



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

# CLIL VE VÝUCE FYZIKY

Orlová  
2012



# OBSAH:

|   |    |
|---|----|
| Obsah: .....                                | 3  |
| Sound .....                                 | 5  |
| Zvuk .....                                  | 7  |
| The ear .....                               | 9  |
| Ucho .....                                  | 11 |
| The ear- worksheet.....                     | 13 |
| Ucho - pracovní list.....                   | 15 |
| Rainbow .....                               | 17 |
| Duha.....                                   | 19 |
| Rainbow, light - worksheet.....             | 21 |
| Duha, světlo – pracovní list .....          | 23 |
| Human eye – structure of the human eye..... | 25 |
| Stavba lidského oka .....                   | 27 |
| Human eye – process of vision .....         | 29 |
| Lidské oko – proces vidění .....            | 31 |
| Vision Disorders .....                      | 33 |
| Poruchy zraku .....                         | 35 |
| Optics – worksheet.....                     | 37 |
| Optika – Pracovní list.....                 | 39 |
| Lightning.....                              | 41 |
| Blesk .....                                 | 43 |
| Mechanical work.....                        | 45 |
| Mechanická práce .....                      | 47 |
| Work - worksheet.....                       | 49 |
| Mechanická práce – pracovní list .....      | 51 |
| Simple machines .....                       | 53 |
| Jednoduché stroje.....                      | 54 |
| Lever .....                                 | 55 |
| Páka.....                                   | 57 |
| Lever – worksheet.....                      | 59 |
| Páka – pracovní list.....                   | 61 |
| Pulley .....                                | 63 |
| Kladka.....                                 | 65 |
| Pulley – worksheet.....                     | 67 |
| Kladka – pracovní list.....                 | 69 |
| The inclined plane.....                     | 71 |

|   |     |
|---|-----|
| Nakloněná rovina .....  | 73  |
| The inclined plane - worksheet .....                            | 75  |
| Nakloněná rovina – Pracovní list .....                          | 77  |
| Screw .....   | 79  |
| Šroub .....   | 81  |
| Screw, wheel and axle, simple machines - worksheet .....        | 83  |
| Šroub, kolo na hřídeli, jednoduché stroje – pracovní list ..... | 85  |
| Mechanical energy .....   | 87  |
| Mechanická energie .....  | 89  |
| Conserving of mechanical energy .....                           | 91  |
| Conserving of energy – worksheet .....                          | 93  |
| Zákon zachování mech.energie – prac.list .....                  | 95  |
| Power .....   | 97  |
| Výkon .....   | 99  |
| Energy - worksheet .....  | 101 |
| Energie – pracovní list .....                                   | 102 |
| Mechanical energy – worksheet .....                             | 103 |
| Mechanická energie – pracovní list .....                        | 104 |
| Law of inertia – first law of motion .....                      | 105 |
| Zákon setrvačnosti .....  | 106 |
| Newton's second law of motion – law of force .....              | 107 |
| Druhý Newtonův pohybový zákon – zákon síly .....                | 109 |
| Newton's third law of motion .....                              | 111 |
| Třetí Newtonův pohybový zákon .....                             | 113 |
| Law of conservation of momentum .....                           | 115 |
| Zákon zachování hybnosti .....                                  | 117 |
| Zdroje: .....   | 119 |

# SOUND

- A physical discipline that deals with the creation of sound waves, its dissemination and perception of hearing is called acoustics.
- The sound is a mechanical wave in matter which we perceive by hearing.
- The human ear perceives a range of frequencies around 16Hz to 16kHz. Sounds of lower frequencies are called infrasound, sounds of higher frequencies are called ultrasound.

| infrasound            | sound             | ultrasound             |
|-----------------------|-------------------|------------------------|
| <i>less than 16Hz</i> | <i>16Hz-16kHz</i> | <i>more than 16kHz</i> |

The frequency limit is not sharp, it is an average value of human population. The upper limit of audible sound decreases for example with age.

- The process of sound transmission can be simply considered as a system composed of the following parts:
  1. The source of sound
  2. The material, through which the sound travels
  3. The audio receiver (microphone, human ear...)

## Sources of sound

- Sound is a mechanical wave that is created by a vibrating elastic objects. This vibration is transmitted into the surrounding medium and raises the sound wave.
- Sounds can be divided generally into two basic groups:

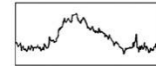
### Tones (musical sounds)

- periodic sounds
- musical instruments sounds, vowels
  - a) simple tones – have a harmonious course
  - b) combination tones – more complicated than harmonious



### Noise,

- aperiodic sounds
- cracking, grinding, pounding
- consonants of human speech

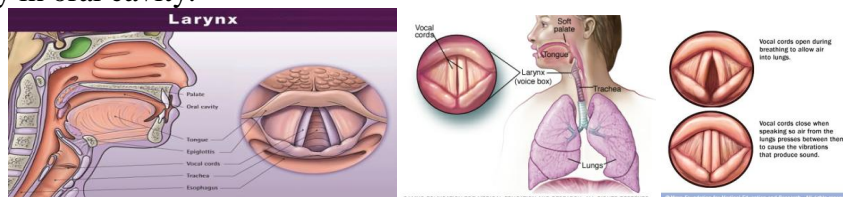


- Human vocal cords can be the source of sound. We will now briefly describe the construction and principle of the voice creating.

## Creation of human voice

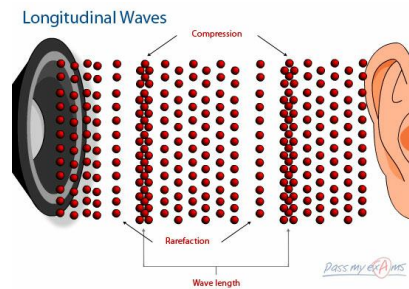
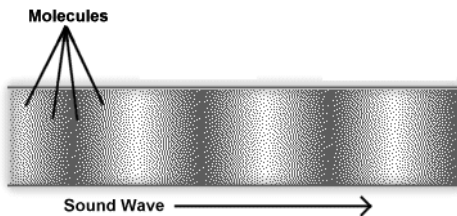
- The vocal cords are mostly involved in the development of voice.
- Speech occurs when air flows from the lungs, up the windpipe and through the vocal cords. Between the vocal cords there is a hole, a voice slot. Respiratory muscle ligaments are weak during breathing so that the vocal cords are open. But during speaking the muscles of the larynx glottal are stretch and this change the width of the voice slot. The exhaled air flows through the vocal cords and causes the vibration. It can be compared to the reed on whistle. The sound of the voice is produced when vibrating vocal cords rhythmically interrupt the flow of air which goes out of the trachea.
- Creation of words and syllables are allowed by coordinating of voice body, upper respiratory tract, tongue, mouth, teeth and lips.

For example whispering is not influenced by the vocal cords. During whispering the sound is produced only in oral cavity.



## Spread of sound waves

- Very simply we can say that the sound is a mechanical wave that spreads in any flexible substance. A substance can be air, water, wood or other material. There is only one medium in which sound doesn't spread, it's the vacuum. Sound travels in the air most frequently, here it is a longitudinal wave.
- The transmission of sound in air leads to periodic compression and expansion of air which is reflected by periodic changes in the air pressure.



<http://www.passmyexams.co.uk/GCSE/physics/basic-waves-theory.html>

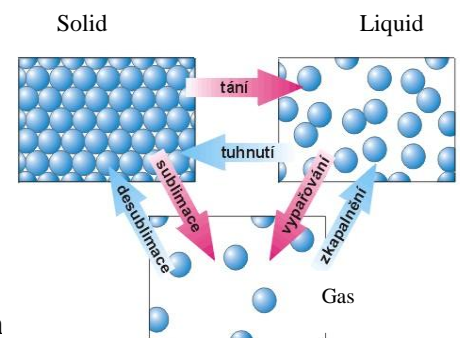
- The most important characteristic of substance in respect to the transmission of sound is the speed of sound in this substance.

## Speed of sound

- The size of the speed of sound is significantly smaller than the speed of light.
  - Magnitude of the velocity of sound in air depends on the temperature and on the composition of the air (humidity, dirt, ...).
  - At normal temperature the speed of sound is approximately  $332\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ .
- In the table you can see other values of speed of sound in different substances.

| substance    | speed ( $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ ) |
|--------------|--|
| water (25°C) | 1500                                   |
| mercury      | 1400                                   |
| concrete     | 1700                                   |
| ice          | 3200                                   |
| steel        | 5000                                   |
| glass        | 5200                                   |

The speed of sound in liquids and solids is greater than in gases. It's a result of a different configurations of particles.

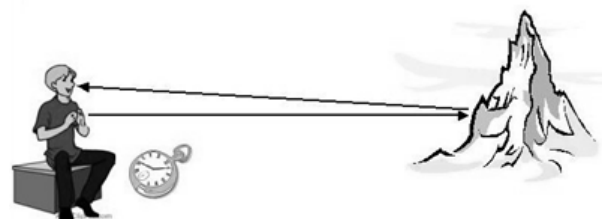


<http://www.zschemeie.euweb.cz/latky/latky15.html>

- The spread of sound waves is influenced also by obstacles on which sound waves turn out. Reflection and diffraction of waves is reflected.

## Echo

- Echo is a special case of reflection of sound.
- It is a consequence of the properties of hearing. A man is able to distinguish sounds that follow each other at intervals of least 0,1s. The sound reaches a distance of 34 metres during this time. This means that at distance of 17 metres from the observer the obstacles create an monosyllabic echo. At greater distance may arise echo of more syllabic.
- Echo is used for example in sonar. Also it is used in medicine in the investigation of ultrasonic and also in detecting hidden defects of materials by using ultrasound.



[http://www.planetseed.com/posted\\_faq/50627](http://www.planetseed.com/posted_faq/50627)

## Reverb

- If the obstacle is closer than 17 metres, sounds can't be distinguished, they partially overlap. This is reflected as an extension of sound – reverb.
- Reverberation is distracting, it reduces the intelligibility of speech and may distort music. The acoustic properties of music halls can be improved by using drapes, breaking division of wall surfaces and using the materials that absorb sound.

# ZVUK

- Fyzikální obor, který se zabývá vznikem zvukového vlnění, jeho šířením a vnímání sluchem, se nazývá akustika.
- Jako zvuk označujeme mechanické vlnění v látkovém prostředí, které vnímáme sluchem.
- Člověk vnímá rozsah frekvencí přibližně 16Hz až 16kHz.  
Zvuky o nižších frekvencích označujeme jako infrazvuk, zvuky o frekvencích vyšších se nazývají ultrazvuk.

| infrazvuk            | zvuk              | ultrazvuk             |
|----------------------|-------------------|-----------------------|
| <i>méně než 16Hz</i> | <i>16Hz-16kHz</i> | <i>více než 16kHz</i> |



Hranice frekvencí není ostrá, jedná se o průměrné hodnoty lidské populace. Horní hranice slyšitelného zvuku se u lidí snižuje například s přibývajícím věkem.

- Děj přenosu zvuku můžeme zjednodušeně považovat za soustavu složenou z těchto částí:
  - Zdroj zvuku
  - Hmotné prostředí, kterým se zvuk šíří
  - Přijímač zvuku (mikrofon, lidské ucho,...)

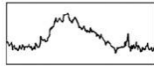
## Zdroje zvuku

- Zdrojem zvuku je chvění pružných těles. Toto chvění se přenáší do okolního prostředí a vzbuzuje v něm zvukové vlnění.
- Zvuky můžeme obecně rozdělit do dvou základních skupin:

### Tóny (hudební zvuky)

- periodické zvuky
- zvuky hudebních nástrojů, samohlásky řeči
  - jednoduché tóny – mají harmonický průběh 
  - složený tón – složitější než harmonický průběh 

### Hluky, šum

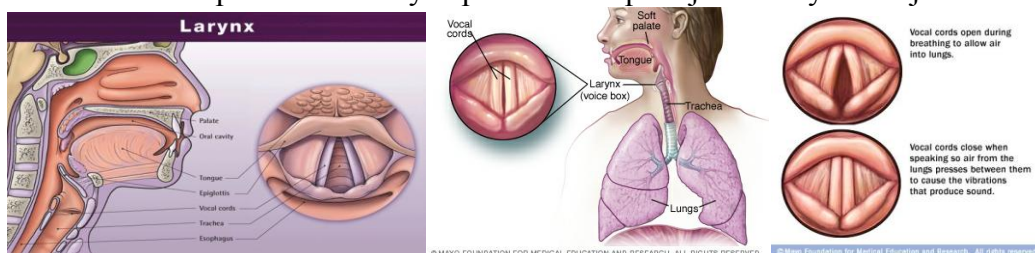
- neperiodické zvuky
- praskot, skřípání, bušení
- souhlásky lidské řeči 

- Zdrojem zvuku mohou být například lidské hlasivky, popišme si nyní stručně jejich stavbu a princip vzniku zvuku.

## Vznik lidského hlasu

- Na vzniku hlasu se podílejí převážně hlasivky.
- Hlas vznikne, když vzduch proudí z plic přes průdušnici skrz hlasivky. Mezi oběma hlasivkami je průchod, hlasová štěrbina. Při dýchání jsou svalové vazy ochablé a hlasová štěrbina je otevřená. Při řeči ale svaly hrtanu napínají hlasivkové vazy, tím se mění šířka hlasové štěrbiny. Vydechovaný vzduch proudí přes hlasovou štěrbinu a rozechvívá hlasivky. Můžeme to přirovnat třeba k jazýčku v píšťále. Zvuk hlasu vzniká tak, že kmitající hlasivky rytmicky přerušují proud vzduchu jdoucího z průdušnice.
- Vznik slov a slabik je umožněn koordinací hlasového orgánu, horních cest dýchacích, jazyka, dutiny ústní, zubů a rtů.

Například na vzniku šepotu se hlasivky nepodílí. Při šepotu je zvuk vytvářen jen dutinou ústní.

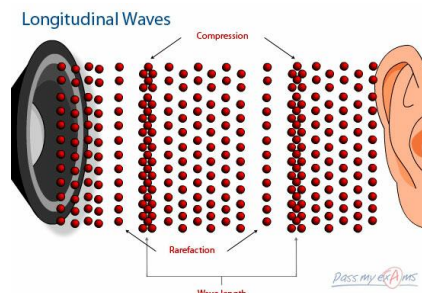
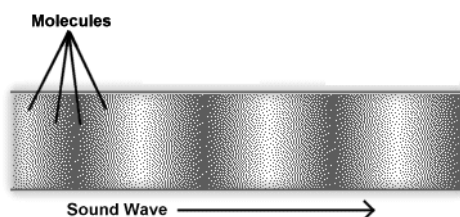


© MAYO FOUNDATION FOR MEDICAL EDUCATION AND RESEARCH. ALL RIGHTS RESERVED.  
<http://www.mayoclinic.com>

© Mayo Foundation for Medical Education and Research. All rights reserved.

## Šíření zvuku

- Velice jednoduše lze říct, že zvuk je vlnění, které se šíří libovolným pružným látkovým prostředím. Látkou může být vzduch, voda, dřevo nebo jiný materiál. Jediné prostředí, kterým se zvuk nešíří, je vakuum. Nejčastěji se zvuk šíří ve vzduchu, zde se jedná o podélné postupné vlnění.
- Při šíření zvuku ve vzduchu dochází k periodickému stlačování a rozpínání vzduchu, které se projevuje periodickými změnami tlaku vzduchu.



<http://www.passmyexams.co.uk/GCSE/physics/basic-waves-theory.html>

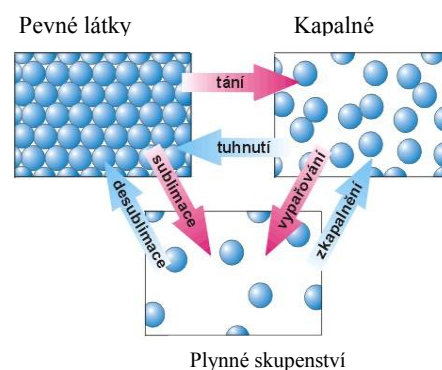
- Nejdůležitější charakteristikou prostředí z hlediska šíření zvuku je velikost rychlosti zvuku v daném prostředí.

## Rychlost zvuku

- Velikost rychlosti zvuku je výrazně menší než rychlost světla. Velikost rychlosti zvuku ve vzduchu závisí na teplotě a na složení vzduchu (vlhkost, nečistoty). Při běžné teplotě je rychlost zvuku přibližně  $332 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ . V tabulce jsou pro srovnání uvedeny další hodnoty rychlostí v různých prostředích.

| prostředí   | Rychlost zvuku ( $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ ) |
|-------------|---|
| voda (25°C) | 1500  |
| rtuť        | 1400  |
| beton       | 1700  |
| led         | 3200  |
| ocel        | 5000  |
| sklo        | 5200  |

V kapalinách a pevných látkách je rychlost zvuku větší než v plynech. To vyplývá z různého částicového složení jednotlivých skupenství.



<http://www.zscheie.euweb.cz/latky/latky15.html>

- Šíření zvuku ovlivňují také překážky, na které zvukové vlnění dopadá. Projevuje se odraz a ohyb vlnění.

## Ozvěna

- Ozvěna je zvláštním případem odrazu zvuku.
- Jedná se o důsledek vlastnosti sluchu. Člověk je schopen rozlišit zvuky, které po sobě následují s odstupem alespoň 0,1s. Za tuto dobu dospěje zvuk do vzdálenosti 34m. To znamená, že při vzdálenosti 17m překážky od pozorovatele vzniká tzv. jednoslabičná ozvěna. Při větší vzdálenosti může vzniknout víceslabičná ozvěna.
- Ozvěnu využívá například sonar. Dále se využívá třeba v lékařství při vyšetřování ultrazvukem, při ultrazvukové defektoskopii při zjišťování skrytých vad materiálů.



[http://www.planetseed.com/posted\\_faq/50627](http://www.planetseed.com/posted_faq/50627)

## Dozvuk

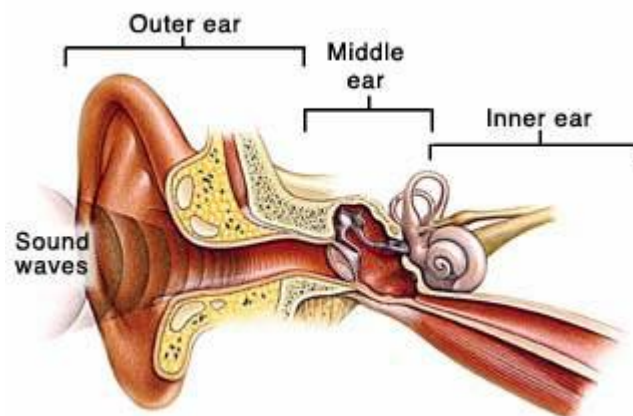
- Pokud je překážka blíže než 17m, zvuky neodlišíme, částečně se překrývají. To se projeví jako prodloužení trvání zvuku – dozvuk.
- Dozvuk působí rušivě, snižuje srozumitelnost řeči a může zkreslovat hudbu. Akustické vlastnosti hudebních sálů lze zlepšit použitím závěsů, rozčleněním ploch stěn, použitím materiálů, které pohlcují zvuk.



# THE EAR

A human ear is a very complex instrument. Understanding the function of hearing involves the knowledge of physiology and acoustics. In this worksheet we will describe the basic components of the human ear and explain how the ear operates.

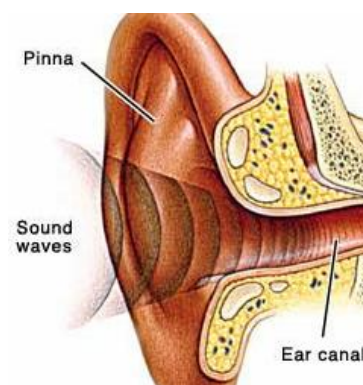
- Human ear detects and analyzes sound, and converts the mechanical energy of sound wave into the electrical energy, which is transmitted to the brain in the form of a nerve impulse.
- The ear ability allows us to perceive the loudness of sound, the wave frequencies, the wave amplitude and the sound timbre.
- The ear is sensitive to sounds of frequency ranging from 20Hz to 20kHz.
- The ear consists of three main parts.
  1. The outer ear
  2. The middle ear
  3. The inner ear
- Each part of the ear performs a specific function.



<http://www.riversideonline.com/>

## The outer ear:

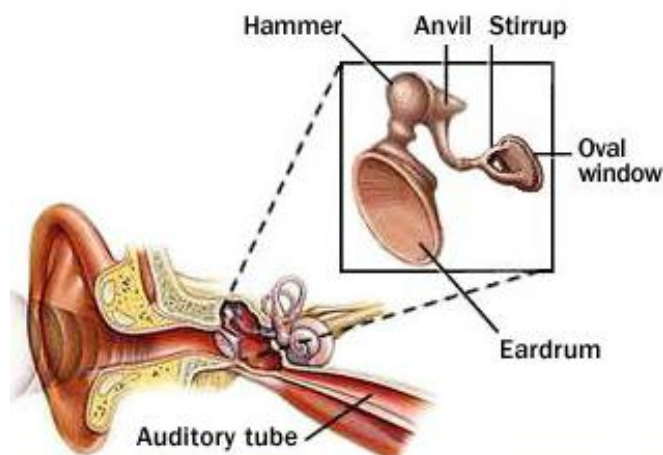
- The outer ear consists of an earflap and the ear canal.
- The earflap serves to collect and direct sound waves to the auditory canal and it also provides protection for the middle ear and protection against eardrum harming.
- Ear canal is about 2 cm long, this causes that it's capable of amplifying frequencies of approximately 3000 Hz.
- In the outer ear the sound is still a mechanical wave which is reflected by periodic changes in air pressure.



