱེད་སའི་རྒྱུད་ལམ་དེ་སྔར་གྱི་གནས་སུ་རང་འཇགས་འགྱུར་འགྲོ་བ་ནི་རླབས་ཀྱི་འགུལ་བསྐྱོད་ཀྱི་ཁྱད་ཆོས་ཞིག་ཡིན། རླབས་ཀྱི་ཤེས་བྱ་ཐམས་ཅད་ཕྱོགས་གཅིག་ཏུ་བསྡུས་པས་ང་ཚོས་རླབས་ཞེས་པ་གང་ཡིན་པ་འགྲེལ་བརྗོད་བྱ་ཐུབ། རླབས་ནི་གནས་གཅིག་ནས་གཞན་དུ་ནུས་པ་འཁུར་ཏེ་འགྲུལ་བསྐྱོད་བྱ་བའི་འདར་འཁྲུག་ཞིག་ཡིན་ཡང་དེས་བེམ་གཟུགས་ལྷན་དུ་འཁུར་བའི་ཁྱབ་པ་མེད། རླབས་ཀྱི་མགྱོགས་ཚད་ནི་རླབས་ཀྱི་ཟེའམ་ཤུར་གང་རུང་འགུལ་སྐྱོད་ཀྱི་མགྱོགས་ཚད་ལ་གོ



Figure 2: A top view of water waves showing the wavelength.  
དཔེ་རིས་༢༽ ཆུའི་རླབས་ཀྱི་སྟེང་ཕྱོགས་ཀྱི་བཀོད་པ་ལས་རླབས་ཐག་སྣང་བ།

**Key Conclusions**

Waves carry energy, as anyone who has witnessed a pounding ocean wave upon the shore can see.

A wave transfers energy without transferring matter. If matter were to move along with the energy in a wave, the oceans would be emptied as ocean waves travel to the shore.

**བསྡུས་དོན་སྙིང་པོ།**

རླབས་ཀྱིས་ནུས་པ་འཁྱེར་གྱི་ཡོད། རྒྱ་མཚོའི་རླབས་ཀྱིས་རྡོག་སྒྲ་ཤུགས་དེ་མཚོ་ཁར་སླེབས་པའི་དཔེ་བཞིན།

རླབས་ཀྱིས་བེམས་གཟུགས་གནས་སྤོ་མ་བྱེད་པའི་ངང་ནུས་པ་གནས་གཅིག་ནས་གཞན་དུ་སྤོ་ཐུབ་ཀྱི་ཡོད། གལ་ཏེ་ནུས་པའི་ཆ་ལ་བེམས་གཟུགས་ཀྱང་རླབས་ཀྱི་ནང་འགྲུལ་བསྐྱོད་བྱེད་ཀྱི་ཡོད་ཚེ། རྒྱ་མཚོའི་རླབས་མཚོ་ངོགས་སུ་བརྒྱུགས་པའི་ཕྱིར་ད་ཚོད་རྒྱ་མཚོ་སྟོངས་དགོས་པ་ཞིག་རེད།

**3. Transverse and Longitudinal Waves**

**༣༽ འཕྲེད་རླབས་དང་གཞུང་རླབས།**

**Learning Objective སློབ་གཉེར་བྱེད་པའི་དགོས་པ།** *Distinguish between transverse and longitudinal waves.*

*འཕྲེད་རླབས་དང་གཞུང་རླབས་གཉིས་ཀྱི་ཁྱད་པར་འབྱེད་རྒྱུ།*

**Explain this:** Exactly what is transmitted in all kinds of waves?

**འགྲེལ་བརྗོད་བྱོས་དང་།** རླབས་ཐམས་ཅད་ཀྱི་ནང་ཅི་ཞིག་འགྲུལ་བསྐྱོད་བྱ་བ་ཡིན་ནམ།

**Experiments:** བརྟག་དཔྱད།

1. Fasten one end of a rope to a wall and hold the free end in your hand. Shake the free end up and down.
2. Fasten one end of a spring on a horizontal bar and hold the free end in your hand, Shake the free end forth and back.
3. Two PET bottles, one filled with water, the other with air. Stand on it with one foot and release. What do you observe?