<http://www.riversideonline.com/>

## The middle ear:

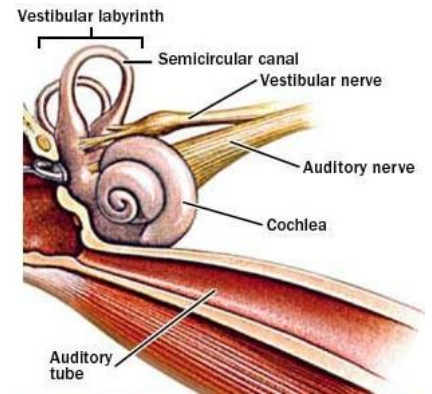
- The middle ear consists of the eardrum and three auditory bones – hammer, anvil and stirrup which is a functional part of Eustachian tube.
- The middle ear serves to transform the mechanical energy of a sound wave into vibrations of the bone structure in the middle ear. Then this vibrations is converted into the liquid medium of the inner ear. This process is a hydrodynamic transmission. During this process it is balanced between the external acoustic pressure (air wave in the outer ear) and the pressure of fluid in the inner ear.



- Sound wave which reaches the ear is directed into the auditory canal and it falls on the eardrum. Eardrum is a membrane that begins to vibrate as a result of the incoming pressure waves. Eardrum vibrates at the same frequencies as the sound wave. The vibration of the eardrum causes a chain vibration through the ossicles (three small bones). The ossicles act as a lever system. Because of differences in the size, shape and position of these three bones, the force of the vibration increases by the time it reaches the inner ear.

**The inner ear:**

- The inner ear transforms the energy of a wave in the inner ear fluid into a nerve impulse.
- The inner ear has three main parts:
  1. The vestibule – the entrance cavity
  2. The semicircular canals
  3. The cochlea
- The semicircular canals possible us to maintain a sense of balance.
- Sound vibrations from the middle ear are transferred to the fluid of cochlea.

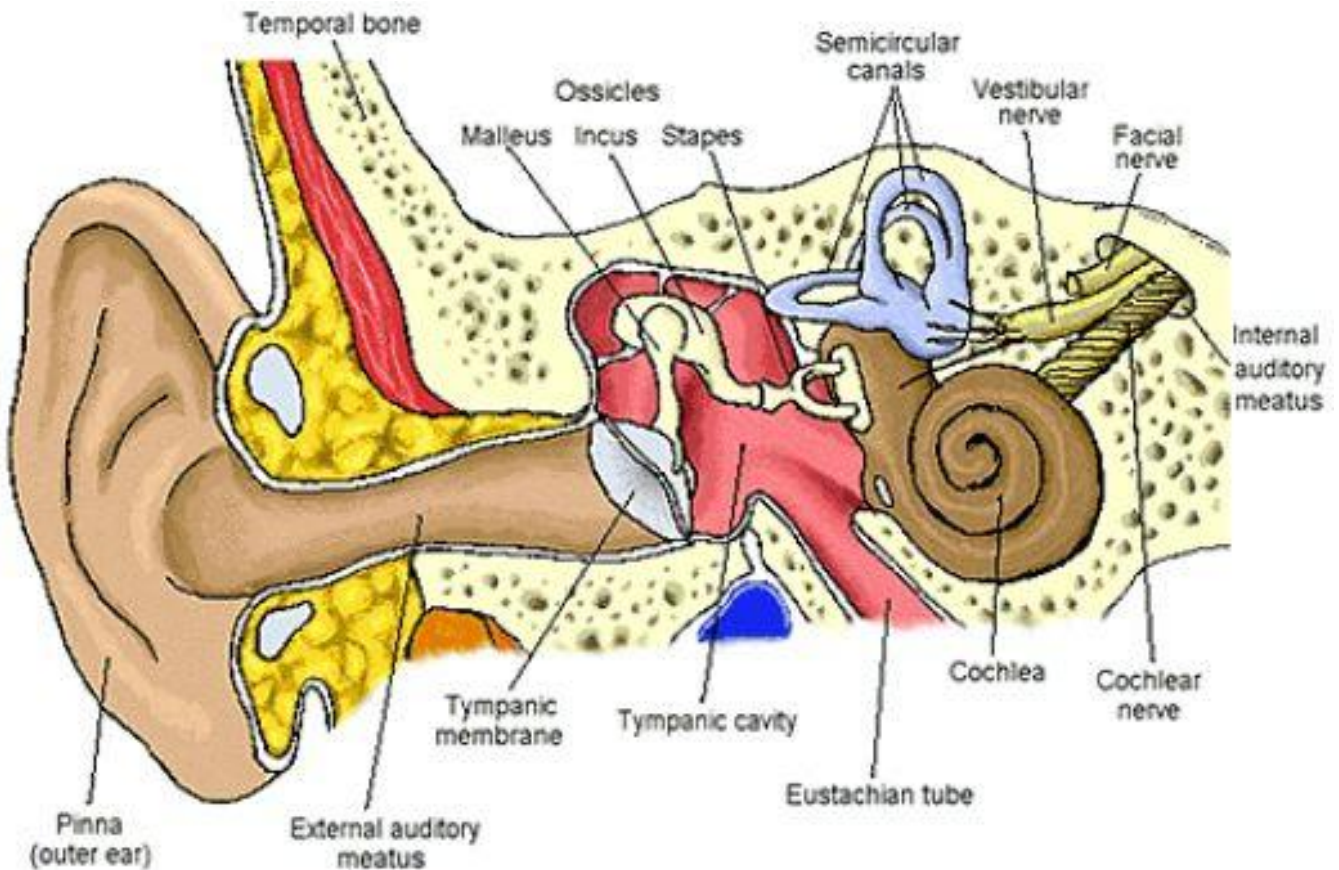


<http://www.riversideonline.com/>

**Cochlea**

- Cochlea is a snail-shell like structure, it has a length of about 3.5 cm.
- Cochlea is divided into three fluidfilled parts. The two are canals for the transmission of pressure and in the third there is the organ of Corti – it converts the pressure impulse to electrical impulses which are transmitted by the auditory nerve to the brain.

**STRUCTURE OF HUMAN EAR**

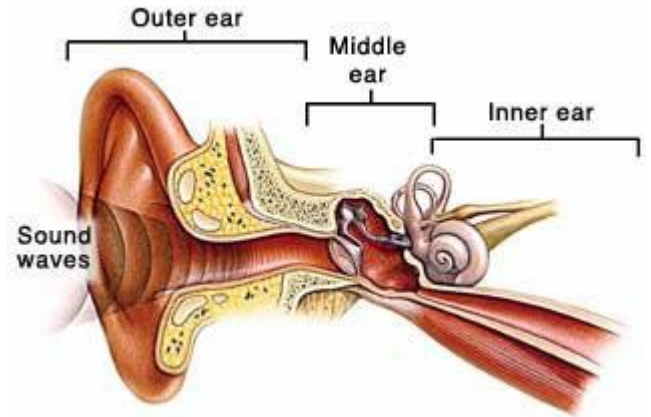


<http://depion.blogspot.cz/2011/06/tips-to-clean-ear-wax.html>

# UCHO

Lidské ucho je velmi složitý orgán. Pro pochopení principu funkce lidského sluchu je třeba zahrnout poznatky z fyziologie a akustiky. V tomto pracovním listu si popíšeme základní části lidského ucha a vysvětlíme si, jak ucho pracuje.

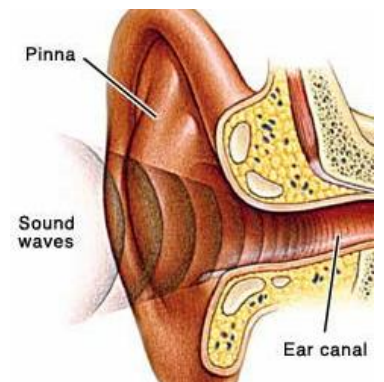
- Lidské ucho detekuje a analyzuje zvuk a přeměňuje mechanickou energii akustického vlnění na energii elektrickou, která je ve formě nervových impulzů přenášena do mozku.
- Schopnosti ucha nám umožňují vnímat hlasitost zvuku, frekvenci vlnění, amplitudu vlnění a také barvu zvuku.
- Lidské ucho je citlivé na zvuky v rozmezí frekvencí od 20Hz do 20kHz.
- Ucho je složeno ze tří hlavních částí
  1. Vnější ucho
  2. Střední ucho
  3. Vnitřní ucho
- Každá z těchto částí ucha plní specifickou funkci.



<http://www.riversideonline.com/>

## Vnější ucho

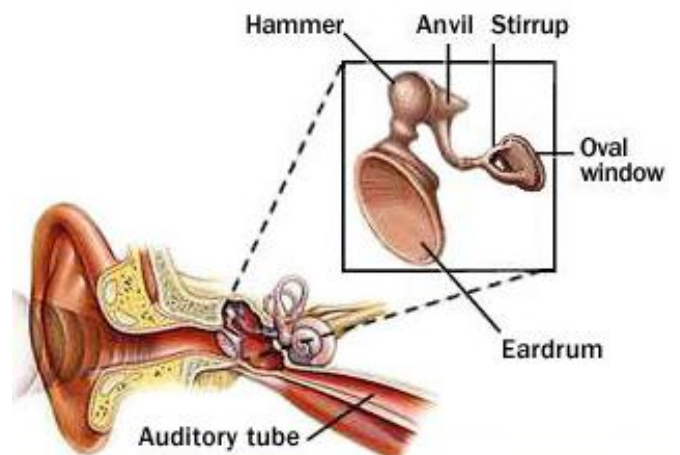
- Vnější ucho se skládá ze zvukovodu a ušního boltce.
- Boltce zachycuje a směřuje zvukové vlny do zvukovodu, také chrání střední ucho a poskytuje ochranu ušního bubínku před poškozením.
- Zvukovod je dlouhý asi 2 cm, v důsledku toho je schopen zesilovat frekvence okolo 3000 Hz.
- Ve vnějším uchu je zvuk stále mechanickým vlněním, které se projevuje pravidelnými změnami tlaku vzduchu.



<http://www.riversideonline.com/>

## Střední ucho:

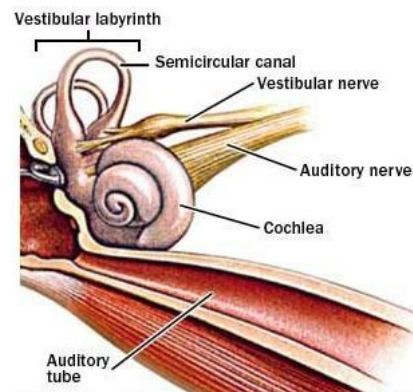
- Střední ucho se skládá z ušního bubínku a tří sluchových kůstek – kladívka, kovádky a třmínku, který je funkční součástí Eustachovy trubice.
- Střední ucho slouží k přeměně mechanické energie akustické vlny na kmitavý pohyb kůstek ve středním uchu. Poté se tato energie přeměňuje ve vibrace kapalného prostředí vnitřního ucha. Jedná se o hydradynamický přenos, během něhož se vyrovnávají rozdíly vnějšího akustického tlaku (zvuková vlna ve vnějším uchu) a tlaku tekutiny ve vnitřním uchu.
- Zvukové vlnění dopadající na ucho je nasměrováno do zvukovodu a dopadá na ušní bubínek. Ušní bubínek je membrána, která



v důsledku dopadajících tlakových vln začne kmitat. Ušní bubínek kmitá se stejnou frekvencí, jakou mají dopadající akustické vlny. Kmitavý pohyb ušního bubínku způsobí řetězový přenos kmitání mezi kůstkami středního ucha. Kůstky středního ucha fungují jako páky. Díky rozdílům ve velikostech, tvaru a umístění těchto kůstek, se při dosažení vnitřního ucha zvyšuje energie kmitavého pohybu.

### Vnitřní ucho:

- Vnitřní ucho přeměňuje energii vlnění v tekutině vnitřního ucha na nervový impulz.
- Vnitřní ucho má tři hlavní části
  1. Předšíň (vestibulum)
  2. Polokruhové kanálky
  3. Hlemýžď
- Polokruhové kanálky umožňují udržovat rovnováhu.
- Akustické vlny jsou přenášeny do tekutiny v hlemýždi.

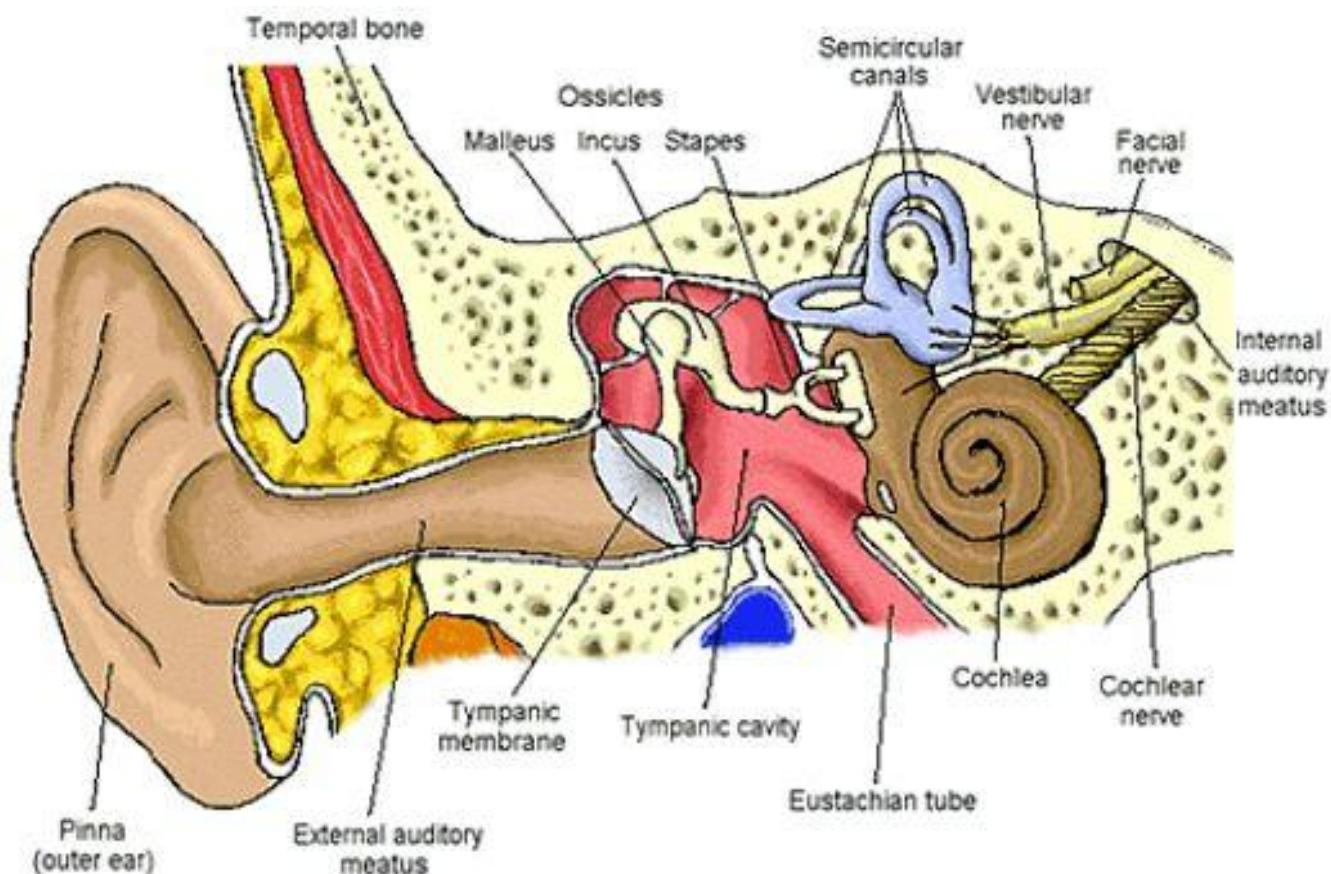


<http://www.riversideonline.com/>

### Hlemýžď

- Hlemýžď je dlouhý asi 3,5 cm.
- Hlemýžď je rozdělen do tří částí naplněných tekutinou. Dvě z nich jsou kanálky pro přenos tlaku a třetí je Cortiho orgán – ten převádí tlakové impulzy na impulzy elektrické, které jsou přenášeny sluchovým nervem do mozku.

## STAVBA LIDSKÉHO UCHA



<http://depion.blogspot.cz/2011/06/tips-to-clean-ear-wax.html>

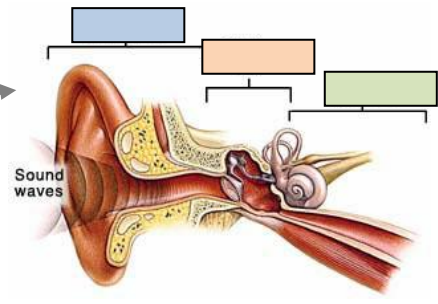
# THE EAR- WORKSHEET

Human ear detects and analyzes sound, and converts the ..... energy of sound wave into the ..... energy, which is transmitted to the brain in the form of a .....

The ear is sensitive to sounds of frequency ranging from ..... to.....

The ear consists of three main parts.

1. The
2. The
3. The



## The .....ear:

- The ..... ear consists of an earflap and the ear canal.
- The earflap serves to collect and direct sound waves to the ..... and it also provides protection for the middle ear and protection against eardrum harming.
- Ear canal is about 2 cm long, this causes that it's capable of amplifying frequencies of approximately .....
- In the outer ear the sound is still a ..... wave which is reflected by periodic changes in .....

## The middle ear:

- The middle ear consists of the eardrum and three auditory bones – ....., ..... and ..... which is a functional part of Eustachian tube.
- The middle ear serves to transform the ..... energy of a sound wave into ..... of the bone structure in the middle ear.
- Sound wave which reaches the ear is directed into the ..... and it falls on the eardrum. Eardrum is a ..... that begins to vibrate as a result of the incoming pressure waves. Eardrum vibrates at the ..... frequencies as the sound wave. The vibration of the eardrum causes a chain vibration through the ..... (three small bones).

## The inner ear:

- The inner ear transforms the energy of a wave in the inner ear fluid into a .....
- The inner ear has three main parts:
  1. ....
  2. ....
  3. ....

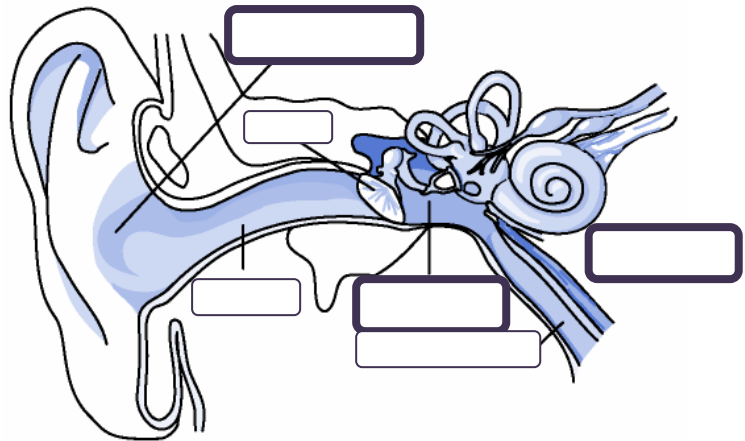
## Cochlea

- Cochlea is a .....-shell like structure, it has a length of about .....
- Cochlea is divided into ..... (number) fluid filled parts. The two are canals for the transmission of pressure and in the third there is the organ ..... – it converts the pressure impulse to ..... impulses which are transmitted by the auditory nerve to .....

# STRUCTURE OF HUMAN EAR

- Label the ear

**A**



<http://www.northcoaud.com>

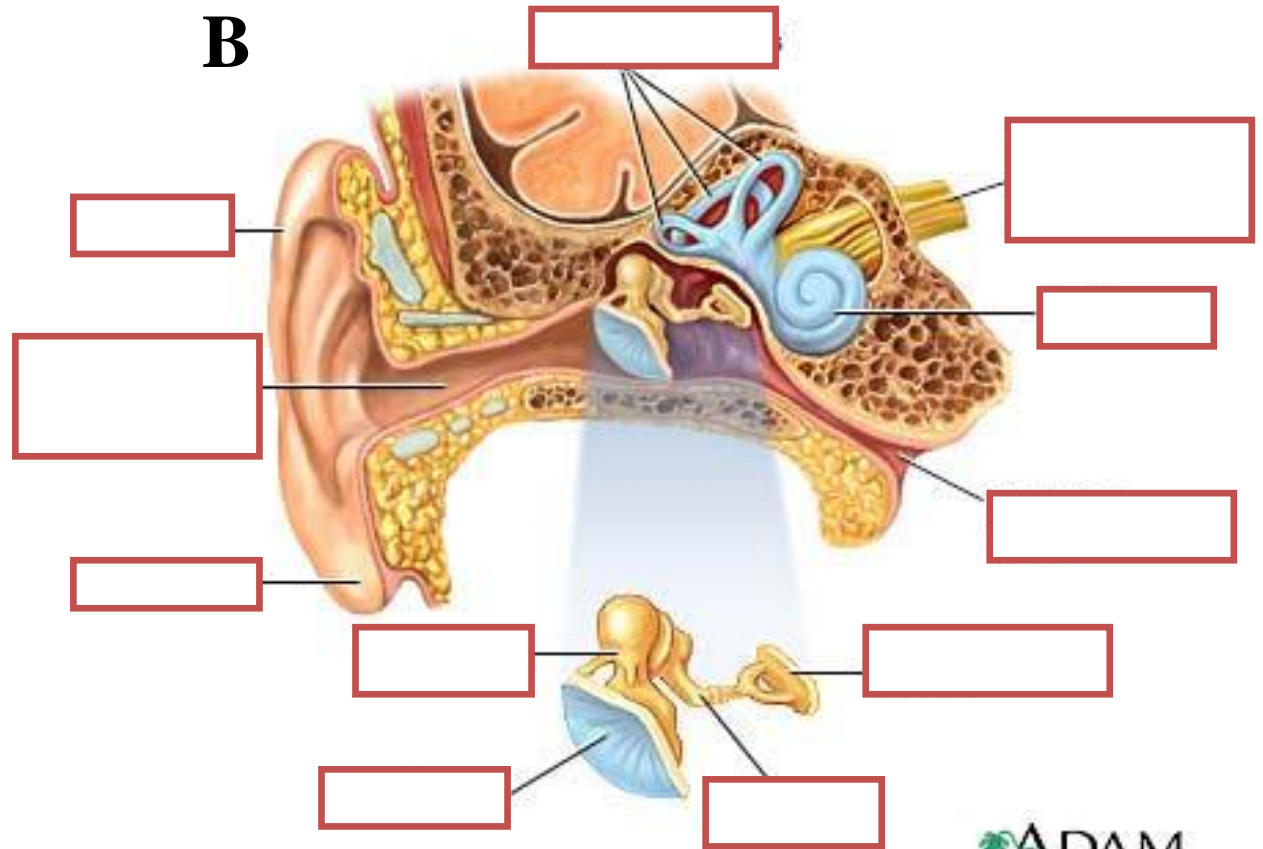
**A**

1. Inner ear
2. Outer ear
3. Middle ear
4. Ear canal
5. Ear drum
6. Eustachian tube

**B**

1. Lobule
2. Eardrum
3. Cochlea
4. Pinna
5. Semicircular canals
6. Vestibular cochlear nerve
7. Eustachian tube
8. Hammer
9. Anvil
10. Stirrup
11. External auditory canal

**B**



ADAM.

<http://www.kghearing.co.nz/about-the-ear.aspx>

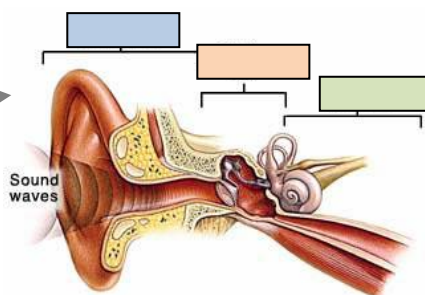
# UCHO - PRACOVNÍ LIST

Lidské ucho detekuje a analyzuje zvuk a přeměňuje ..... energii akustického vlnění na energii ....., která je ve formě nervových impulzů přenášena do .....

Lidské ucho je citlivé na vnímání frekvencí v rozsahu od ..... do.....

Ucho se skládá z těchto hlavních částí:

1. ....
2. ....
3. ....



## ..... ucho:

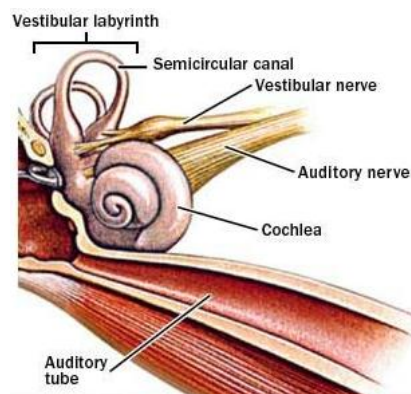
- ..... ucho se skládá ze zvukovodu a boltce.
- Boltce zachycuje a směřuje zvukové vlny do ....., také chrání střední ucho a poskytuje ochranu ušního bubínku před poškozením.
- Zvukovod je dlouhý asi 2 cm, v důsledku toho je schopen zesilovat frekvence okolo .....
- Ve vnějším uchu je zvuk stále ..... vlněním, které se projevuje pravidelnými změnami .....

## Střední ucho:

- Střední ucho se skládá z ušního bubínku a tří sluchových kůstek – ....., ..... a ....., který je funkční součástí Eustachovy trubice.
- Střední ucho slouží k přeměně ..... energie akustické vlny na ..... pohyb kůstek ve středním uchu.
- Zvukové vlnění dopadající na ucho je nasměrováno do ..... a dopadá na ušní bubínek. Ušní bubínek je ....., která v důsledku dopadajících tlakových vln začne kmitat. Ušní bubínek kmitá se ..... frekvencí, jakou mají dopadající akustické vlny. Kmitavý pohyb ušního bubínku způsobí řetězový přenos kmitání .....

## Vnitřní ucho:

- Vnitřní ucho přeměňuje energii vlnění v tekutině vnitřního ucha na .....
- Vnitřní ucho má tři hlavní části
  1. ....
  2. ....
  3. ....



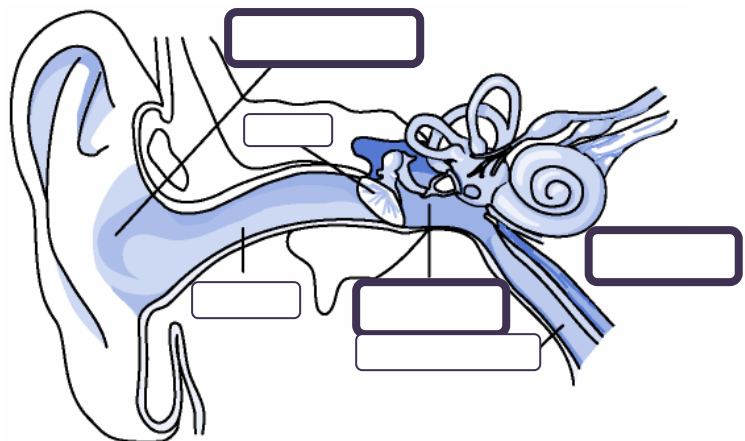
## Hlemýžď

- Hlemýžď je dlouhý asi .....
- Hlemýžď je rozdělen do ..... (počet) částí naplněných tekutinou. Dvě z nich jsou kanálky pro přenos tlaku a třetí je ..... – ten převádí ..... impulzy na impulzy elektrické, které jsou přenášeny sluchovým nervem do .....

# STAVBA LIDSKÉHO UCHA

- Popište lidské ucho:

**A**



<http://www.northcoaud.com>

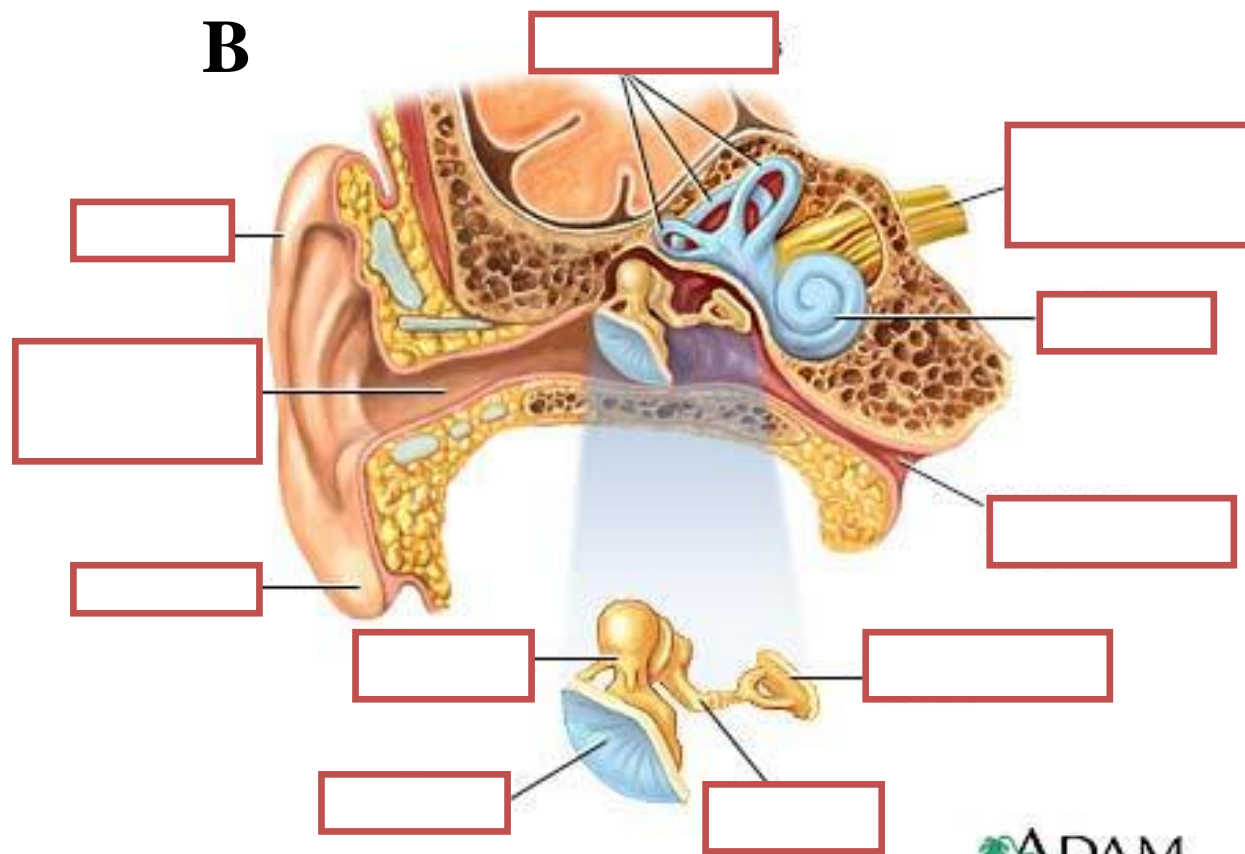
**A**

- Vnitřní ucho
- Vnější ucho
- Střední ucho
- Zvukovod
- Ušní bubínek
- Eustachova trubice

**B**

- Lalůček
- Ušní bubínek
- Hlemýžď
- Ušní boltec
- Polokruhové kanálky
- Vestibulární nerv
- Eustachova trubice
- Kladívko
- Kovadlinka
- Třmínek
- Zevní zvukovod

**B**



ADAM.

<http://www.kghearing.co.nz/about-the-ear.aspx>



# RAINBOW



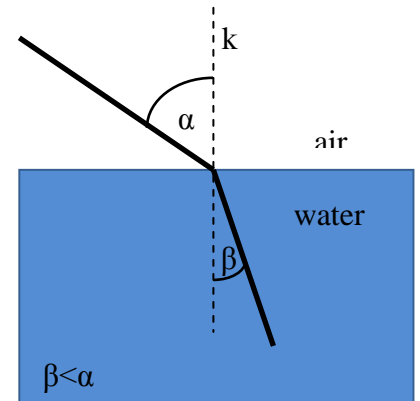
- A rainbow is one of the optical phenomena in the atmosphere.
- Understanding how rainbows form can help us to find and also photograph them.

## COLOURS OF THE RAINBOW

- A rainbow is an demonstration of the dispersion of light and one more piece of evidence that visible light is composed of a spectrum of wavelengths, each associated with a distinct colour.
- Two physical phenomena are at work within a rainbow, it is reflection and refraction.

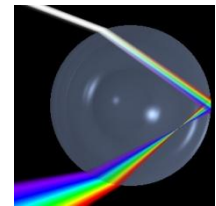
### Refraction

- Refraction is a phenomena that occurs when light passes across a boundary from one substance to another.
- When white sunlight is intercepted by a drop of water in the atmosphere, some of the light refracts into the drop. The water represents a medium with higher optical density than the surrounding air. Light waves refracts when they cross over the boundary from the air to the water. The decrease in speed upon entry of light into a water droplet causes a bending of the light towards the normal ( $k$  in the picture).

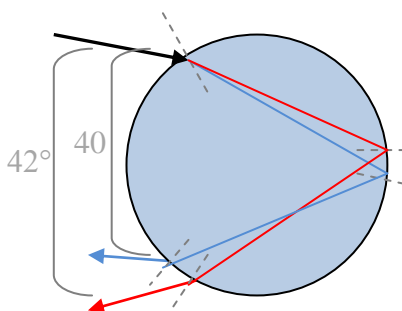
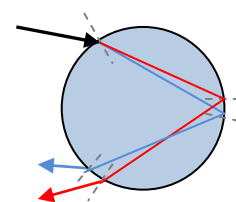


### Dispersion

- Visible light, also known as white light, consists of a collection of component colours. Each of these colours has its own wavelength and frequency.
- Angle of refraction depends on the wavelength of the colour. Colours of the visible light spectrum that have shorter wavelengths will deviated more from their original path than the colours with longer wavelengths.
- Red light has the shortest wavelength, yellow is longer and violet is the longest from the spectrum.
- This causes that the white sunlight is broken into different colours heading in slightly different directions.
- The light is then reflected off the drop's inner surface and passes back into the air again, in the process being further refracted.
- The first refraction separate the white sunlight into its colour components, the second refraction increases the separation.
- We can simply say that the colours of the rainbow occurs in three steps:
  1. Light waves refracts when they cross over the boundary from the air to the water.
  2. White sunlight broken into different colours heading in slightly different directions.
  3. The second refraction increases the separation of the various colours of the spectrum.



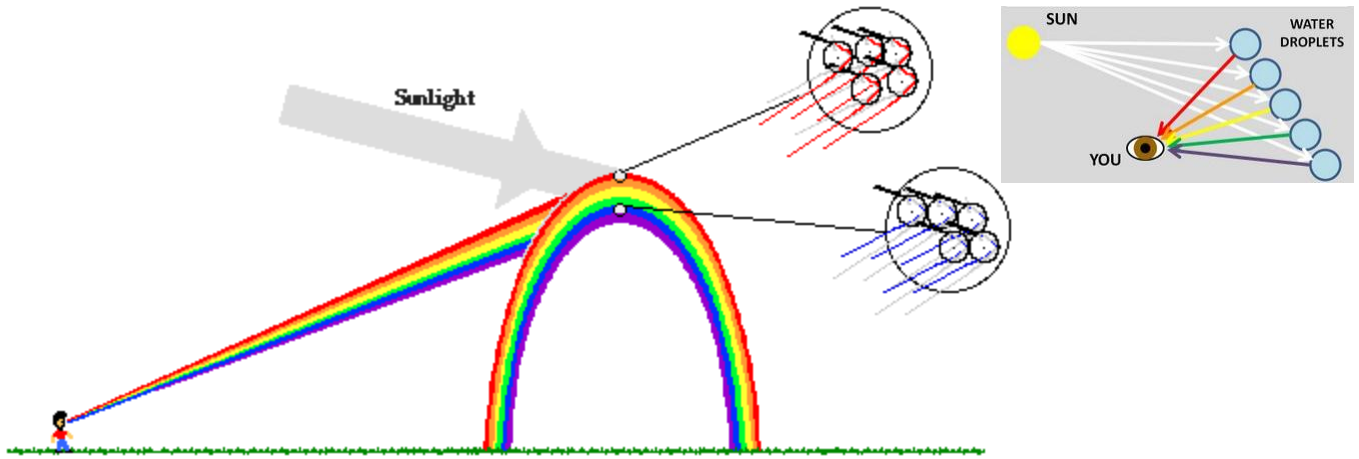
[http://es.wikipedia.org/wiki/Archivo:Rainbow\\_formation.png](http://es.wikipedia.org/wiki/Archivo:Rainbow_formation.png)



The angle of deviation between the incoming light rays from the sun and the refracted rays directed to the observer's eyes is approximately 42 degrees for the red light. Because of the tendency of shorter wavelength blue light to refract more than red light, its angle of deviation from the original sun rays is approximately 40 degrees. So that's why red appears on the outside, because it makes an arc of 42 degrees, and purple appears on the inside, with an arc of 40 degrees.

## ARC SHAPE OF THE RAINBOW

- A rainbow is most often viewed as a circular arc in the sky.

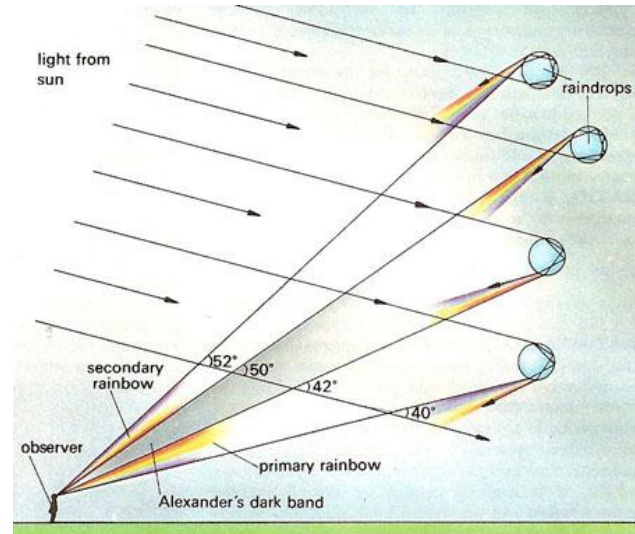


<http://www.physicsclassroom.com/class/refrn/u144b.cfm> <http://watchingtheworldwakeup.blogspot.cz/2008/08/how-rainbow-works.html>

- You can see red light coming from a raindrop because the drop is at just the correct angle between your eye and the sun so that the red light coming from the sun is refracted, reflected, and refracted again right into your eye. For red light is the angle approximately 42 degrees.
- Blue light comes from another raindrop at a slightly different angle.
- The rainbow is a circle because of that the light can go through all the raindrops that are at a certain angle between your eye.



<http://en.wikipedia.org/wiki/Rainbow>

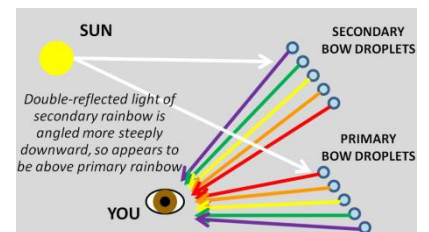
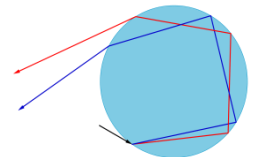


[http://wiki.pingry.org/u/physics/index.php/Rainbows,\\_Reflection,\\_and\\_Refraction](http://wiki.pingry.org/u/physics/index.php/Rainbows,_Reflection,_and_Refraction)

Observers on the ground can view only the top half of the circle. The bottom half of the circular arc is prevented by the presence of the ground. The whole circle can be seen for example from an airborne plane (on the picture).

## SECONDARY RAINBOW

- Sometimes we can see a double rainbow.
- The second rainbow is dimmer and thicker and is called a secondary rainbow. A secondary arc can be seen outside the primary arc.
- Sun light can be reflected more than once inside the raindrop. Rays that escape after two reflections make a secondary rainbow.
- The secondary arc can be seen outside the primary arc.
- The secondary rainbow has colours in the opposite order than the primary.



<http://watchingtheworldwakeup.blogspot.cz/2008/08/how-rainbow-works.html>

# DUHA



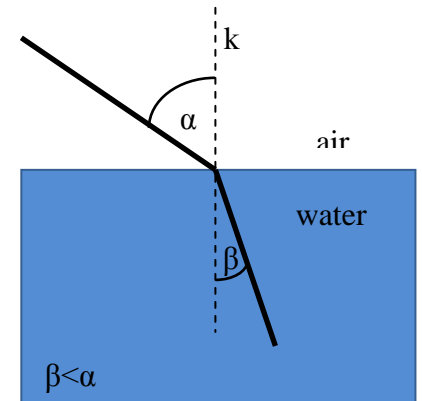
- Duha je jedním z optických jevů v atmosféře.
- Pochopení příčin vzniku duhy nám může pomoci například při hledání a pozorování duhy a jejím fotografování.

## BARVY DUHY

- Duha je ukázkou rozptylu světla a také dokazuje, že bílé světlo je složeno ze spektra barev o různých vlnových délkách.
- Na vzniku duhy se podílejí dva fyzikální jevy – odraz a lom světla.

## Lom světla

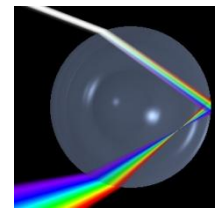
- Lom světla je jev, ke kterému dochází při přechodu světelného paprsku z jednoho prostředí do druhého.
- Při dopadu bílého slunečního světla na vodní kapku v atmosféře dochází k tomu, že se část světelných paprsků láme. |Voda představuje opticky hustší prostředí než je okolní vzduch. Při přechodu světelných vln ze vzduchu do vody dochází k jejich lomu. Při lomu světla dochází ke snížení rychlosti světelných vln a k lomu k normále  $k$ .



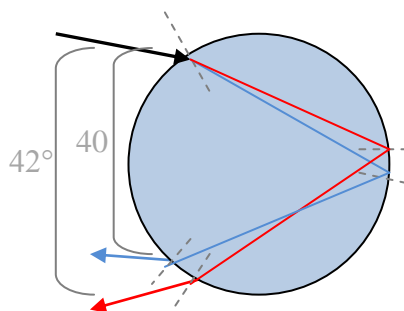
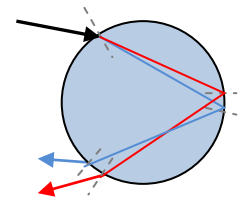
## Rozptyl

- Viditelné světlo, známé také jako bílé světlo, je složeno ze souboru dílčích barev. Každá z těchto barev má svou vlastní vlnovou délku a frekvenci.
- Úhel lomu závisí na vlnové délce dané barvy. U barev viditelného světelného spektra, které mají kratší vlnové délky, dochází k výraznějšímu lomu od kolmice než u barev s větší vlnovou délkou.
- Nejkratší vlnové délky má červené světlo, žlutá delší a největší je vlnová délka fialové části spektra.
- Tato vlastnost je příčinou rozdělení bílého světla do spektra různých barev v mírně odlišných směrech.
- Následně je světlo odraženo od vnitřního povrchu kapky a při přechodu zpět do vzduchu dochází opět k jeho lomu.
- V průběhu prvního lomu bílého světla dochází k rozkladu na jednotlivé složky, druhý lom zvětšuje rozdíl mezi směry jednotlivých barevných složek.