༡༽ ཐག་པ་ཞིག་ཁྱེར་ནས་དེའི་སྣེ་མོ་གཅིག་གྱང་ལ་བཏགས་རྗེས་སྣེ་མོ་གཞན་དེ་ལག་ཏུ་ཟུངས། སྣེ་མོ་དེ་ཡར་མར་དཀྲུག

༢༽ ལྡེམ་རྩིབ་ཀྱི་སྣེ་གཅིག་འཕྲེད་རིས་ཞིག་ལ་བཏགས་རྗེས་སྣེ་མོ་གཞན་དེ་ལག་ཏུ་ཟུངས། སྣེ་མོ་དེ་ཕར་ཚུར་དཀྲུག

༣༽PET འགྱིག་དམ་གཉིས་ལས་གཅིག་ཆུའི་འགེངས་པ་ཞིག་དང་གཞན་དེ་རླུང་གིས་འགེངས་པ་ཞིག་དགོས། དེའི་ཐོག་ཏུ་རྐང་པ་གཅིག་བཞག་སྟེ་ལོངས། རྐང་པ་ཡར་བཏེགས་རྗེས་ཁྱད་ཀྱིས་ཅི་ཞིག་དོ་སྣང་བྱུང་ངམ།

This type of wave of experiment 1 is called a **transverse wave**. Waves in the stretched strings of musical instruments are transverse waves. A **longitudinal wave** is one in which the direction of wave travel is along the direction in which the source vibrates as in experiment 2. Part of the spring is compressed, and a wave of compression travels along it. In between successive compressions is a stretched region, called a rarefaction. Both compressions and rarefactions travel in the same direction along the spring.

བརྟག་དཔྱད་དང་པོའི་རླབས་ཀྱི་རིགས་ལ་འཕྲེད་རླབས་ཟེར། རོལ་ཆ་ཁག་གི་ནང་དམ་པོར་བརྒྱངས་ཏེ་གནས་པའི་རྒྱུད་སྐུད་དུ་བགྲོད་པའི་རླབས་རྣམས་འཕྲེད་རླབས་ཡིན། གཞུང་རླབས་ཞེས་པ་རླབས་འགྲུལ་བསྐྱོད་བྱ་བའི་ཕྱོགས་དེའི་འདར་འགུལ་གྱི་ཁ་ཕྱོགས་དང་མཚུངས་པར་བརྟག་དཔྱད་གཉིས་པའི་ནང་གི་རླབས་ལྟ་བུར་གོ་བ་ཡིན། ལྡེམ་རྩིབ་ཀྱི་དུམ་བུ་ཞིག་བཙིར་གནོན་བྱས་ཏེ་བཙིར་གནོན་གྱི་རླབས་ཕྱོགས་གཅིག་པར་འགྲུལ་བསྐྱོད་བྱེད། བཙིར་གནོན་གཉིས་ཀྱི་བར་ལ་ལྷུག་འགྱུར་གྱི་ཆ་ཁུལ་རེ་ཡོད་པ་རེད། བཙིར་གནོན་དང་ལྷུག་འགྱུར་གཉིས་ཀ་ལྡེམ་རྩིབ་ཀྱི་བརྒྱུད་དུ་ཕྱོགས་གཅིག་པར་བགྲོད་ཀྱི་ཡོད།