[http://es.wikipedia.org/wiki/Archivo:Rainbow\\_formation.png](http://es.wikipedia.org/wiki/Archivo:Rainbow_formation.png)



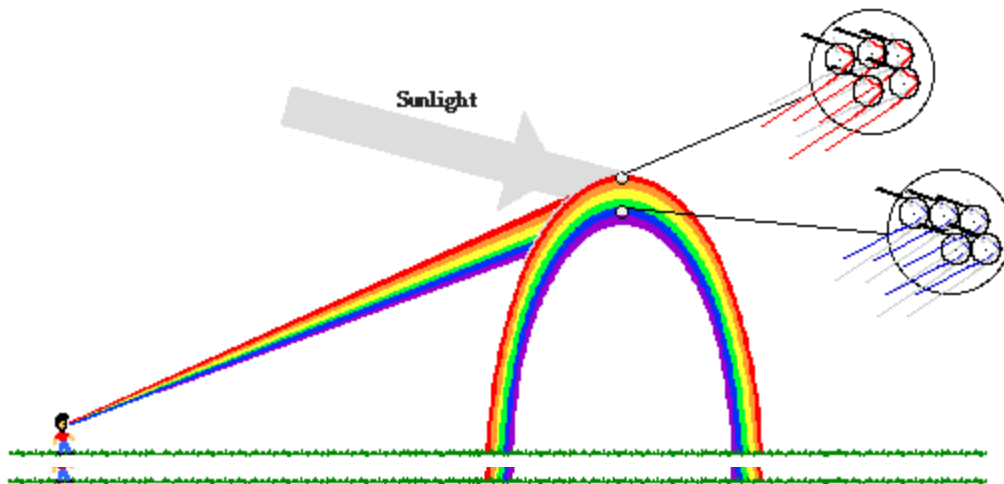
- Jednoduše lze vznik duhy popsat následujícími třemi kroky:
  1. Při přechodu světelného paprsku ze vzduchu do vodní kapky dochází k lomu světla.
  2. Světlo je rozloženo do různých barevných složek, které se lámou v mírně odlišných směrech.
  3. Druhý lom světelných paprsků zvyšuje rozklad jednotlivých barev spektra.



Úhel, který svírá dopadající světelný sluneční paprsek s lomeným paprskem, který směřuje k pozorovateli, je pro červenou barvu spektra přibližně  $42^\circ$ . Protože má modré světlo kratší vlnové délky než červené světlo, je odchylka od původního směru jiná – asi  $40^\circ$ . Různé vlnové délky barev spektra jsou důvodem toho, že červený oblouk duhy je vždy v její vnější části a naopak vnitřní část duhy je fialová.

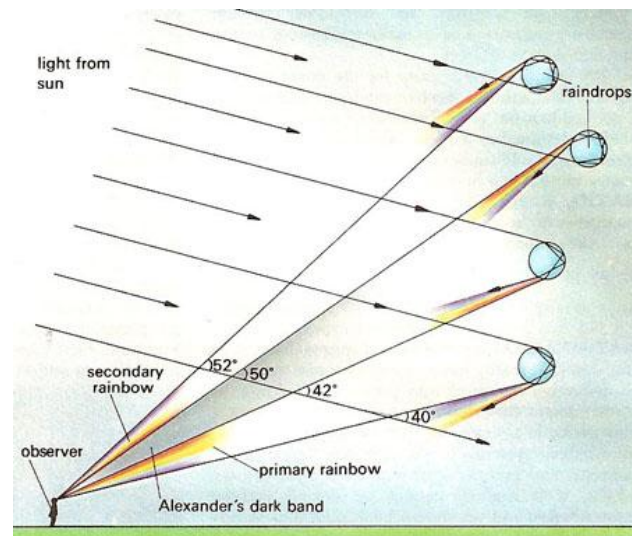
## TVAR DUHY

- Duha je na obloze často zřetelná jako půlkruhový oblouk.



<http://www.physicsclassroom.com/class/refrn/u1444b.cfm>  
<http://watchingtheworldwakeup.blogspot.cz/2008/08/how-rainbow-works.html>

- Při průchodu světlenou kapkou lze pozorovat červenou barvu světla, protože se kapka nachází ve správném úhlu mezi okem a sluncem. Což umožní lom, odraz a následný lom přímo do našeho oka. Pro červenou barvu spektra je tento úhel přibližně  $42^\circ$ .
- Modré světlo dopadá z kapky pod odlišným úhlem.
- Protože světlo prochází a dopadá na všechny kapky, které jsou v určitém úhlu pro naše oko, má duha tvar kruhu. Na obloze tedy tyto kapky vytvářejí kruh.



[http://wiki.pingry.org/u/physics/index.php/Rainbows,\\_Reflection,\\_and\\_Refraction](http://wiki.pingry.org/u/physics/index.php/Rainbows,_Reflection,_and_Refraction)

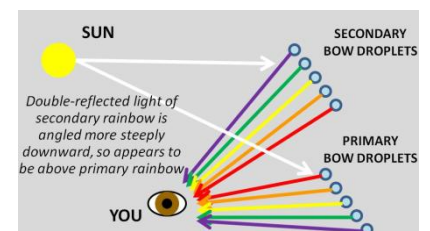
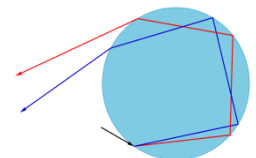
Pozorovatel na zemi může sledovat pouze horní polovinu kruhu. Pozorování spodní části duhy brání přítomnost zemského povrchu.

Celý kruh bychom mohli pozorovat například z letadla (viz obrázek).

<http://en.wikipedia.org/wiki/Rainbow>

## SEKUNDÁRNÍ DUHA

- Někdy je možné pozorovat dvojitou duhu.
- Druhá duha je méně výrazná, širší a nazývá se sekundární duha. Sekundární duhu je možné pozorovat vně primární duhy.
- Uvnitř dešťové kapky může dojít k vícenásobnému odrazu světelného vlnění. Paprsky, které opustí kapku po dvojnásobném odrazu, vytvářejí sekundární duhu. Sekundární duhu můžeme pozorovat vně duhy primární.
- Barvy sekundární duhy jsou uspořádány v opačném pořadí než barvy primární duhy.



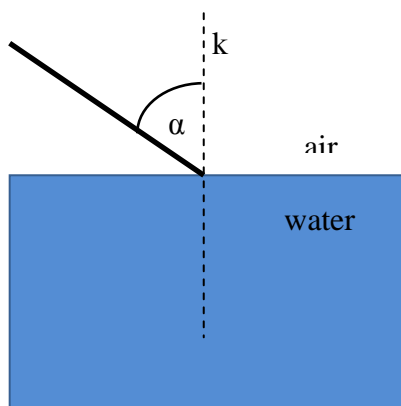
<http://watchingtheworldwakeup.blogspot.cz/2008/08/how-rainbow-works.html>

# RAINBOW, LIGHT - WORKSHEET

Choose the correct answer:

- Which of the following is seen by reflected light?
  - A candle
  - A star
  - The Moon
  - An electric lamp
- Which of the following gives out light?
  - A mirror
  - The Moon
  - White paint
  - A star
- Which of the following times will it take for light to come to our eyes from sunlight reflected off the moon?
  - 8,5 minutes
  - 1,3 seconds
  - 1/100 000 of a second
  - 4,3 years
- Which of the following statements about colour is NOT true?
  - An object looks black in white light because it reflects red, green and blue light.
  - An object looks red in white light because it absorbs blue and green light.
  - An object looks white in white light because it reflects red, green and blue light.
  - A green filter produces green light because it absorbs red and blue light.
  - A blue object looks black in red or green light because it absorbs red or green light.
- Materials that allow light to pass but through which object cannot be clearly seen are said to be
  - Transparent
  - Opaque
  - Translucent
- Materials through which object can be seen clearly are said to be
  - Transparent
  - Opaque
  - Translucent
- Light from the sun takes about ..... minutes to reach the earth.
  - 8
  - 6
  - 4
- Light always travels in straight lines
  - True
  - False
- A reflection of a surface that is not smooth is called a
  - Diffuse reflection
  - Sharp reflection
  - Total internal reflection
- The higher the optical density of something, the ..... a time light has getting through it
  - Harder
  - Easier
  - Faster
- The optical density is known as the
  - Index of reflection
  - Index of incidence
  - Index of refraction
- The reason things appear to be colour is because they .....that colour of light.
  - Absorb
  - Reflect
  - Project
- The range of colours we can see is called
  - Infrared
  - Ultraviolet
  - The visible spectrum
- The order of colours in the spectrum is
  - ROYGBIV
  - VIBGYOR
  - RGBYOVI
- Wavelengths of light are measured in
  - picometers
  - nanometers
  - micrometers
- The primary colours are
  - cyan, magenta, and yellow
  - red, green, and blue
  - black and white
- Ultraviolet light is used in
  - black lights
  - lasers
  - lightsabers
- All objects with white colour
  - absorbs all light
  - deflects all light
  - reflects all light

19. Draw the refracted ray:



20. Fill in the table

| Wavelength (nm) | Frequency ( $10^{12}$ Hz) | COLOUR        |
|-----------------|---------------------------|---------------|
| 390 – 455       |                           |               |
| 455 – 492       |                           |               |
|                 |                           | <b>GREEN</b>  |
|                 | 503 - 520                 |               |
|                 |                           | <b>ORANGE</b> |
|                 |                           | <b>RED</b>    |

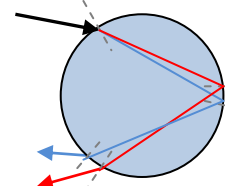
21. The rainbow:

When white sunlight is intercepted by a drop of water in the atmosphere, some of the light..... into the drop. The water represents a medium with ..... optical density than the surrounding air.

Light waves refracts when they cross over the boundary from ..... to the water. The decrease in speed upon entry of light into a water droplet causes a bending of the light ..... the normal.

The light is then reflected off the drop's ..... and passes back into the air again, in the process being further refracted.

The first refraction separate the white sunlight into its ..... components, the second refraction ..... the separation.

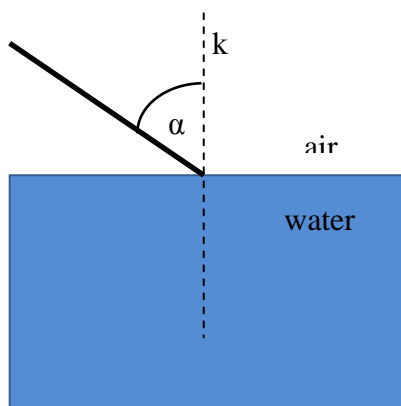


# DUHA, SVĚTLO – PRACOVNÍ LIST

Z nabízených možností vyberte jednu správnou odpověď.

- Který z následujících objektů je pozorovatelný díky odrazu světla?
  - Svíčka
  - Hvězda
  - Měsíc
  - Elektrická lampa
- Který z následujících předmětů je zdrojem světla?
  - zrcadlo
  - Měsíc
  - Bílé plátno
  - hvězda
- Jak dlouho trvá světlu odraženému od povrchu Měsíce než dorazí k našim očím?
  - 8,5 min
  - 1,3 s
  - 1/100 000 s
  - 4,3 let
- Které z následujících tvrzení o barvě není pravdivé?
  - Předmět má v bílém světle černou barvu, protože odráží červené, zelené a modré světlo.
  - Předmět má v bílém světle bílou barvu, protože odráží červené, zelené a modré světlo.
  - Zelený filtr vytvoří zelenou, protože absorbuje červené a modré světlo.
  - Modrý předmět má v červeném nebo zeleném světle černou barvu, protože pohlcuje červené nebo zelené světlo.
- Látky, které propouští světlo, ale objekty přes ně nejsou jasně viditelné, se nazývají
  - průhledné
  - neprůhledné
  - průsvitné
- Materiál, přes který je předmět jasně viditelný, je
  - průhledný
  - neprůhledný
  - průsvitný
- Slunečnímu trvá okolo ..... minut než dorazí ze Slunce na Zemi.
  - 8
  - 6
  - 4
- Světlo se šíří přímočaře
  - pravda
  - nepravda
- Odraz od povrchu, který není hladký, se nazývá
  - Rozptýlený odraz
  - Ostrý odraz
  - Totální odraz
- Čím vyšší je optická hustota prostředí, tím ..... je průchod světla skrz toto prostředí.
  - Těžší
  - snadnější
  - rychlejší
- Optická hustota prostředí souvisí s
  - Indexem odrazu
  - Indexem dopadu
  - Indexem lomu
- Důvodem, proč se tělesa jeví barevně, je..... této barvy spektra.
  - Absorpce
  - odraz
  - Promítnutí
- Rozsah viditelného světla se nazývá
  - Infračervené
  - Ultrafialové
  - Viditelné spektrum
- Pořadí barev ve spektru je následující:
  - ČOŽZMIF
  - FIMZZOČ
  - ČZMŽOFI
- Vlnová délka světla se určuje v
  - pikometrech
  - nanometrech
  - mikrometrech
- Mezi základní barvy patří
  - Tyrkysová, perpuřová a žlutá
  - Červená, zelená a modrá
  - Černá a bílá
- UV záření se využívá v/ve
  - černých světlech
  - laserech
  - světelných mečích
- Všechny bílé předměty
  - Pohlcují veškeré světlo
  - Vychýlí veškeré světlo
  - odrážejí veškeré světlo

19. Dokreslete lomený paprsek:



20. Doplňte tabulku.

| Vlnová délka (nm) | frekvence ( $10^{12}$ Hz) | barva           |
|-------------------|---------------------------|-----------------|
| 390 – 455         |                           |                 |
| 455 – 492         |                           |                 |
|                   |                           | <b>zelená</b>   |
|                   | 503 - 520                 |                 |
|                   |                           | <b>oranžová</b> |
|                   |                           | <b>červená</b>  |

21. Duha:

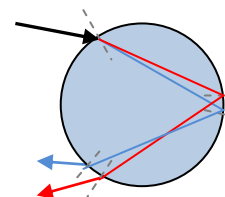
Při dopadu bílého slunečního světla na vodní kapku v atmosféře dochází k tomu, že se část světelných paprsků..... |Voda představuje opticky ..... prostředí než je okolní vzduch.

Při přechodu světelných vln ze ..... do vody dochází k jejich lomu.

Při lomu světla dochází ke snížení rychlosti světelných vln a k lomu ..... $k$ .

Následně je světlo odraženo od ..... kapky a při přechodu zpět do vzduchu dochází opět k jeho lomu.

V průběhu prvního lomu bílého světla dochází k rozkladu na jednotlivé ..... , druhý lom ..... mezi směry jednotlivých barevných složek.





# HUMAN EYE – STRUCTURE OF THE HUMAN EYE

The human eye is the organ which gives us the sense of sight, allowing us to observe and learn more about our surrounding world. The eye allows us to see and interpret the shapes, colours and dimensions of objects in the world by processing the light they reflect or emit. The eye is able to detect bright light or dim light, but it cannot sense objects when light is absent.

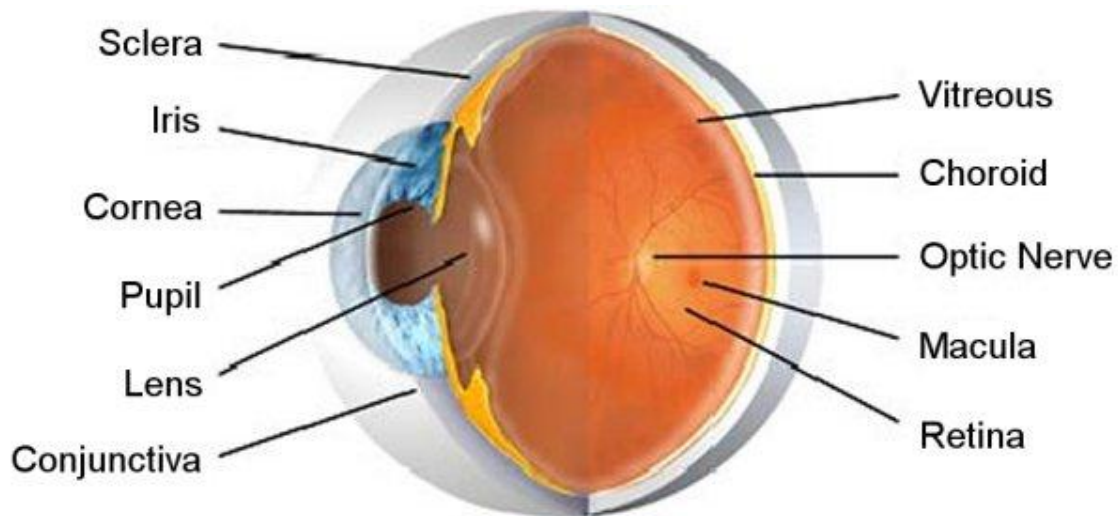
In this worksheet we will describe the structure of the eye and explain the process of vision.

## The structure of the eye

The human eye is equipped with a variety of optical components including the cornea, iris, pupil, aqueous and vitreous humours, a variable-focus lens, and the retina. Together, these elements work to form images of the objects that fall into the field of view for each eye.

The eye is almost spherical in shape, with a diameter of about 2.5 cm.

The eye is essentially an opaque eyeball filled with a water-like fluid.



[http://www.tedmontgomery.com/the\\_eye/index.html](http://www.tedmontgomery.com/the_eye/index.html)

A tough white sheet called sclera covers the outside of the eye. Front of this sheet (sclera) is transparent in order to allow the light to enter the eye, the cornea.

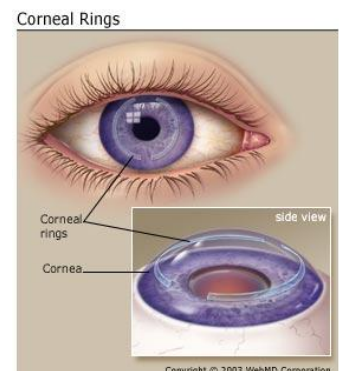
### The sclera

The outside covering of the eye is a protective envelope of leathery connective tissue known as the sclera. This is the white coating on the outside of the eyeball, commonly known as the white of the eye. It completely envelops the globe except at the front of the eye and maintains the shape of the globe. It also provides a firm anchorage for the extra ocular muscles that control the eye's movement.

In the front of the eyeball is a transparent opening known as the cornea.

### The cornea

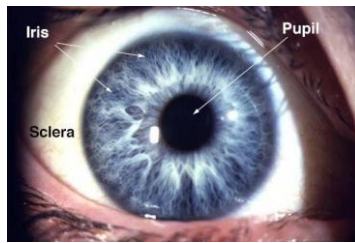
The cornea is a transparent structure found in the very front of the eye that helps to focus incoming light. The cornea is a thin membrane that has an index of refraction of approximately 1.38. The cornea has the dual purpose of protecting the eye and refracting light as it enters the eye.



<http://www.webmd.com/eye-health/cornea-symptoms-treatments>

### The pupil

The pupil is the black hole in the middle of the eyeball. Its black appearance is attributed to the fact that the light that the pupil allows to enter the eye is absorbed on the retina (and elsewhere) and does not exit the eye. Thus, as you sight at another person's pupil opening, no light is exiting their pupil and coming to your eye; subsequently, the pupil appears black. The size of the pupil opening can be adjusted by the dilation of the iris.



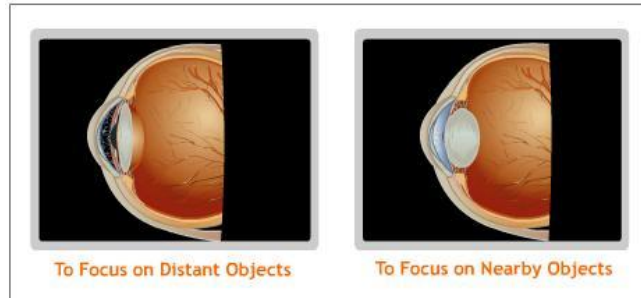
[http://www.bioconsulting.com/Bio\\_Tech\\_Assessment.html](http://www.bioconsulting.com/Bio_Tech_Assessment.html)

**The iris**

The iris is a coloured ring-shaped membrane. The iris is the part of the eye that gives it colour. The iris has an adjustable circular opening called the pupil, which can expand or contract depending on the amount of light entering the eye.

**The lens**

Light entering the pupil falls onto the lens of the eye where it is altered before passing through to the retina. The lens is a transparent, biconvex structure, encased in a thin transparent covering.



<http://www.tutorvista.com/content/science/science-ii/human-eye-colourful-world/power-accommodation.php#>

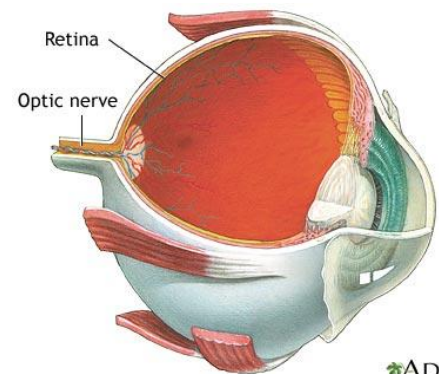
**Aqueous humor**

The interior chamber of the eyeball is filled with a jelly-like tissue called the vitreous humor. After passing through the lens, light must travel through this humor before striking the sensitive layer of cells called the retina.

**The retina**

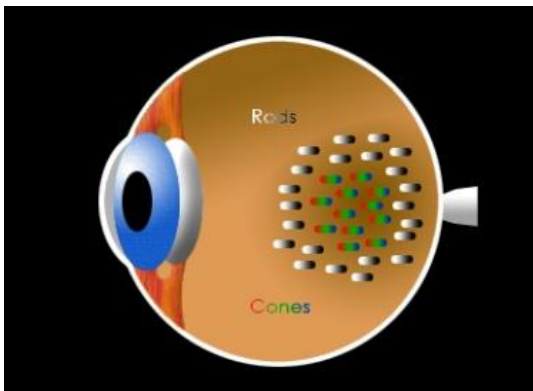
The retina contains the rods and cones that serve the task of detecting the intensity and the frequency of the incoming light. An adult eye is typically equipped with up to 120 million rods that detect the intensity of light and about 6 million cones that detect the frequency of light.

When light strikes either the rods or the cones of the retina, it's converted into an electric signal that is relayed to the brain via the optic nerve. The brain then translates the electrical signals into the images we see.

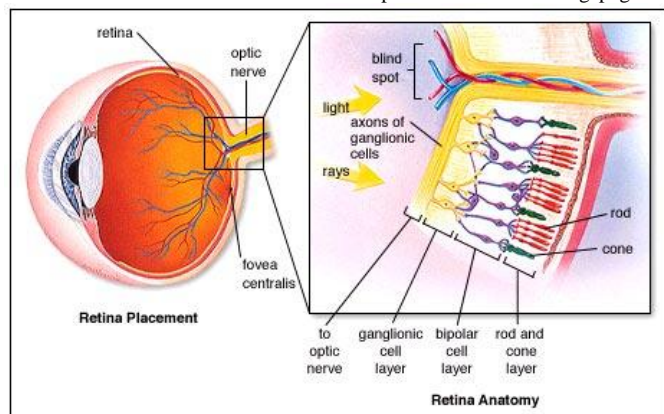


ADAM

<http://www.umm.edu/imagepages/9695.htm>



[http://starizona.com/acb/basics/observing\\_theory.aspx](http://starizona.com/acb/basics/observing_theory.aspx)



[http://www.mhhe.com/biosci/esp/2001\\_gbio/folder\\_structure/an/m3/s3/anm3s3\\_4.htm](http://www.mhhe.com/biosci/esp/2001_gbio/folder_structure/an/m3/s3/anm3s3_4.htm)

# STAVBA LIDSKÉHO OKA

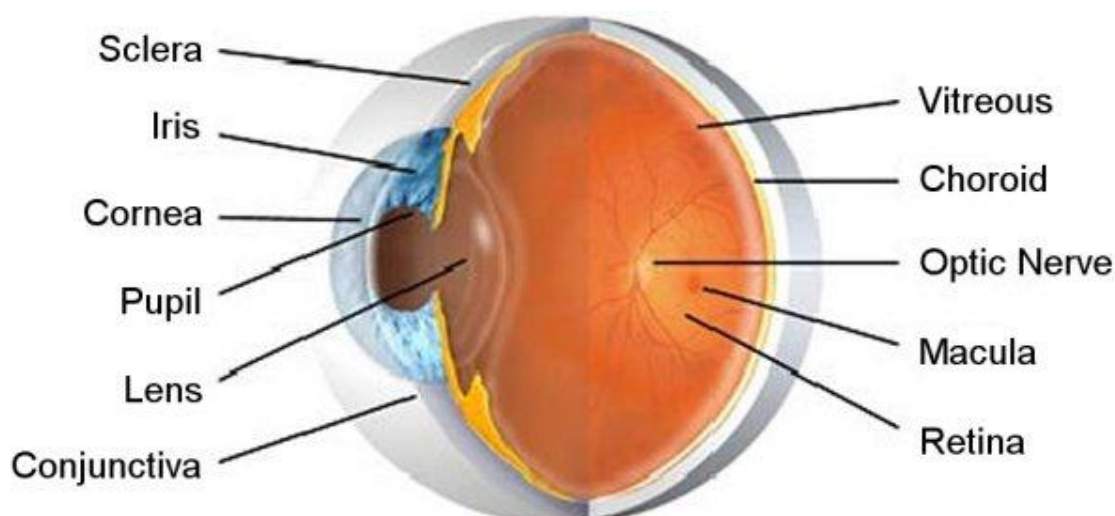
Lidské oko je orgán, díky kterému můžeme využívat další z lidských smyslů – zrak. Umožňuje nám pozorovat a naučit se více o okolním světě. Oko nám umožňuje díky odraženým resp. pohlceným paprskům pozorovat a rozeznávat jednotlivé tvary, barvy a rozměry těles. Oko nám umožňuje pozorovat předměty za jasného světla nebo i za slabého světla. Předměty ale nelze pozorovat za úplné absence světla, ve tmě. V následujících pracovních listech si popíšeme stavbu oka a vysvětlíme princip vidění.

## Stavba lidského oka

Lidské oko se skládá z mnoha optických částí. Patří mezi ně rohovka, duhovka, zornice, sklivec, sítnice a další. Dohromady umožňují tyto části vytvářet v oku pozorovaných předmětů.

Oko má přibližně tvar koule o průměru asi 2,5 cm.

Je téměř neprůhledné a vyplněné kapalinou.



[http://www.tedmontgomery.com/the\\_eye/index.html](http://www.tedmontgomery.com/the_eye/index.html)

Vnější část oka je tvořena tuhým bílým obalem, který se nazývá bělima. Přední část bělimy je průhledná a umožňuje vstup světelných paprsků na rohovku.

### Bělima

Bělima je vnějším ochranným obalem z tuhé vazivové tkáně. Bělima má bílou barvu a oko zcela obklopuje až na jeho přední část a udržuje tvar oka. Bělima také umožňuje pevné ukotvení okoohybných svalů, které ovládají pohyb oka. V přední části oka se nachází průhledný otvor známý jako rohovka.

### Rohovka

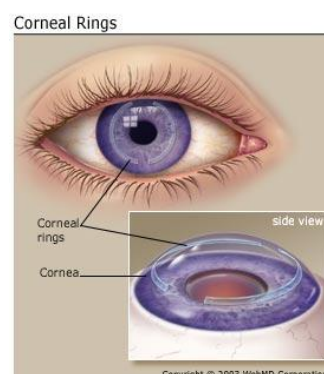
Rohovka je průhledná vrstva, která se nachází v přední části oka a pomáhá zaostřit dopadající světlo. Rohovka je tenká membrána, která má index lomu asi 1.38. Rohovka plní dva úkoly. 1. Ochranu očí, 2. Při průchodu světla do oka, světlo láme.

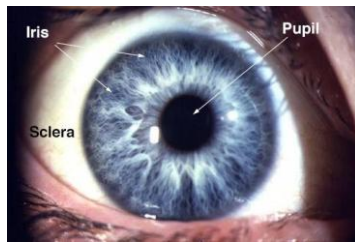
<http://www.webmd.com/eye-health/cornea-symptoms-treatments>

### Zornice

Zornice je černý kruh uprostřed oční koule. Zornice má černou barvu protože všechno světlo, které prochází zornicí do oka, dopadá až na sítnici a neopouští oko.

Pokud se podíváte na zornici jiného člověka, neopouští jeho oko žádné světlo a zornice se jeví černá. Velikost zornice lze měnit pomocí dilatace duhovky..





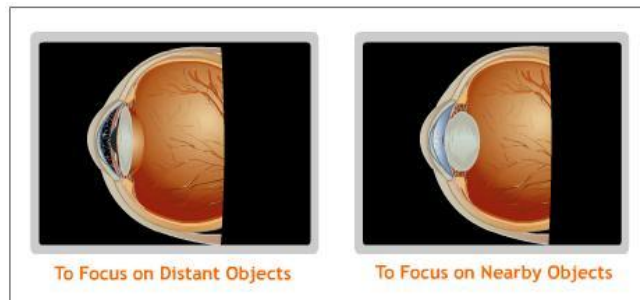
[http://www.bioconsulting.com/Bio\\_Tech\\_Assessment.html](http://www.bioconsulting.com/Bio_Tech_Assessment.html)

### Duhovka

Duhovka je barevný prstenek ve tvaru membrány. Duhovka je ta část oka, která určuje jeho barvu. Uvnitř duhovky se nachází nastavitelný kruhový otvor s názvem zornice. Velikost zornice lze měnit v závislosti na množství dopadajícího světla.

### Čočka

Světlo vstupující přes zornici do oka dopadá na oční čočku. Zde je změněn chod světelných paprsků a teprve následně dopadá paprsek na sítnici. Čočka je průhledná dvojbypuklá struktura obalená tenkou průhlednou blánou.



<http://www.tutorvista.com/content/science/science-ii/human-eye-colourful-world/power-accommodation.php#>

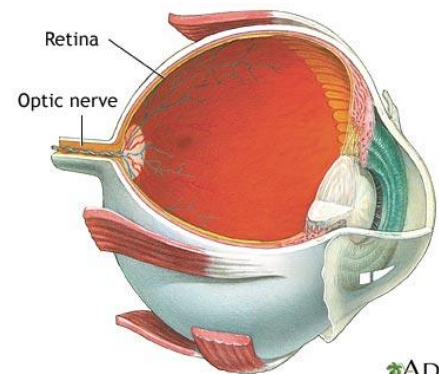
### Sklivec

Vnitřní prostor oční bulvy je vyplněn rosolovitou hmotou zvanou sklivec. Po průchodu čočkou prochází světlo skrz sklivec a teprve poté dopadá na sítnici oka.

### Sítnice

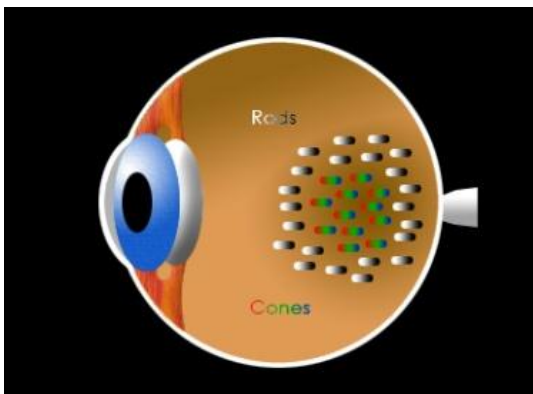
Sítnice oka obsahuje tyčinky a čípky, které slouží k rozpoznání intenzity a frekvence světla. Dospělé oko je obvykle obsahuje až 120 milionů tyčinek, které zachycují intenzitu světla, a asi 6 milionů čípků, které zachycují frekvenci světla – barvu.

Jakmile světlo dopadne na sítnici oka, na tyčinky nebo čípky, je přeměněno na elektrický impuls, který je odvezen do mozku zrakovým nervem. Mozek přemění elektrické impulzy na obrázky, které vidíme.

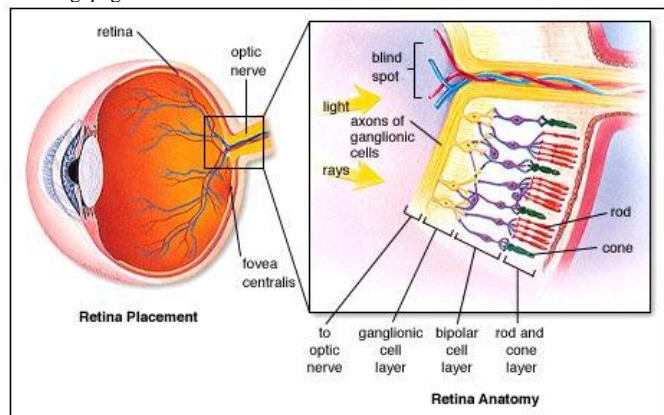


ADAM

<http://www.umm.edu/imagepages/9695.htm>



[http://starizona.com/acb/basics/observing\\_theory.aspx](http://starizona.com/acb/basics/observing_theory.aspx)



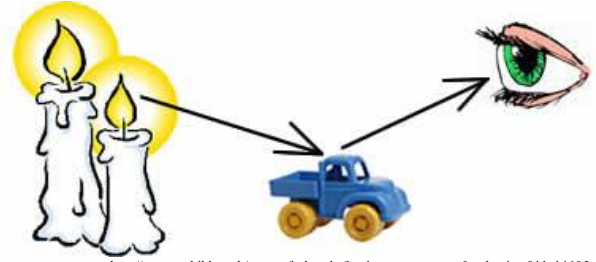
[http://www.mhhe.com/biosci/esp/2001\\_gbio/folder\\_structure/an/m3/s3/annm3s3\\_4.htm](http://www.mhhe.com/biosci/esp/2001_gbio/folder_structure/an/m3/s3/annm3s3_4.htm)

# HUMAN EYE – PROCESS OF VISION

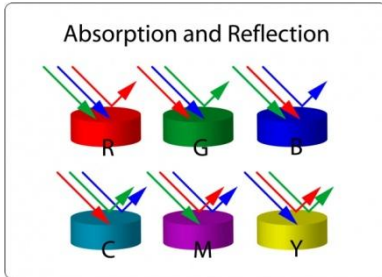
We are able to see things when light from a light source enters our eyes.

We are able to see objects that are not light sources because the light is reflected from them. So the light leaves a light source, hits an object and is reflected into our eyes - so we can see the object.

Some materials reflect light - light bounces off them - but some materials absorb light. The more light an object reflects the brighter it will appear to be.



[http://www.gtchild.co.uk/content/index.php?option=com\\_content&task=view&id=146&Itemid=66](http://www.gtchild.co.uk/content/index.php?option=com_content&task=view&id=146&Itemid=66)

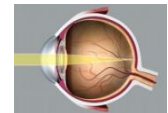


<http://www.pixiq.com/article/Why%20We%20See%20the%20Colors%20We%20See>

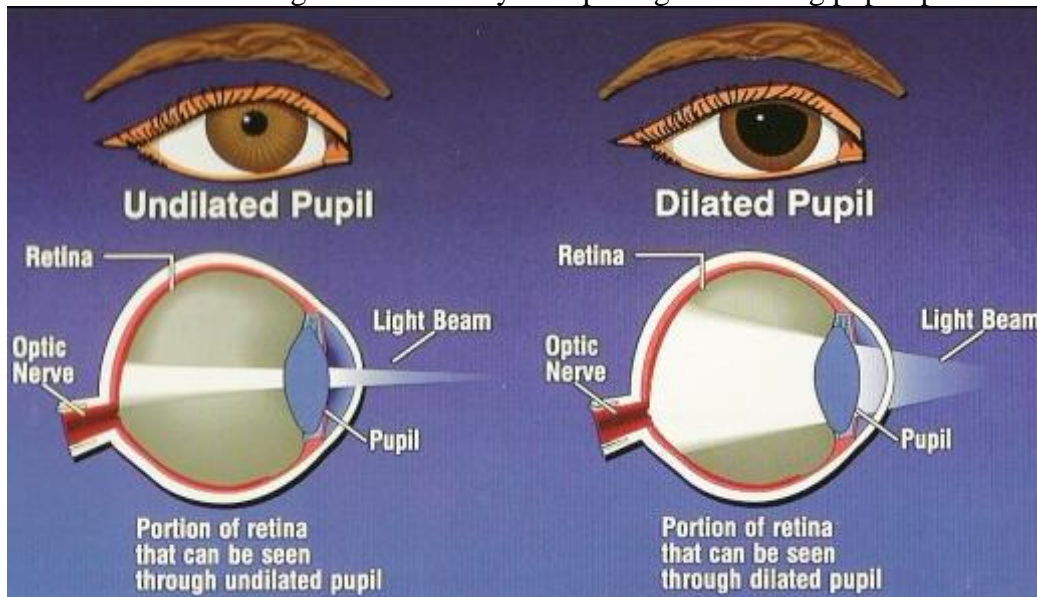
Mirrors reflect light really well, light bounces off the shiny surface into your eyes.

Black objects do not reflect any light - light does not bounce off the surface - they absorb light and appear dark or dull. The more light an object absorbs the darker it will appear to be.

As light enters the eye, it first passes through the cornea. Most of the refraction of light occurs here. The refractive index of the cornea is 1,37 (index of refraction of the air is 1,00).



The eye can control the amount of light that enters by the opening and closing pupil aperture using the iris.



<http://trialx.com/curebyte/2012/08/26/pupil-dilation-photos-and-a-listing-of-clinical-trials/>

After passing through the cornea, light enters and refracts through the lens of the eye. The lens has a refractive index of 1,44.

## Accommodation

The term accommodation refers to the ability of the eye lens to change its focal length. This is done by contraction of the ciliary muscle.

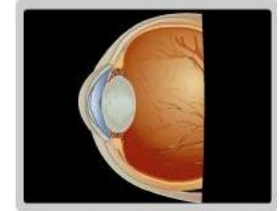
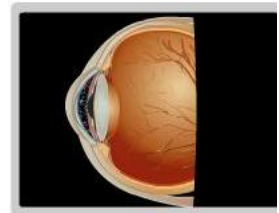
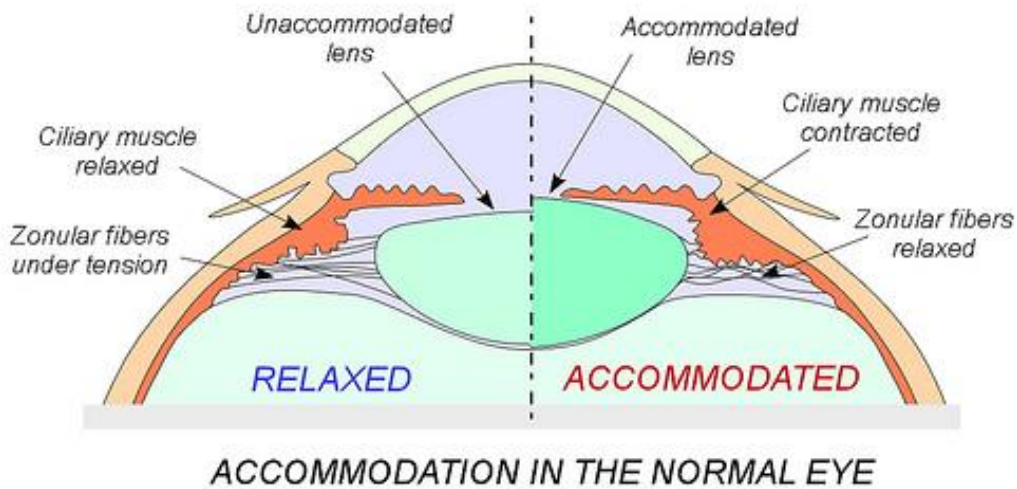
The function of the lens is to refract and focus incoming light onto the retina for processing. The crystalline lens is made of layers of a fibrous material that has an index of refraction of roughly 1.40.

The lens is attached to the ciliary muscles. These muscles relax and contract in order to change the shape of the lens.

When this ciliary muscle is

- a) **relaxed**, its diameter increases and the lens is flattened;
- b) **contracted**, its diameter is reduced and the lens becomes more spherical.

These changes enable the eye to adjust its focus between far objects and near objects.



[http://www.bme.miami.edu/laboratories\\_homepage/biomedical\\_atomic\\_force\\_microscopy\\_laboratory/current-projects.html](http://www.bme.miami.edu/laboratories_homepage/biomedical_atomic_force_microscopy_laboratory/current-projects.html)

The nearest distance at which an object can be seen clearly is called **the near point of the eye**. For a normal healthy eye, this distance is about 25 cm.

**The far point** is the furthest distance the eye can focus on clearly. For a normal healthy eye, this is infinity.

### Rods, cones

The retina is covered with light-sensitive cells that record the arrival of light. There are two different types of cells on the retina, called rods and cones. Light reaching the rods and cones is converted into electrical signal in nerve fibres attached to these cells. The electrical is transmitted to the brain by the optic nerve.

### Fovea

Close to the beginning of the optic nerve is an area called the fovea. It is a spot of a diameter of about 0,25 mm, where vision is exceptionally acute. The fovea is filled with cones, each connected to a different nerve fibre.

<http://myeyepage.weebly.com/fovea-centralis.html>

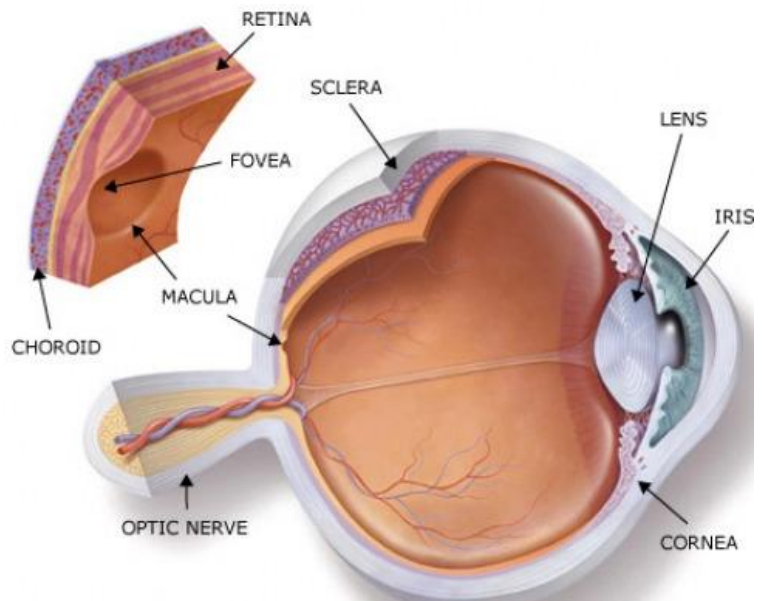
The distribution of rods and cones is not constant along the surface of the retina. At the fovea we

have many cones but no rods. The rods are mainly found at the edges of the retina.

There are major differences in the functioning of the rods and the cones.

The rods have different responses to different wavelengths of light. They are also sensitive to light of low intensity, because many different rods are connected to the same nerve fibre.

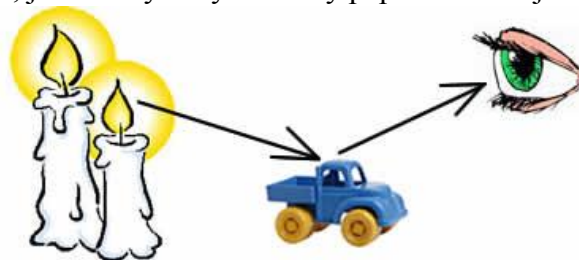
The cones are sensitive to different colours. There are three types of cone, each sensitive to different colour. The cones are only sensitive when the intensity of light is high (bright light). This is why in the dark it is not possible to distinguish colours.



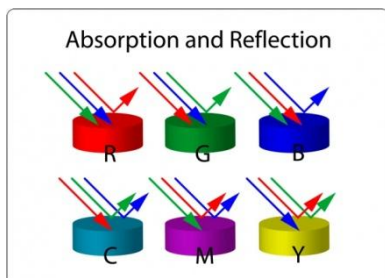
# LIDSKÉ OKO – PROCES VIDĚNÍ

Člověk může pozorovat předměty, které jsou zdrojem světla, jestliže vyslaný světelný paprsek směřuje do oka. Můžeme také pozorovat předměty, které nejsou přímým zdrojem světla, ale od kterých se světelný paprsek odrazí.