****

Figure 3: Both waves transfer energy from left to right. (a) When the end of the Slinky is pushed and pulled rapidly along its length, a longitudinal wave is produced. (b) When its end is shaken up and down (or from side to side), a transverse wave is produced.  
དཔེ་རིས་༣༽ རླབས་གཉིས་ཀས་ནུས་པ་གཡོན་ཕྱོགས་ནས་གཡས་ཕྱོགས་སུ་གནས་སྤོ་བྱེད། a༽ སི་ལིང་ཀི་ཡི་སྣེ་མོ་གཅིག་ནས་བཟུང་སྟེ་འབུད་འཐེན་མྱུར་མོར་བྱེད་པ་ལས་གཞུང་རླབས་བསྐྲུན། b༽ སི་ལིང་ཀི་ཡི་སྣེ་གཅིག་ནས་བཟུང་སྟེ་དེ་ཉིད་ལ་ལྟོས་ཏེ་དྲང་ཟུར་དུ་གནས་པའི་ཕྱོགས་སུ་གཞོགས་གཅིག་ནས་གཞན་དུ་དཀྲུག་དཀྲུག་བྱེད་པ་ལས་འཕྲེད་རླབས་བསྐྲུན་པ་ཡིན།

**4. The Nature of Sound**

**༤༽ སྒྲ་ཡི་རང་བཞིན།**

**Learning Objective སློབ་གཉེར་བྱེད་པའི་དགོས་པ།**

*Identify compressions and rarefactions in a sound wave.*

*སྒྲ་རླབས་ནང་བཙིར་གནོན་དང་ལྷུག་འགྱུར་ངོས་འཛིན་བྱ་རྒྱུ།*

**Explain this:** Why doesn’t sound travel in a vacuum?

**འགྲེལ་བརྗོད་བྱོས་དང་།** སྟོང་སངས་སུ་སྒྲ་བསྐྱོད་མི་ཐུབ་པ་ཅི་ཡིན་ནམ།

Think of the air molecules in a room as tiny, randomly moving Ping- Pong balls. If you vibrate a Ping-Pong paddle in the midst of the balls, you’ll set them vibrating to and fro. The balls will vibrate in rhythm with your vibrating paddle. In some regions, they will be momentarily bunched up (compressions), and in other regions in between, they will be momentarily spread out (rarefactions). The vibrating prongs of a tuning fork do the same to air molecules. Vibrations made up of compressions and rarefactions spread from the tuning fork throughout the air, and a sound wave is produced (Figure 4).

The wavelength of a sound wave is the distance between successive compressions or, equivalently, the distance between successive rarefactions. Each molecule in the air vibrates to and fro about some equilibrium position as the waves move by.

ཁང་པའི་ནང་གི་རླུང་གི་འདུས་རྡུལ་དག་ཕྱོགས་ངེས་མེད་དུ་འགུལ་བཞིན་པའི་པིང་པོང་པོ་ལོ་ཆུང་ཆུང་འགར་སོམས་དང་། གལ་ཏེ་ཁྱད་ཀྱིས་པོ་ལོ་དེ་དག་གི་ཁྲོད་དུ་རྡེག་སྐྱ་ཞིག་འདར་འཁྲུག་གཏོང་ཚེ་པོ་ལོ་དེ་དག་ཀྱང་འདར་འཁྲུག་གི་གཡོ་བར་བྱེད། པོ་ལོ་དེ་དག་རྡེག་སྐྱའི་འདར་འཁྲུག་གི་འགྲོས་དང་མཐུན་པར་འདར་འཁྲུག་བྱེད། ས་གནས་འགར་པོ་ལོ་རྣམས་གནས་སྐབས་རིང་ཆུན་པོར་གནས་པ་༼བཙིར་གནོན་༽དང་ས་གནས་འགར་པོ་ལོ་རྣམས་ཁ་གྲམ་སྟེ་གནས་པ་༼ལྷུག་འགྱུར།༽ འདར་འཁྲུག་ཐེབས་བཞིན་པའི་སྒྲ་ཚེབ་ཀྱིས་རླུང་གི་འདུས་རྡུལ་ལའང་དེ་ལྟར་བྱས། སྒྲ་ཚེབ་ལས་ཐོན་པའི་འདར་འཁྲུག་གི་བཙིར་གནོན་དང་ལྷུག་འགྱུར་རླུང་ཁམས་ནང་རྡལ་འགྲོ་བ་ལས་སྒྲའི་རླབས་བྱུང། དཔེ་རིས་ ༤༽ སྒྲ་རླབས་ཀྱི་རླབས་ཐག་ནི་ལུ་གུ་རྒྱུད་ཀྱི་བཙིར་གནོན་གྱི་རྒྱང་ཐག་དང་དེ་དང་མཚུངས་པར་ལུ་གུ་རྒྱུད་ཀྱི་ལྷུག་འགྱུར་གྱི་རྒྱང་ཐག་ལ་གོ

རླབས་རྣམས་འགུལ་སྐྱོད་བྱེད་པའི་སྐབས་རླུང་གི་འདུས་རྡུལ་ཆ་ཚང་ཆ་མཉམ་གོ་སའི་ཐོག་ཕར་ཚུར་གཡོ་བར་བྱེད།

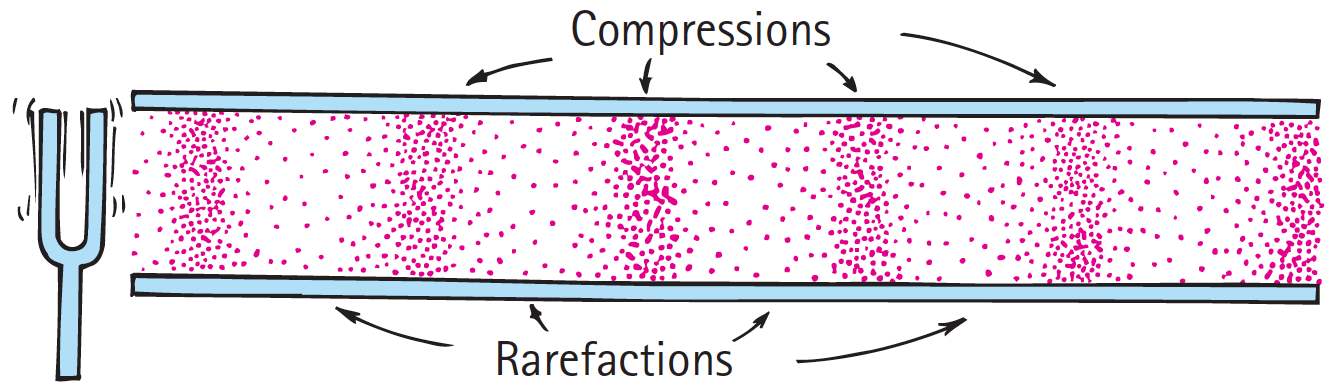
****

Figure 4: Compressions and rarefactions travel (both at the same speed and in the same direction) from the tuning fork through the air in the tube.  
དཔེ་རིས་ ༤༽ བཙིར་གནོན་དང་ལྷུག་འགྱུར་གཉིས་(མགྱོགས་ཚད་གཅིག་པ་དང་ཁ་ཕྱོགས་གཅིག་པའི་ཐོག་)སྒྲ་ཚེབ་ནས་སྦུ་གུའི་ནང་གི་རླུང་བརྒྱུད་དེ་བགྲོད་པར་བྱེད།

**Key Conclusion:**

Sound requires a medium. It can’t travel in a vacuum because then there’s nothing to compress and stretch.

**བསྡུས་དོན་སྙིང་པོ།**

སྒྲ་འགྲུལ་བསྐྱོད་བྱ་བར་བརྒྱུད་ལམ་དགོས། སྟོང་སངས་སུ་སྒྲ་འགྲུལ་བསྐྱོད་བྱེད་མི་ཐུབ། གང་ཡིན་ཟེར་ན་སྟོང་སངས་སུ་བཙིར་གནོན་དང་རྒྱ་སྐྱེད་བྱེད་མཁན་གང་ཡང་མེད་པས་རེད།

**Speed of Sound**

If, from a distance, we watch a person chopping wood or hammering, we can easily

see that the blow occurs a noticeable time before its sound reaches our ears. We often hear thunder seconds after we see a flash of lightning. These common experiences show that sound requires time to travel from one place to another. The speed of sound depends on wind conditions, temperature, and humidity. It does not depend on the loudness or the frequency of the sound; all sounds travel at the same speed in a given medium. The speed of sound in dry air at 0°C is about 330 meters per second, which is nearly 1200 kilometre per hour. In water, sound speed is about four times its speed in air; in steel, it’s about 15 times its speed in air.