Některé materiály světlo odrážejí, některé jej naopak pohlcují. Čím více světla materiál odrazí, tím světlejší se jeví.



[http://www.gtchild.co.uk/content/index.php?option=com\\_content&task=view&id=146&Itemid=66](http://www.gtchild.co.uk/content/index.php?option=com_content&task=view&id=146&Itemid=66)

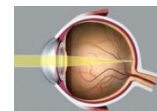


Velmi dobře odrážejí světlo zrcadla, světlo se poté odrazí od lesklého povrchu do očí.

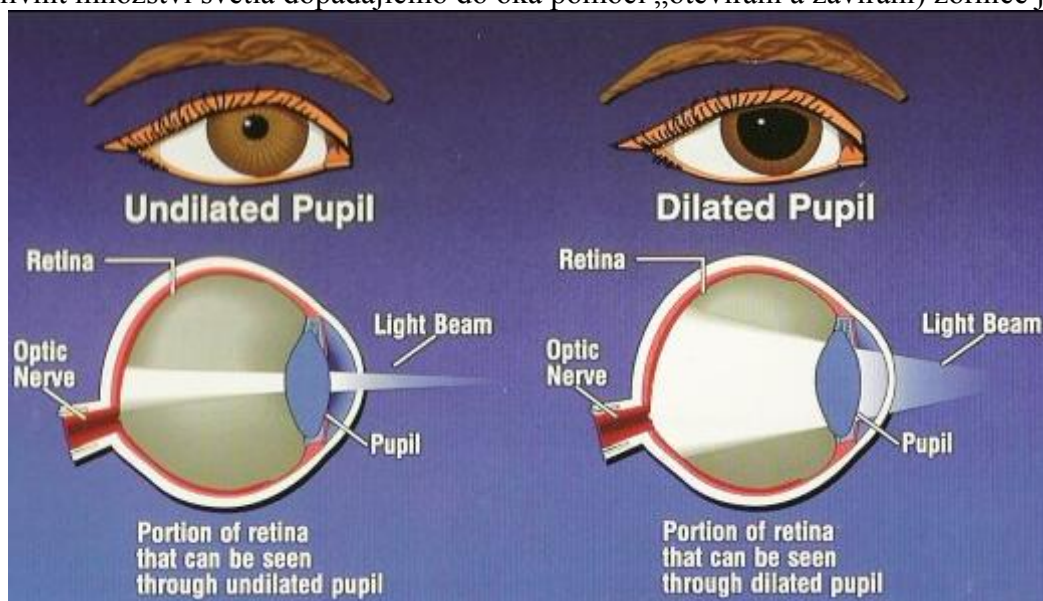
Naopak černé předměty neodrážejí žádné světlo – světlo není odraženo od jejich povrchu, ale naopak je pohlceno – mají matnou nebo tmavou barvu. ČIM VÍCE SVĚTLA TĚLESO POHLTÍ, TÍM TMAVŠÍ SE JEVI.

<http://www.pixiq.com/article/Why%20We%20See%20the%20Colors%20We%20See>

Jakmile světlo vstoupí do oka, prochází nejprve přes rohovku. Nejvíce se světlo láme právě zde. Index lomu rohovky je 1,37 (index lomu vzduchu je 1,00).



Oko může ovlivnit množství světla dopadajícího do oka pomocí „otevírání a zavírání“ zornice jako clony..



<http://trialx.com/curebyte/2012/08/26/pupil-dilation-photos-and-a-listing-of-clinical-trials/>

po průchodu rohovkou světlo vstupuje do oční čočky a zde se opět láme. Čočka má index lomu 1,44.

## Akomodace oka

Termín akomodace oka je spojen se schopností oční čočky měnit její ohniskovou vzdálenost. To je umožněno kontrakcí svalu.

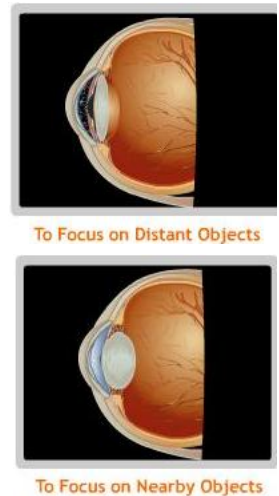
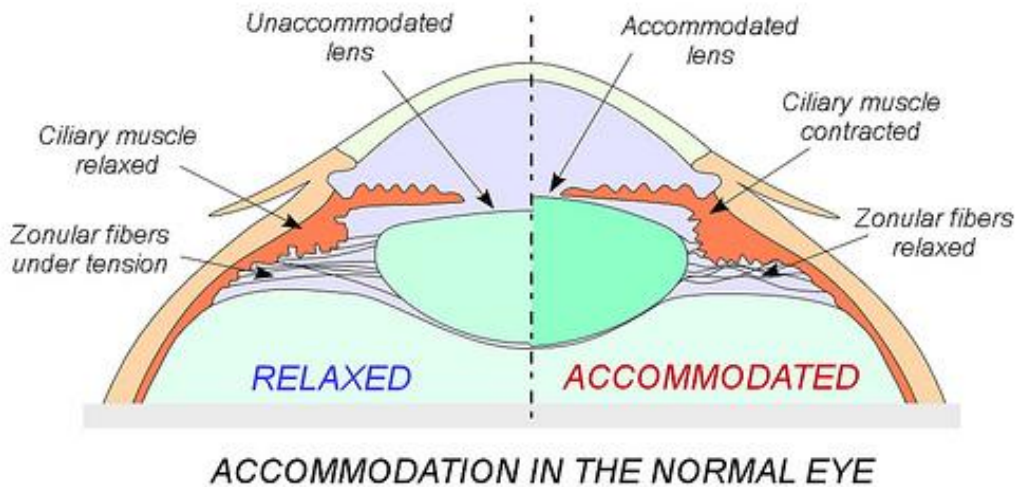
Funkce čočky spočívá v lomu světla a jeho zaostření na sítnici oka, kde se zpracovává. Krystalická čočka je vyrobena z vrstev vláknitého materiálu, který má index lomu asi 1.40.

Čočka je připojena k pružným svalům, které svou kontrakcí umožňují měnit tvar čočky.

Svaly jsou

- a) **uvolněné**, ohnisková vzdálenost roste a čočka je plochá;
- b) **v napětí**, ohnisková vzdálenost se zmenšuje, čočka je více zaoblená

Tato schopnost umožňuje oku zaostření mezi oku vzdálenými a blízkými předměty.



[http://www.bme.miami.edu/laboratories\\_homepage/biomedical\\_atomic\\_force\\_microscopy\\_laboratory/current-projects.html](http://www.bme.miami.edu/laboratories_homepage/biomedical_atomic_force_microscopy_laboratory/current-projects.html)

Nejbližší bod oku, který může oko ještě vidět ostře a přitom se minimálně namáhá, se nazývá **blízký bod oka**. Pro zdravé oko je jeho vzdálenost maximálně 25 cm.

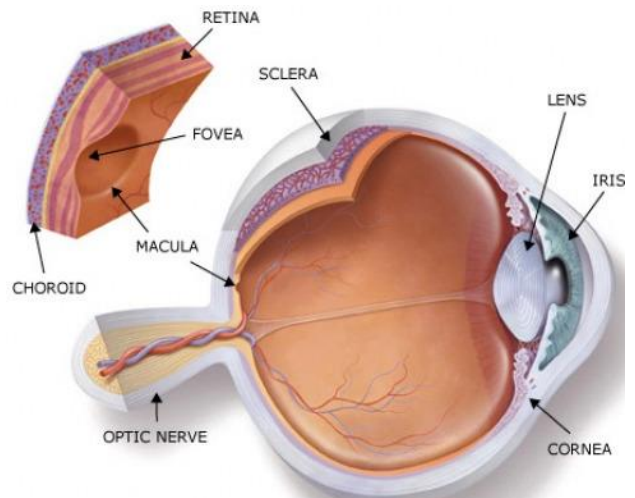
**Vzdálený bod oka** - největší vzdálenost, při které se pozorovaný předmět zobrazí ostře. Pro zdravé oko se nachází v nekonečnu. Jeho poloha se může s rostoucím věkem měnit.

### Tyčinky, čípky

Sítnice je pokryta citlivými buňkami, které zaznamenávají dopadající světlo. Na sítnici se nacházejí dva typy těchto buněk – tyčinky a čípky. Světlo, které dopadne na tyto buňky je dále přeměno v elektrický impuls a optickým nervem přenesen do mozku.

### Žlutá skvrna

Blízko vstupu optického nervu do oka se nachází oblast zvaná žlutá skvrna. Je to kruhová oblast o průměru asi 0,25 mm. Je to místo na oční sítnici, kde je největší hustota čípků a tedy i nejostřejší vidění. V oblasti žluté skvrny se nacházejí čípky, každý je propojen s jiným nervovým vláknem.



<http://myeyepage.weebly.com/fovea-centralis.html>

Rozložení tyčinek a čípků není konstantní na celé sítnici oka. V oblasti žluté skvrny se nachází mnoho čípků, ale žádné tyčinky. Tyčinky se nacházejí převážně na okrajích sítnice.

Ve funkci tyčinek a čípků jsou zásadní rozdíly.

Tyčinky jsou citlivé na různé vlnové délky světla. Jsou citlivé také na světlo nízké intenzity, protože ek k jednomu nervovému vlákně je jich připojeno více.

Naopak čípky umožňují vnímat barvy. Existují 3 typy čípků, každý je citlivý na jinou barvu (červená, zelená, modrá). Čípky jsou citlivé pouze na světlo vyšší intenzity – jasné světlo. To je také důvod, proč ve tmě nerozeznáváme barvy.



# VISION DISORDERS

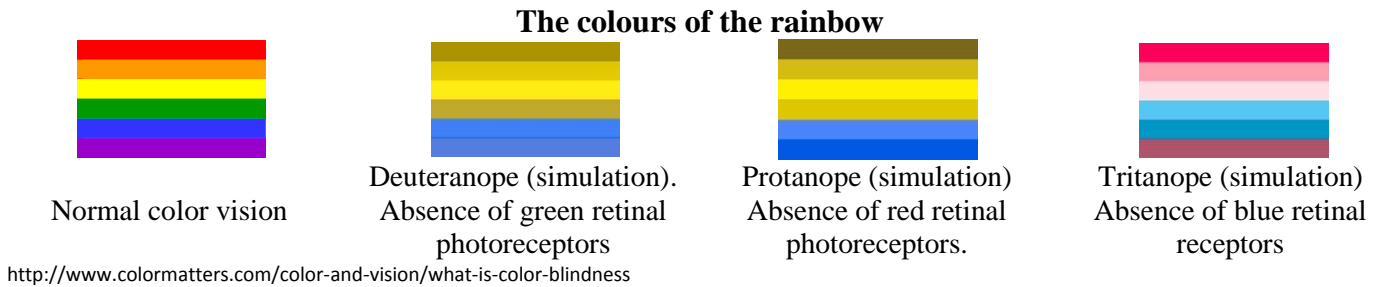
## Colour blindness

Colour-blindness is the inability to distinguish the differences between certain colours.

Complete colour blindness is rare. Colour blindness is associated with non-functioning cone cells or insufficient numbers of one or more cone cells. It can also be due to brain or nerve damage.

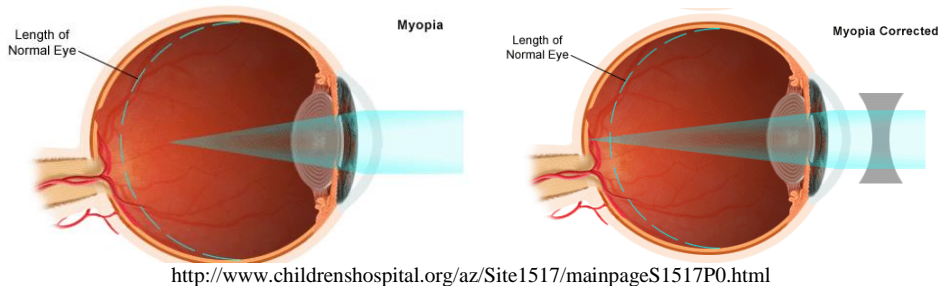
A person with colour-blindness has trouble seeing red, green, blue, or mixtures of these colours. The most common type is red-green colour-blindness, where red and green are seen as the same colour.

Here are some illustrations of the most common forms of colour-blindness:



## Myopia

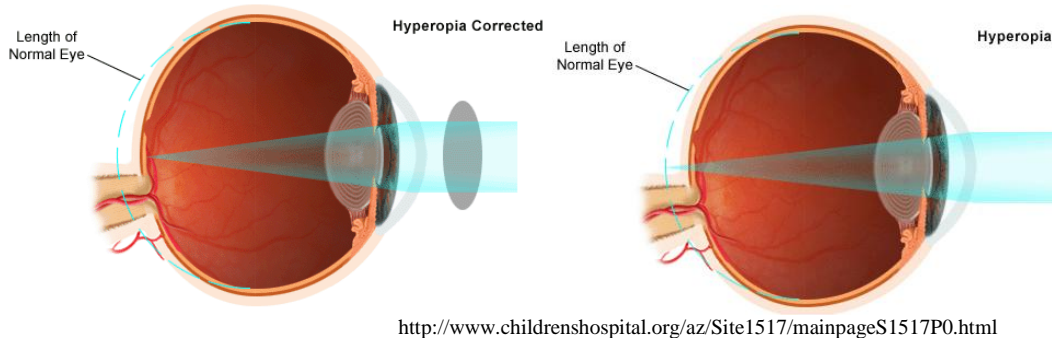
Myopia is also known as nearsightedness. The image comes into focus before the retina. Things that are near to the eye can more easily be seen. This condition can result from the eye being too long, the cornea is too round or the lens having too much focus power. A diverging lens will correct for nearsightedness.



Myopia can be corrected with eyeglasses or contact lenses.

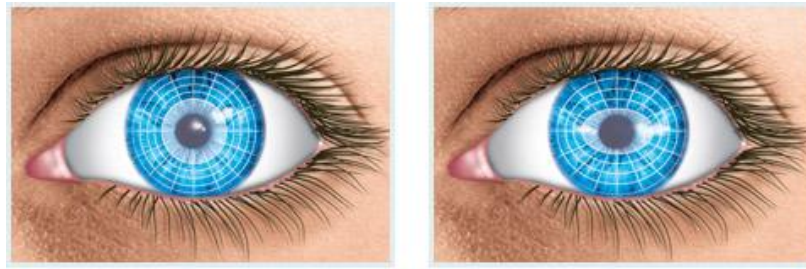
## Hyperopia

Hyperopia is also called farsightedness. The image produced by the lens and cornea comes into a focal point behind the retina. Things that are farther away can be easily seen. This results from the eye being too short, the cornea being too flat, or the focus power of the lens being too weak. A converging lens corrects for farsightedness.



# Astigmatism

The shape of the lens or cornea is irregular.

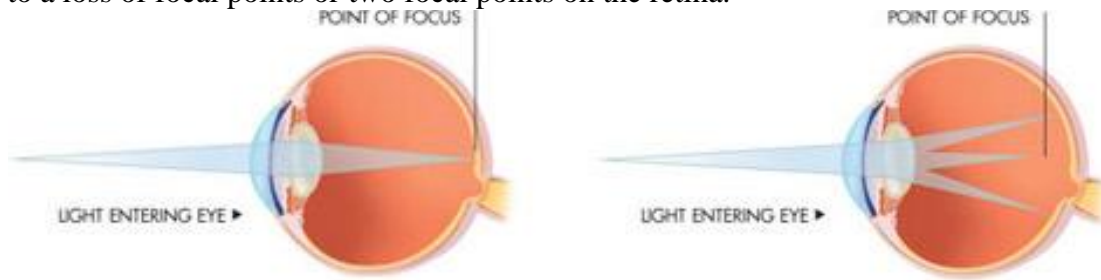


Normal Eye

Astigmatic Eye

<http://www.accuvision.co.uk/astigmatism.html>

This leads to a loss of focal points or two focal points on the retina.



Normal Eye

Astigmatic Eye

<http://www.accuvision.co.uk/astigmatism.html>

A custom ground lens made specifically for each eye will correct astigmatism.

More recently, doctors have been using surgery to correct vision problems. These surgeries employ the same physics as corrective lenses would outside the eye, only the changes are done to the cornea and lens of the eye itself.

# PORUCHY ZRAKU

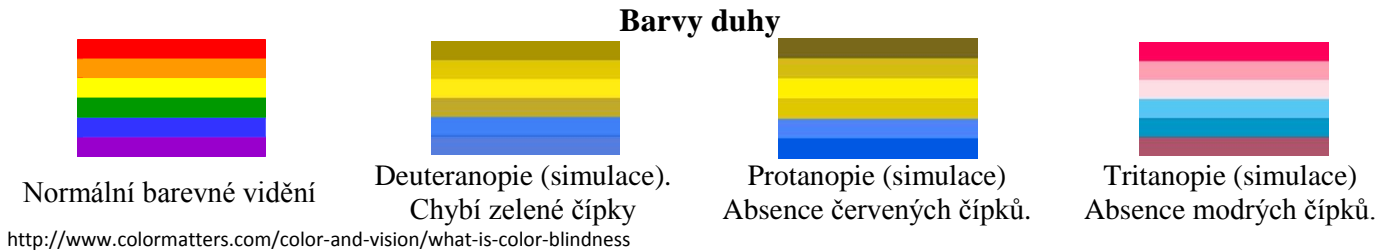
## Barvoslepost

Barvoslepost je neschopnost oka rozeznat rozdíly mezi určitými barvami.

Úplná barvoslepost se vyskytuje vzácně. Barvoslepost je spojena s poruchou funkce čípků nebo nedostatečným množstvím jednoho nebo více druhů čípků. Příčinou může být také poškození nervu nebo mozku.

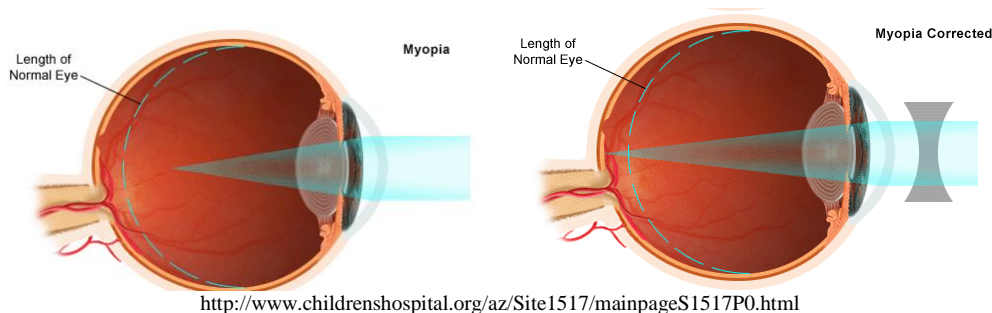
Člověk postižený barvoslepostí má potíže s vnímáním červené, zelené, modré nebo kombinací těchto barev. Nejčastěji se vyskytuje neschopnost rozeznat červenou a zelenou barvu.

Níže jsou ukázky nejběžnějších forem barvosleposti.



## Myopie

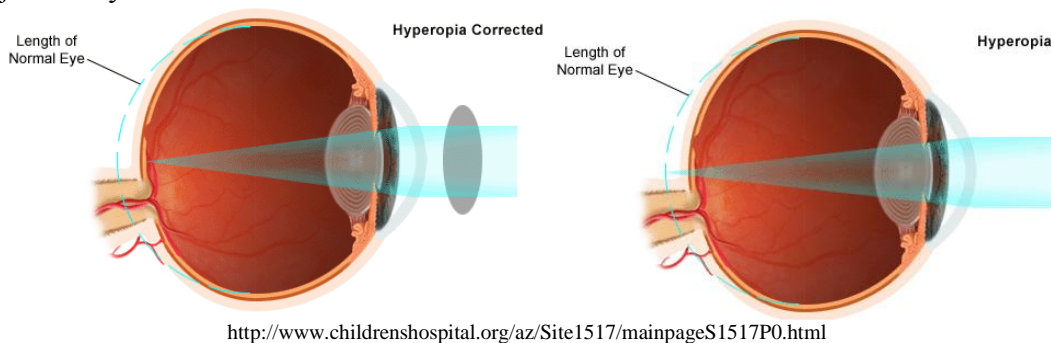
Myopie je také známa jako krátkozrakost. Obraz předmětu vzniká před sítnicí. Dobře jsou viditelné předměty, které jsou blízké oku. Tato vada může být způsobena příliš dlouhým tvarem oka, přílišným zakulacením rohovky nebo velkou optickou mohutností čočky. Pro korekci se používají rozptylky.



Korekci myopie může být použití brýlí nebo kontaktních čoček.

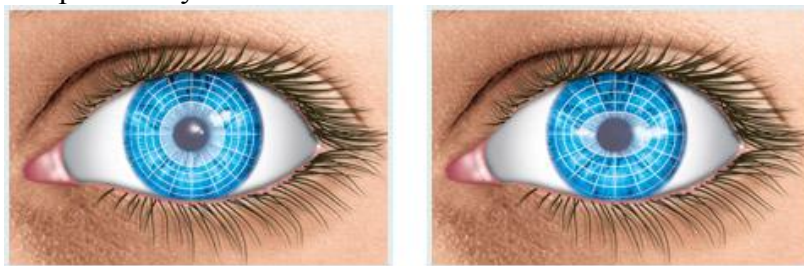
## Hypermetropie

Hypermetropie se také nazývá dalekozrakost. Obraz předmětu vytvořený čočkou vzniká v ohnisku za sítnicí. Dobře jsou viditelné předměty, které se nacházejí daleko od oka. Dalekozrakost je způsobena příliš krátkým okem, málo zaoblenou rohovkou nebo čočkou s malou optickou mohutností. Při korekci dalekozrakosti se využívají spojné čočky.