**སྒྲ་ཡི་མགྱོགས་ཚད།**

གལ་ཏེ་ང་ཚོས་ཐག་རིང་དུ་འཁོད་པའི་མི་ཞིག་གིས་ཤིང་གཏུབ་བཞིན་པར་བལྟ་བའམ། ལྕགས་ལ་ཐོ་བས་རྡུང་བཞིན་པར་བལྟ་ན། ང་ཚོའི་རྣ་བར་རྡེག་སྒྲ་མ་འབྱོར་སྔོན་ཚུད་ནས་རྡེག་པའི་བྱ་བ་གྲུབ་པ་ང་ཚོས་བདེ་བླག་ངང་ཤེས་ཐུབ། དེ་བཞིན་དུ་ང་ཚོས་ནམ་མཁའི་གློག་མཐོང་བའི་རྗེས་སུ་འབྲུག་སྒྲའམ་ནམ་མཁའི་སྒྲ་ཐོས་ཀྱི་ཡོད། རྒྱུན་ལྡན་གྱི་མྱོང་བ་འདི་རྣམས་ཀྱིས་གཞི་གཅིག་ནས་གཞན་དུ་སྒྲ་བགྲོད་པ་ན་ངོས་བཟུང་ཐུབ་པའི་ཡུན་ཚད་ཅིག་འགོར་གྱི་ཡོད་པ་བསྟན་གྱི་ཡོད། སྒྲའི་མགྱོགས་ཚད་དེ་རླུང་གི་གནས་སྟངས་དང་། དྲོད་ཚད། བཞའ་ཚན་བཅས་ལ་རག་ལུས་ཀྱི་ཡོད། དེ་ཉིད་སྒྲའི་གོ་ཤུགས་དང་ཟློས་ཕྱོད་ལ་རག་ལུས་ཀྱི་མེད་ཅིང་། བརྒྱུད་ལམ་གཅིག་ཏུ་བགྲོད་པའི་སྒྲ་ཐམས་ཅད་མགྱོགས་ཚད་གཅིག་པའི་ཐོག་ནས་བགྲོད་པ་རེད། རླུང་སྐམ་པོ་དྲོད་ཚད་ཌིག་རི་ ༠ ལ་སོན་པའི་ནང་སྒྲ་ཡི་མགྱོགས་ཚད་ནི་སྐར་ཆ་རེ་ལ་མི་ཊར་ ༣༣༠ སྟེ་ཆུ་ཚོད་རེ་ལ་ཀི་ལོ་མི་ཊར་ ༡༢༠༠ ཙམ་ཡིན། ཆུའི་ནང་སྒྲའི་མགྱོགས་ཚད་དེ་རླུང་ལས་ལྡབ་བཞིས་མཐོ་བ་དང་དེ་བཞིན་དྭངས་ལྕགས་ཀྱི་ནང་མགྱོགས་ཚད་དེ་རླུང་ལས་ལྡབ་ལྔ་ཡིས་མཐོ་བ་ཡོད།