# Astigmatismus

Čočka nebo rohovka má nepravidelný tvar.

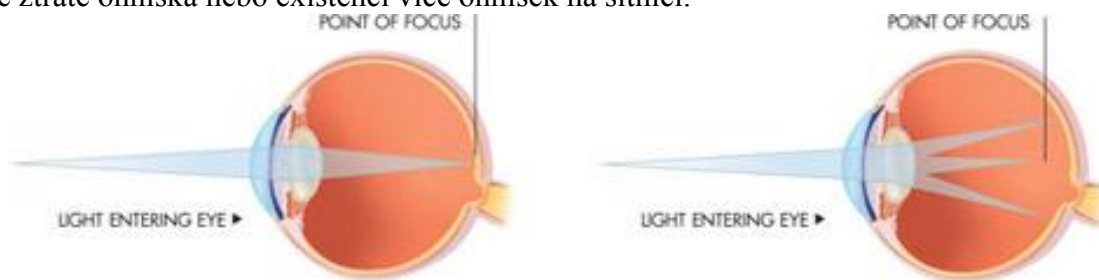


Normal Eye

Astigmatic Eye

<http://www.accuvision.co.uk/astigmatism.html>

To vede ke ztrátě ohniska nebo existenci více ohnisek na sítnici.



Normal Eye

Astigmatic Eye

<http://www.accuvision.co.uk/astigmatism.html>

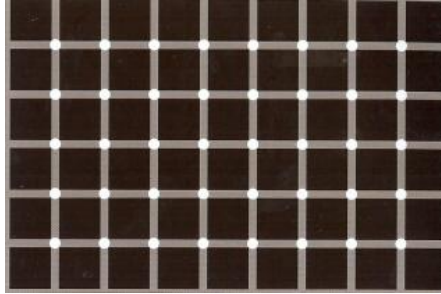
Při korekci astigmatismu se vyrábí čočky individuálně a speciálně pro každé oko.

V poslední době se při léčbě těchto očních vad využívají operační zákroky. Korekce čoček při těchto operacích využívá stejných fyzikálních principů jako korekce „mimo oko“. Ke změnám ale dochází přímo na oční čočce nebo rohovce oka..

# OPTICS – WORKSHEET

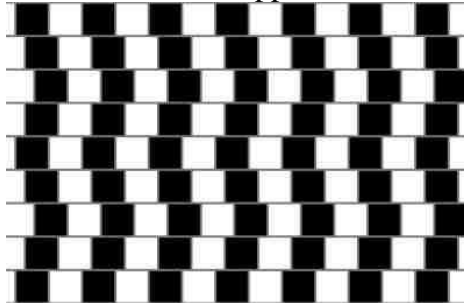
## Optical illusions

1. If you stare (below) at any one of the white circles you will notice black dots appearing and disappearing in some of the surrounding circles. But if you switch your gaze to one of these black dots it immediately turns white again and stays white. You can never catch a black dot in the act. This simple optical illusion shows in a rough way a quantum physics idea: the act of measurement affects a quantum system.



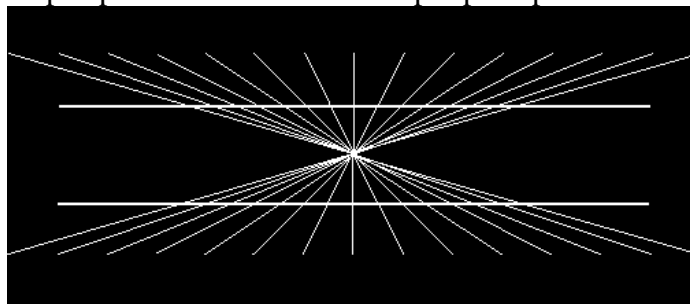
<http://rogercostello.wordpress.com/category/optical-illusion/>

2. In this illusion the parallel straight horizontal lines appear to be bent.



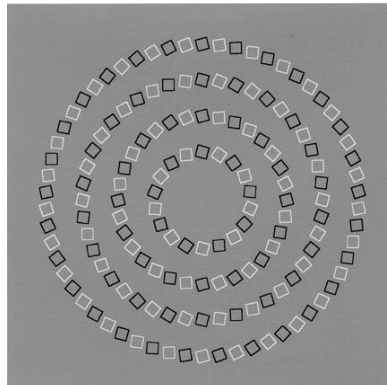
<http://brinden.com/line-illusions.htm>

3. This image suggests that the horizontal lines are bent, however, the distortion is caused by the background that simulates perspective and thus false depth perception is created.



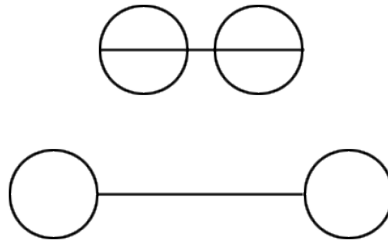
<http://brinden.com/line-illusions.htm>

4. There is no spiral on the following picture. It's just nicely put squares that our eyes incorrectly understand as spiral. Look closer.



<http://brinden.com/line-illusions.htm>

5. The lines shown in the image are of same length. It is the illusion caused by the circles that makes us believe that one line is smaller than the other.

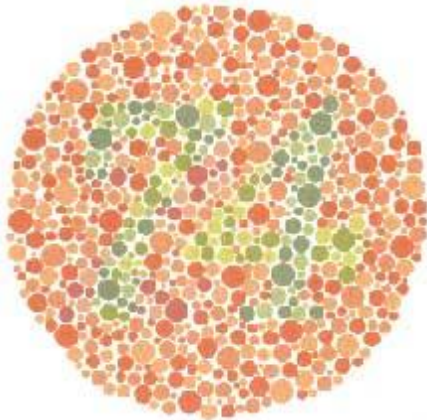


### Tests for Color-Blindness

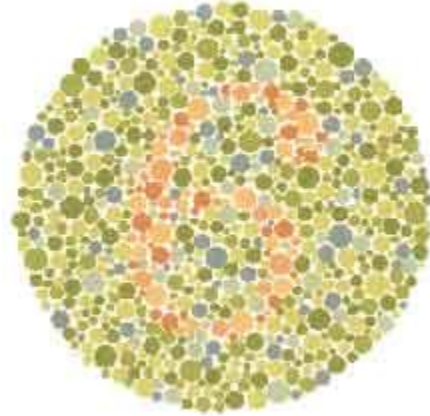
The typical test for color-blindness is based on a person's ability to see numbers inside a circle.

What number do you see?

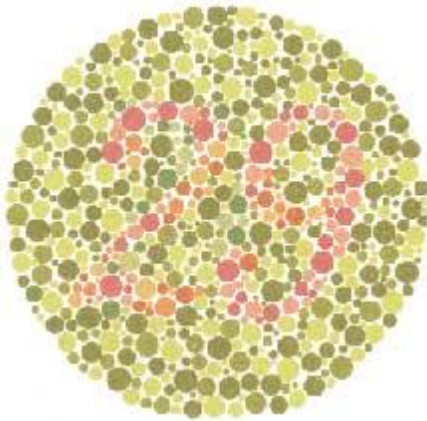
1.



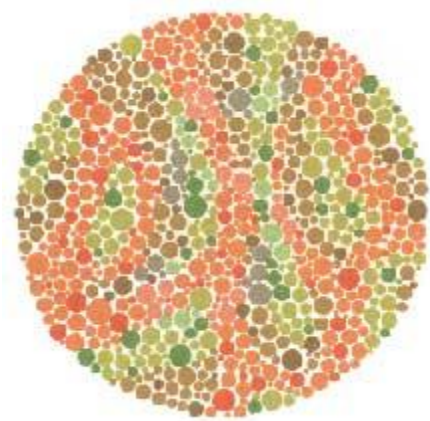
2.



3.



4.



<http://www.colormatters.com/color-and-vision/what-is-color-blindness>

Picture 1

Those with normal color vision should read the number 74.

Picture 2

Those with normal color vision should read the number 6.

Picture 3

Those with normal color vision should read the number 29.

Those with red-green deficiencies read the number 70.

Those with total color-blindness cannot read any number.

Picture 4

Those with normal color vision should not be able to read any number.

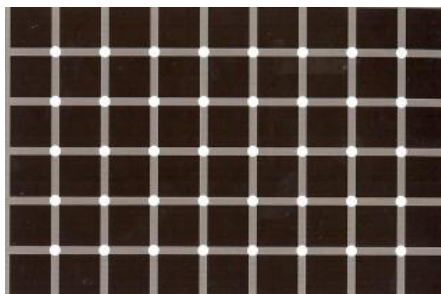
Most of those with red-green deficiencies should read the number 5.

Those with total color -blindness can not read any number.

# OPTIKA – PRACOVNÍ LIST

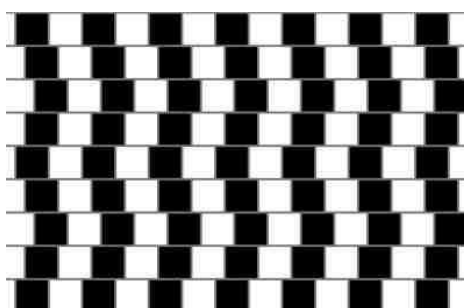
## Optické klamy

1. Pokud se dlouze zadíváte na jeden z bílých kruhů (viz níže), všimnete si, že se na místě některých objevují černé tečky. Jestliže se ale podíváte na jednu z těchto černých teček, okamžitě zbělá a zůstane bílá. Nikdy se vám nepodaří „zachytit“ černou tečku. Tento jednoduchý optický klam ukazuje myšlenku kvantové fyziky: měření ovlivňuje kvantový systém.



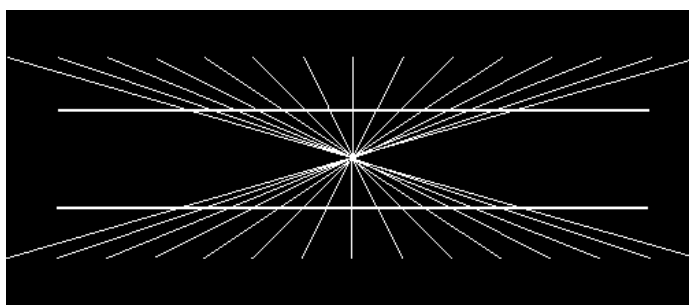
<http://rogercostello.wordpress.com/category/optical-illusion/>

2. V tomto klamu se vodorovné a rovnoběžné čáry jeví jako ohnuté křivky.



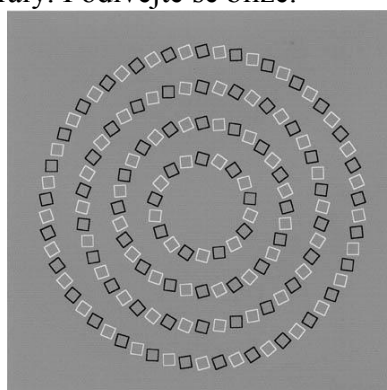
<http://brainden.com/line-illusions.htm>

3. Na tomto obrázku se vodorovné čáry jeví jako ohnuté. Zkreslení je způsobeno pozadím, které stimuluje pohled a tím je vytvořeno falešné vnímání hloubky.



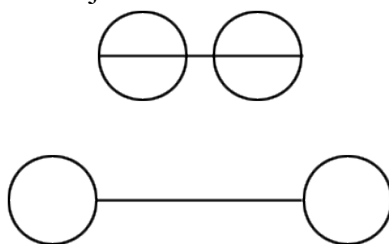
<http://brainden.com/line-illusions.htm>

4. Na následujícím obrázku není žádná spirála. Jedná se o vhodně uspořádané čtverce do kruhů, které naše oko nesprávně vnímá jako spirály. Podívejte se blíže.



<http://brainden.com/line-illusions.htm>

5. Úsečky sestrojené na obrázku mají stejné délku. Iluze je způsobena polohou kruhů, které nás klamou a nutí nás věřit, že jedna linka je kratší než druhá.

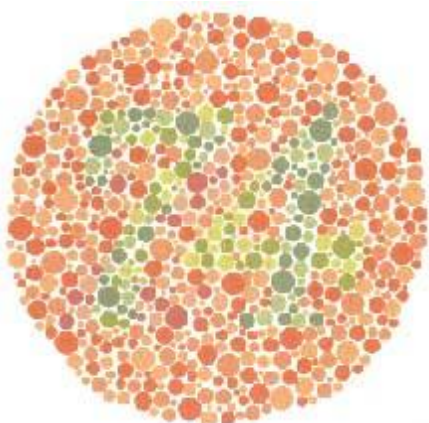


## Testy barvosleposti

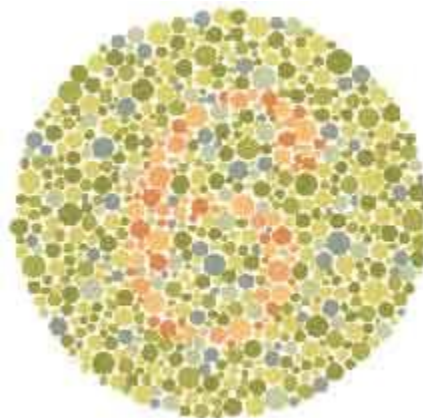
Typický test barvosleposti je založen na schopnosti člověka vidět uvnitř kruhů čísla.

**Jaké číslo vidíte?**

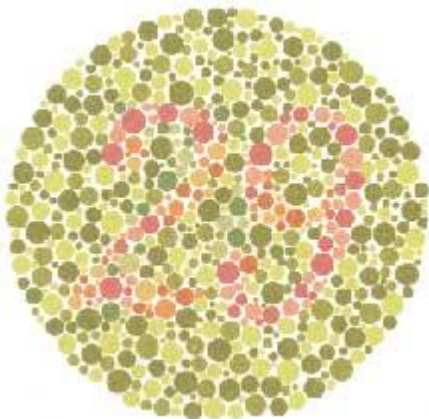
1.



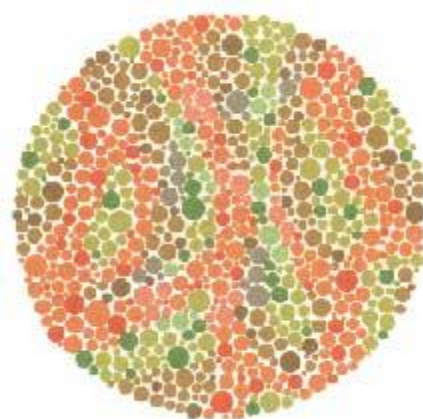
2.



3.



4.



<http://www.colormatters.com/color-and-vision/what-is-color-blindness>

1. obrázek

Lidé s normálním barevným viděním mohou vidět číslo 74.

2. obrázek

Lidé s normálním barevným viděním mohou vidět číslo 6.

3. obrázek

Lidé s normálním barevným viděním mohou vidět číslo 29.

Lidé s „červeno-zeleným“ typem barvosleposti mohou vidět číslo 70.

Lidé s úplnou barvoslepostí nevidí žádné číslo.

4. Obrázek

Lidé s normálním barevným viděním nemohou vidět žádné číslo.

Většina lidí s „červeno-zeleným“ typem barvosleposti vidí číslo 5.

Lidé s úplnou barvoslepostí nevidí žádné číslo.



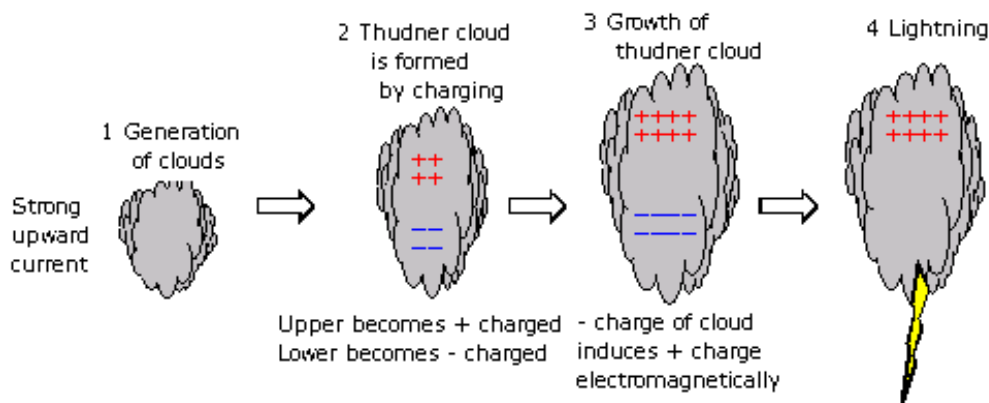
# LIGHTNING

We can describe the process of lightning, but many phenomena of lightning have not been explained.

## I.

In the development of any lightning strike there is the polarization of positive and negative charges within a storm cloud.

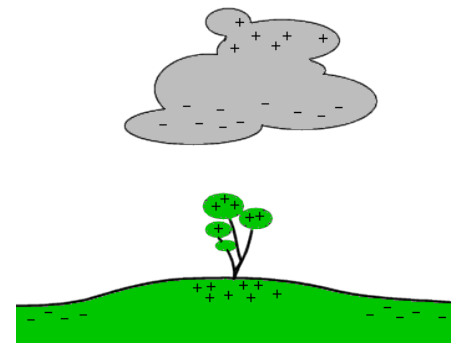
When clouds accumulate electricity and cannot accumulate it anymore, cloud discharge electricity as thunder. As strong upward current forms cloud, particles in the cloud clashed each other and get charged by friction of clash. Upper part of cloud is positively charged and lower part is negatively charged, then cloud becomes thunder cloud. It is thought that small particles prone to be positively charged and big particles prone to be negatively charged. Negatively charged big particles go downward because of its weight and positively charged light particles go upward. Then polarization occurs in cloud.



[http://www.alp-plp.co.jp/eng/technical\\_gmechanism.html](http://www.alp-plp.co.jp/eng/technical_gmechanism.html)

## II.

The polarization of the clouds has an equally important affect on the surface of the Earth. The cloud's electric field stretches through the space surrounding it and induces movement of electrons upon Earth. Electrons on Earth's outer surface are repelled by the negatively charged cloud's bottom surface. This creates an opposite charge on the Earth's surface. Buildings, trees and even people can experience a build up of static charge as electrons are repelled by the cloud's bottom. With the cloud polarized into opposites and with a positive charge induced upon Earth's surface.



<http://www.jimloy.com/physics/lightnin.htm>

## III.

As the negative charges collect at the bottom of the cloud it forces the negative charges in the ground to be forced away from the surface. This leaves the ground positive.

A streamer of negative charges is repelled by the bottom of the cloud and attracted by the ground.

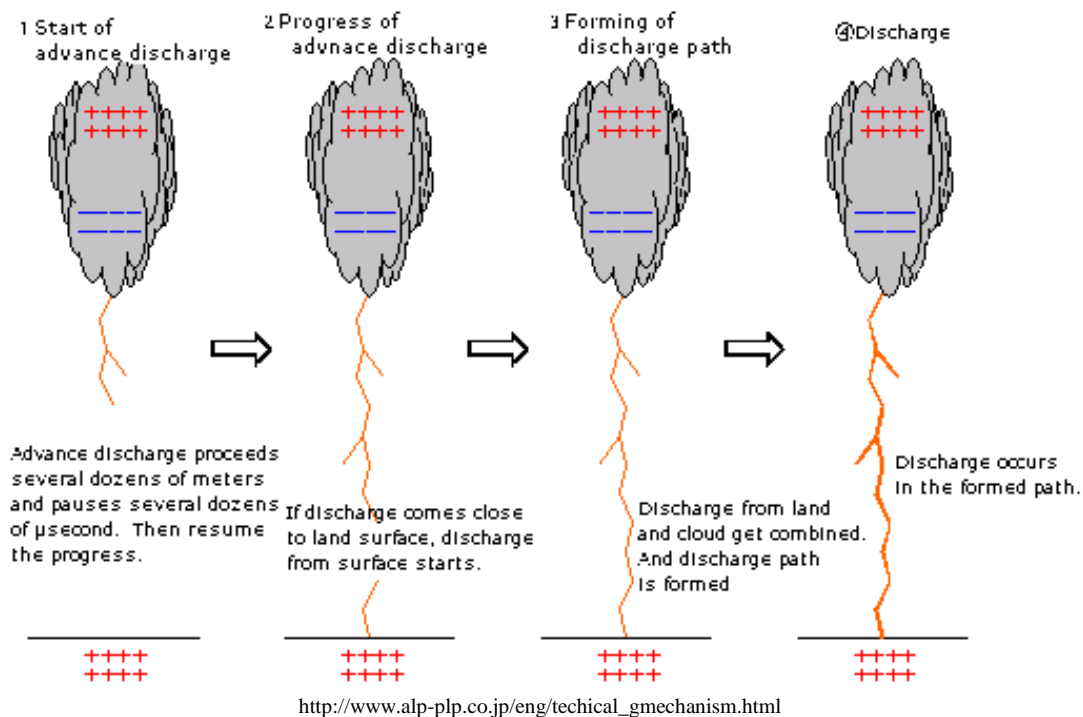
As this streamer of negative charges approaches the ground, a streamer of positive charges is repelled by the ground and attracted to the negative streamer.

When the two streamers connect, they have created a fairly conductive path which allows a sudden down surge of electrons to jump to the ground. This is the lightning.

The rapidly moving electrons excite the air along the path so much that it emits light. It also heats the air so intensely that it rapidly expands creating thunder.