**5. Hearing (The Ear)**

**༥༽ ཐོས་ཚོར། ༼རྣ།༽**

**Learning Objective** **སློབ་གཉེར་བྱེད་པའི་དགོས་པ།**

*Identify the function of the ear.*

*རྣ་ཡི་བྱེད་ལས་ངོས་འཛིན་བྱ་རྒྱུ།*

**Explain this:** How can you locate the source of sound?

**འགྲེལ་བརྗོད་བྱོས་དང་།** ཁྱེད་ཀྱིས་སྒྲའི་འབྱུང་ཁུངས་ཇི་ལྟར་ངོས་བཟུང་ངམ།

The ear consists of three parts: the outer ear, middle ear, and inner ear (Figure 5a). Sound waves move through the air to the *pinna*, the cartilaginous flap on the side of your head. The pinna funnels the waves in, and they move toward a thin membrane of skin—the *eardrum.* Sound waves make the eardrum vibrate, just the way blowing on a piece of paper makes it shake. The eardrum’s vibrations move three middle ear bones—the hammer, the anvil, and the stirrup—in sequence. These bones amplify the vibrations, making them more powerful. The stirrup then transfers the vibrations to the fluid-filled inner ear. In the inner ear, sound vibrations enter the cochlea, a coiled tube containing the organ of Corti (name of an Italian scientist). The *organ of Corti* contains the sensory cells responsible for hearing. These sensory cells are like “hairs” and moved by the sound. Note that the “hairs” of hearing cells are not like the hairs on your head; they are long extensions of sensory cells that happen to be shaped like hairs (Figure 5c). You can distinguish different noises—the high pitch of a siren versus the low pitch of a jackhammer—because different parts of the organ of Corti respond to different pitches.

རྣ་བར་ཕྱི་རྣ། བར་རྣ། ནང་རྣ་བཅས་ཆ་ཤས་གསུམ་ཡོད། སྒྲའི་རླབས་མཁའ་རླུང་རྒྱུད་དེ་ཁྱེད་ཀྱི་མགོའི་ཟུར་དུ་ཆགས་པའི་རྣ་གཤོག་ཞེས་པའི་ཕྲུམ་རུས་ནང་དུ་འགྲོ། རྣ་གཤོག་གིས་སྒྲ་རླབས་འདུ་བ་དང་སྒྲ་རླབས་དེ་པགས་པ་སྲབ་མོའི་ཆ་ཤས་རྔ་སྐྱིའི་ཕྱོགས་སུ་འགྲོ། ཤོག་བུ་ཞིག་ལ་འབུད་པ་བཞིན་དུ་སྒྲ་རླབས་ཀྱིས་རྔ་སྐྱི་ལ་འདར་འགུལ་གཏོང་། རྔ་སྐྱིའི་འདར་འགུལ་གྱིས་བར་རྣ་ལ་ཡོད་པའི་ཐོ་རུས། མགར་རུས། ཡོབ་རུས་བཅས་རུས་པ་གསུམ་པོར་རིམ་གྱིས་གཡོ་འགུལ་གཏོང་གི་ཡོད། རུས་པ་དེ་དག་གིས་འདར་འགུལ་ཇེ་ཆེར་བཏང་སྟེ་འདར་ཤུགས་ཆེ་རུ་གཏོང་བར་བྱེད། དེའི་རྗེས་སུ་ཡོབ་རུས་ཀྱིས་འདར་འགུལ་དེ་གཤེར་ཁུས་ཁེངས་པའི་ནང་རྣ་རུ་འདྲེན། ནང་རྣ་རུ་སྒྲའི་འདར་འགུལ་དེ་དཀྲི་སྐོར་མང་བའི་སྐྱོགས་དབང་ནང་ཁོར་ཊི་དབང་པོའི་ནང་དུ་ཞུགས། ༼ཨི་ཊཱ་ལིའི་ཚན་རིག་པའི་མིང་།༽ ཁོར་ཊི་དབང་པོར་ཐོས་ཚོར་གྱི་དབང་ཚོར་ཕྲ་ཕུང་དང་ལྡན་ཡོད། དབང་ཚོར་ཕྲ་ཕུང་དེ་དག་ནི་བ་སྤུ་འདྲ་ལ་དེ་དག་སྒྲ་ཡིས་གཡོ་འགུལ་བྱེད། འདིར་ཤེས་དགོས་པའི་གནད་དོན་ཞིག་ནི་བ་སྤུ་དེ་དག་ཁྱེད་ཀྱི་མགོའི་སྐྲ་ལྟར་མ་ཡིན་ཏེ། དེ་དག་ནི་དབང་ཚོར་ཕྲ་ཕུང་གི་ཆ་ཤས་རྒྱ་སྐྱེད་དུ་ཡོད་པ་སྐྲ་ལྟ་བུར་སྣང་བ་ཙམ་ཞིག་ཡིན། དཔེ་རིས་ ༥ c ༽ ཁྱེད་ཀྱིས་དབྱངས་རྟ་མཐོ་བའི་ཉན་རྡའི་གློག་དུང་དང་དབྱངས་རྟ་དམའ་བའི་ཐོ་བའི་སྒྲ་སོགས་སྒྲ་མི་འདྲ་བ་དབྱེ་འབྱེད་བྱ་ཐུབ་པ་ནི་ཁོར་ཊི་དབང་པོ་ཡི་ཆ་ཤས་མི་འདྲ་བས་དབྱངས་རྟ་མཐོ་དམན་མི་འདྲ་བར་ཡ་ལན་བྱེད་པ་ལ་བརྟེན་ནས་བྱུང་།

Figure 5: (a) The ear includes the structures of the outer ear, middle ear, and inner ear. (c) This photo shows the “hairs” (yellow) in the organ of Corti.  
དཔེ་རིས་ ༥༽ a. རྣ་བར་ཕྱི་རྣ། བར་རྣ། ནང་རྣ་བཅས་ཆ་ཤས་གསུམ་ཡོད། c. པར་རིས་འདིས་ཁོར་ཊི་དབང་པོའི་ནང་གི་ “བ་སྤུ།” སྟོན།

To locate the source of a sound the brain detects the time difference of the arriving sound signal in the two ears. One signal has maybe a longer distance to travel to the ear than the other. If both have the same distance to travel (time difference is zero) you look in the direction of the sound source.

སྒྲ་ཡི་འབྱུང་ཁུངས་འཚོལ་བར་ཀླད་པས་རྣ་བ་གཉིས་ཀྱི་ནང་སྒྲ་བརྡ་བཞུགས་སྐབས་དུས་ཚོད་ཀྱི་ཁྱད་པར་རྩད་གཅོད་བྱེད་ཀྱི་ཡོད། བརྡ་གཅིག་ལ་རྣ་བར་འབྱོར་བར་གཞན་ལས་རྒྱང་ཐག་རིང་བ་འགྲུལ་བསྐྱོད་བྱ་དགོས་སྲིད། གལ་ཏེ་བརྡ་གཉིས་པོར་འགྲུལ་བསྐྱོད་བྱེད་པའི་རྒྱང་ཚད་གཅིག་མཚུངས་ཡིན་ཚེ་༼དུས་ཀྱི་ཁྱད་པར་ཀླད་ཀོར་ཡིན་ན་༽ཁྱེད་ཀྱི་སྒྲའི་འབྱུང་ཁུངས་ཀྱི་ཕྱོགས་སུ་བལྟ་བཞིན་ཡོད།

**Hearing and Physical Properties of Sound**

Looking at sound waves you can observe that loudness correlates to the amplitude and pitch to frequency respectively  wavelength. The human ear can only detect frequencies between 20 and 20'000 Hertz. Sound above is called Ultrasound and below Infrasound.

**ཐོས་ཚོར་དང་**སྒྲའི་དངོས་**གཟུགས་ཀྱི་ཁྱད་ཆོས།**

སྒྲ་རླབས་དག་ལ་ལྟ་ཞིབ་བྱས་པས་གོ་ཤུགས་ནི་འདར་དཔངས་དང་ཕན་ཚུན་འབྲེལ་བ་ཡོད། དེ་བཞིན་དབྱངས་རྟ་ནི་རླབས་ཀྱི་ཟློས་ཕྱོད་དང་དེ་བཞིན་རླབས་ཐག་ལ་ཕན་ཚུན་འབྲེལ་བ་ཡོད། མིའི་རྣ་བས་ཟློས་ཕྱོད་ ༢༠ ནས་ ༢༠༠༠༠ Hertz བར་གྱི་སྒྲ་ཙམ་ཐོས་ཐུབ། ཟློས་ཕྱོད་དེ་ལས་མཐོ་བ་ལ་ཐོས་བརྒལ་གྱི་སྒྲ་དང་དེ་ལས་དམའ་བ་ལ་དམའ་བརྒལ་གྱི་སྒྲ་ཟེར།