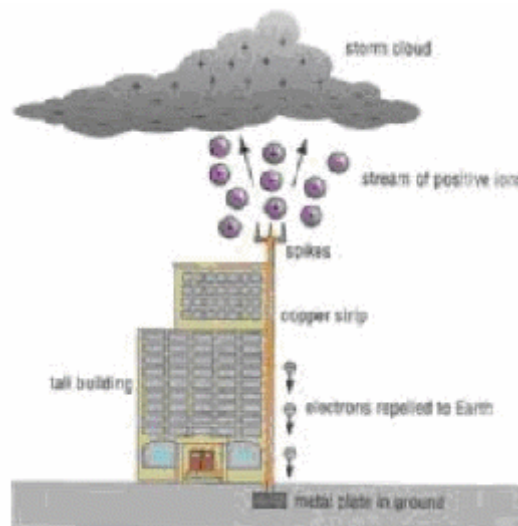
One thing to notice is that the positive charges that make up both the cloud and the ground do not move.

Even the positive streamer launched by the ground is really only made up of positively charged air particles because the electron(s) left the particle.



## Lightning conductor

Buildings may be protected by means of a lightning conductor. This provides a route of low resistance that allows the large currents to pass to Earth causing little or no damage. A thick copper strip is fixed to the outside of a building, reaching above the highest point of the building, ending in several sharp spikes. The other end consists of a plate buried in the ground.



<http://www.astarmathsandphysics.com>

When a negatively charged thundercloud passes overhead it acts inductively on the conductor, charging the points positively and the earthed plate negatively. The negative charge on the plate is dissipated into the earth. At the same time the points – which are surrounded by large electric fields, being pointed – attract negative ions from the clouds and give up their electrons which pass down to earth. At the same time positive ions are repelled upwards from the spikes and spread out to form a 'space charge'. Any discharge which occurs will pass down the lightning conductor and pass harmlessly to earth.

# BLESK

V tomto pracovním listu sice popíšeme princip vzniku blesku, mnoho jevů spojených s bleskem ale ještě stále není vysvětleno.

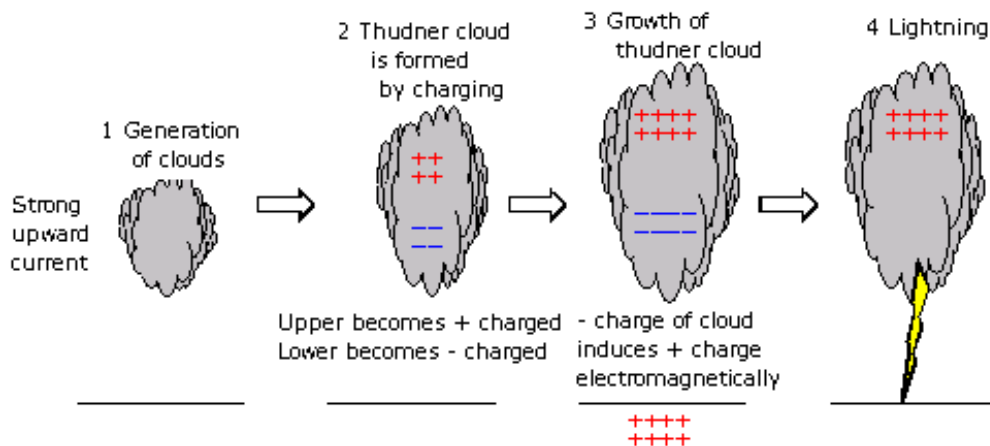
## I.

Na začátku vzniku blesku probíhá vždy polarizace kladných a záporných iontů uvnitř bouřkového mraku.

V mraku se hromadí elektrický náboj. Jakmile je náboj tak velký, že se v mraku již nemůže dále akumulovat, dochází k jeho vybití.

V oblacích se oddělují záporně nabitě kapky od kladně nabitých kapek. Vodní kapky při výstupu pomocí vzdušných vírů a při pádu se třením s molekulami vzduchu zeledňují. A to tak, že vnitřek kapky je nabitý kladně a povrch záporně. Padající dešťové kapky zachytává vítr a prudkými nárazy je rozbíjí na části. Částičky dešťových kapek, které se odštěpují, jsou nabitě záporně a zbývající části kapek kladně.

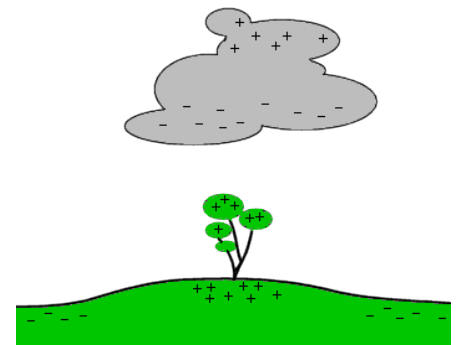
Horní část mraku je kladně nabitá a jeho spodní část je záporně nabitá. Takto se z mraku stává bouřkový mrak. Velké záporně nabitě částice se drží v dolní části mraku a kladně nabitě částice se drží v horní vrstvě mraku. V mraku posléze nastane polarizace.



## II.

Polarizace mraku ovlivňuje i zemský povrch. V okolí bouřkového mraku existuje elektrické pole, které vyvolá pohyb elektronů na Zemi. Elektrony na povrchu Země jsou odpuzovány záporně nabitou spodní částí mraku.

Díky tomu vzniká na povrchu Země opačný (kladný) náboj. Budovy, stromy ale i lidé vytvářejí díky odpuzování statický kladný náboj.



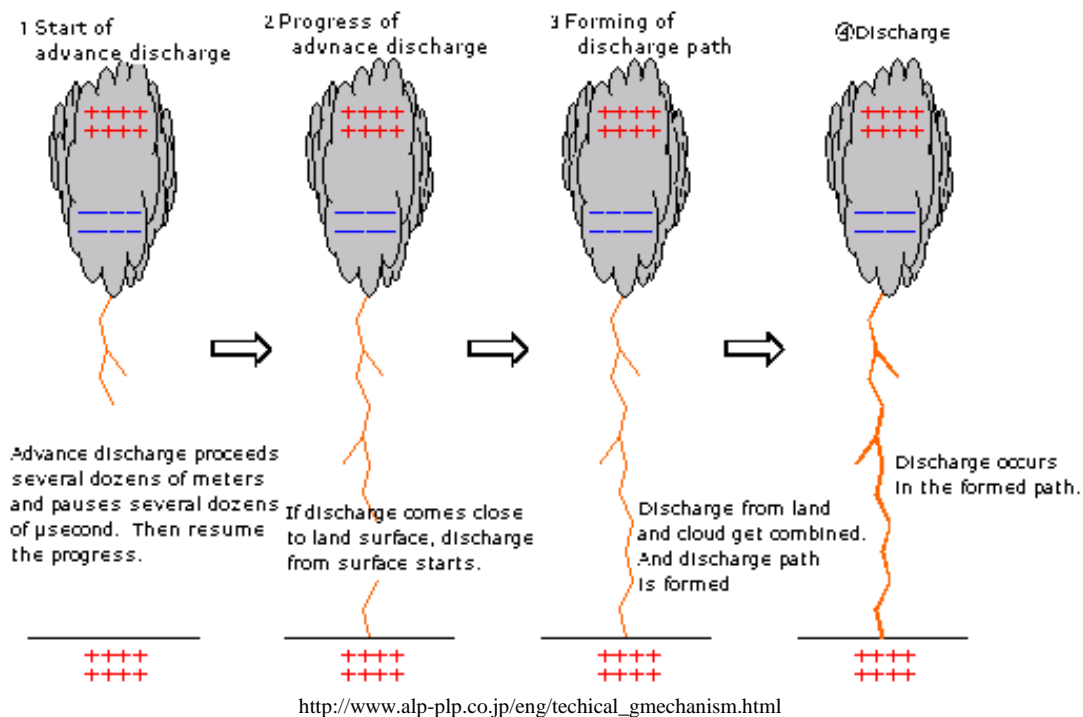
## III.

Díky existenci záporného náboje ve spodní vrstvě mraku jsou tedy na povrchu Země působením elektrických sil odpuzovány elektrony a povrch získává kladný el. náboj.

Protože se nesouhlasné náboje přitahují, směřuje kladná náboj z povrchu Země směrem k mraku a naopak také záporné částice z mraku jsou přitahovány k zemi. Jakmile se tyto dva proudy částic propojí, vytvoří vodivou cestu, která umožní přenos většího počtu elektronů na zem. Vzniká blesk, bleskový výboj.

Rychle se pohybující elektrony rozruší vzduch v blízkosti výboje natolik, že vyzařuje světlo. V okolí tohoto místa se také prudce ohřívá vzduch, který velmi rychle expanduje. Tento jev lze slyšet ve formě hromu.

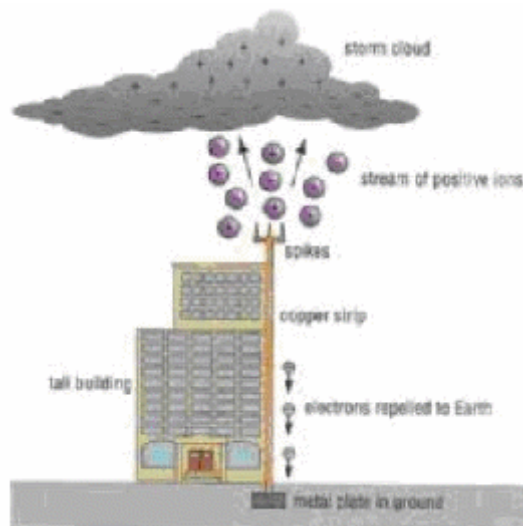
Jedna z věcí, které je nutno si všimnout, je ta, že kladné náboje se nepohybují. Dokonce i el. výboj je tvořen jen kladnými částicemi.



## Hromosvod – Bleskosvod

Budovy mohou být před bleskem a jeho účinky chráněny použitím bleskosvodu.

Prostřednictvím bleskosvodu do Země tečou velké proudy, ale je zabráněno velkým škodám. Bleskosvod poskytuje proudu cestu s nízkým odporem. Jedná se o silnou měděnou tyč, která je připevněna k vnější straně budovy a dosahuje nad její nejvyšší bod, je zakončena ostrými hroty. Druhý konec je uzemněn.



<http://www.astarmathsandphysics.com>

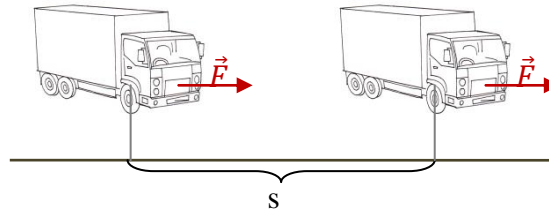
V okamžiku, kdy se bouřkový mrak nachází v blízkosti hromosvodu, získají díky indukci jeho části kladný elektrický náboj. Záporný náboj je tedy odveden do země. Na místa, která jsou obklopena elektrickým polem, působí záporně nabitě elektrony přitažlivou elektrickou silou na kladné ionty a odpudivou na záporné elektrony – ty jsou tedy odvedeny do země. Současně s tím jsou kladné ionty přitahovány nahoru ke spodní části mraku. Veškerý proud náboje (elektronů) projde dolů přes hromosvod a je odveden do země.

# MECHANICAL WORK

In our every day language, work is related to expenditure of muscular effort. But this is not the case in the language of physics. The concept of work in physics is much more narrowly defined than the common use of word.

**Work is done on an object when:**

1. a force acts upon an object and
2. moves it through a distance.



<http://www.predsokolaci.cz/>

- Any time we use force to move something, we are doing work = in order for a force to qualify as having done work on an object, there must be a displacement and the force must cause the displacement.
- Pushing, pulling, lifting, turning and twisting are all examples of work.

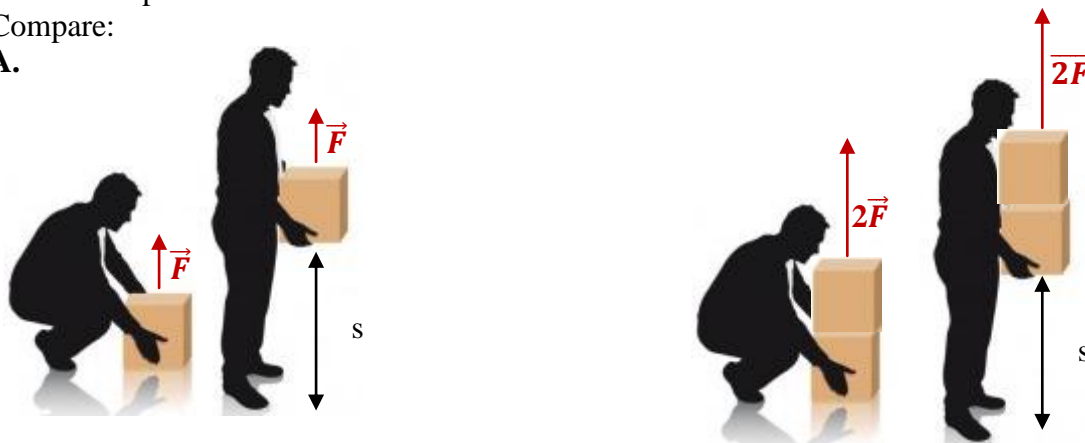
## Examples:

- A woman that holds a heavy shopping bag does no physical work. The force is not moving the object through a distance!
- A horse that pulls a plow through the field does a physical work.

Look at these examples:

Compare:

A.



<http://constructioncardmocktest.com/csesc-mock-test-1.html>

**Many times more force acts on the object, many times greater will be the work.**

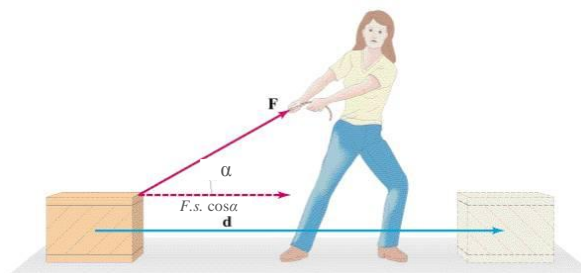
B.



<http://constructioncardmocktest.com/csesc-mock-test-1.html>

**Many times more displacement, many times greater will be the work.**

- C. If an object moves some distance horizontally as a result of a force that is applied at an angle, it is only the horizontal component of the applied force that is doing work.



<http://homework.syoasetistops.org/index.php?m=UserPages&e=viewPage&id=1807>

Consider a body of mass  $m$  and a constant force  $\vec{F}$  acting on it. The body moves a distance  $s$  along a straight line.

**Work done by the force  $F$  is defined:**

$$W = F \cdot s \cos \alpha,$$

where

$\alpha$  ... the angle between the force and the direction along which the object moves

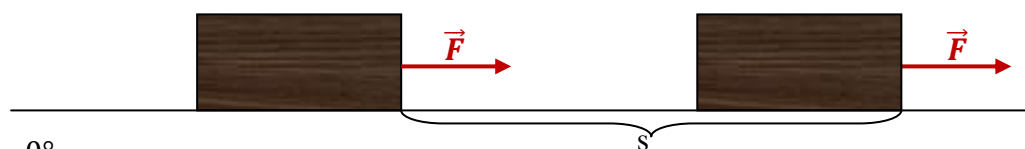
$F$  ... the force

$s$  ... the distance

- The cosine can be positive, negative or zero. Thus the work can be positive, negative or zero.

**1. Force acts in the same direction as the displacement.**

A force acts rightward upon an object as it is displaced rightward. In such an instance, the force vector and the displacement vector are in the same direction. Thus, the angle between  $F$  and  $s$  is 0 degrees.



$$\alpha = 0^\circ$$

$$\cos \alpha = 1$$

$$W = F \cdot s$$

The work done by a force is the product of the force times the distance moved by the object in the direction of force.

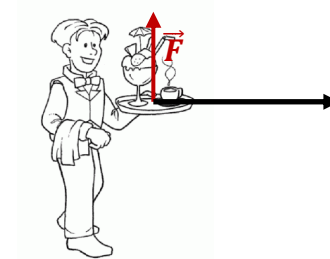
**2. The force vector and the displacement are at right angles to each other. Thus, the angle between  $F$  and  $s$  is 90 degrees.**

$$\alpha = 90^\circ$$

$$\cos \alpha = 0$$

$$W = 0$$

A vertical force can never cause a horizontal displacement; thus, a vertical force does not do work on a horizontally displaced object!



<http://www.onlineomalovanky.cz>

**The unit of work:**

$$[W] = J \dots \text{Joule}$$

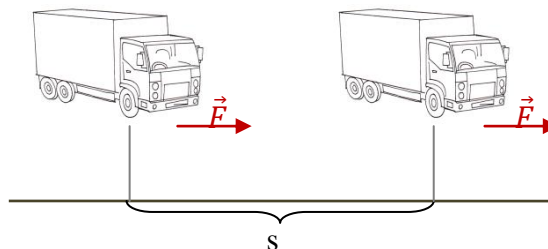
- The unit of the work is the joule.
- One joule is the work done by a force of 1N when it moves a body a distance 1m in the direction of the force.

# MECHANICKÁ PRÁCE

V našem každodenním jazyce používáme slovo práce při vyjádření jakékoliv námahy spojené se svalovou námahou. Ve fyzice a jazyku fyziku tomu tak ale není. Pojem práce má ve fyzice daleko přesnější definici než v běžném životě.

**Těleso koná mechanickou práci, jestliže:**

1. Působí silou na jiné těleso
- a
2. posunuje ho po určité dráze.



<http://www.predskolaci.cz/>

- Kdykoliv je k pohybu určitého tělesa využita síla, koná se práce = síla koná práci, jestliže je příčinou pohybu tělesa.
- Příkladem konání práce může být posunutí, tahání, zvedání, rotace a kroucení.

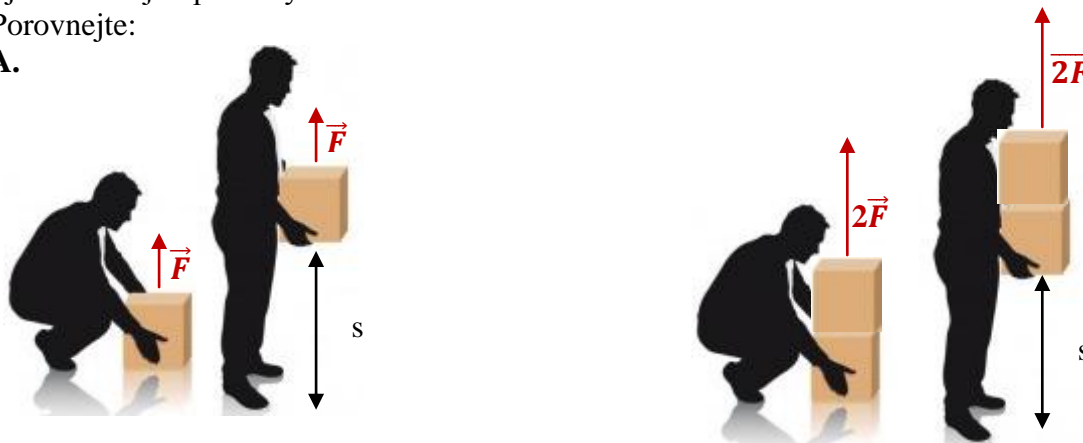
## Příklady:

- Žena nesoucí těžkou nákupní tašku nekoná mechanickou práci. Síla není příčinou pohybu tělesa!
- Kůň táhnoucí pluh přes pole koná fyzickou práci.

Prostudujte následující příklady:

Porovnejte:

A.



<http://constructioncardmocktest.com/cscs-mock-test-1.html>

**Kolikrát větší síla působí na těleso, tolikrát větší práci vykoná.**

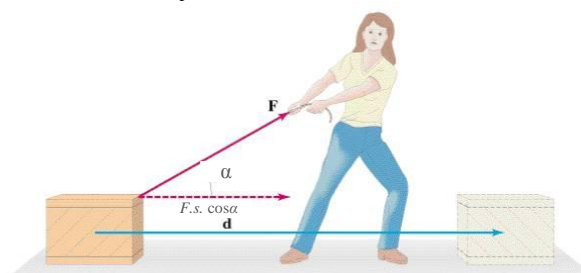
B.



<http://constructioncardmocktest.com/cscs-mock-test-1.html>

**Kolikrát delší dráhu urazí těleso, tolikrát větší práce je vykonána.**

- C. Jestliže se těleso pohybuje ve vertikálním směru díky síle, která působí pod určitým úhlem, práci koná pouze horizontální složka síly.



<http://homework.syossetstips.org/index.php?m=UserPages&e=viewPage&id=1807>

Uvažujme těleso o hmotnosti  $m$ , které působí stálá síla o velikosti  $\vec{F}$ . Těleso koná přímočarý pohyb.

**Práce vykonaná silou  $F$  je definována:**

$$W = F \cdot s \cos \alpha,$$

kde

$\alpha$  ... úhel, který svírá vektor síly se směrem pohybu tělesa

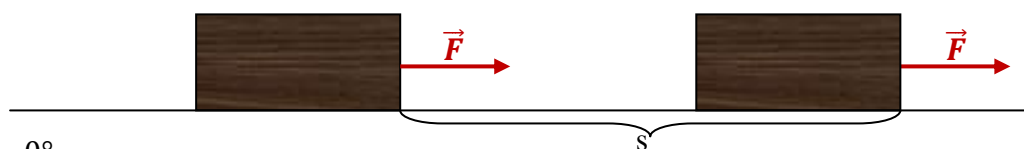
$F$  ... síla

$s$  ... dráha uražená tělesem

- Kosinus úhlu může být kladný, záporný nebo roven nule. Vykonaná práce tedy může být také kladná, záporná nebo rovna nule.

### 1. Síla působí ve směru pohybu tělesa.

Síla působí na těleso ve směru doprava, těleso je posunuto směrem doprava. V takovém případě má vektor posunutí a vektor síly stejný směr. Úhel, který svírá vektor síly  $F$  a směr posunutí  $s$  je  $0$  stupňů..



$$\alpha = 0^\circ$$

$$\cos \alpha = 1$$

$$W = F \cdot s$$

Práce vykonaná silou  $F$  je součinem velikosti síly  $F$  a dráhy, kterou urazilo těleso ve směru působící síly.

- Vektor síly svírá se směrem posunutí pravý úhel. Velikost úhlu mezi vektorem síly a směrem posunutím je tedy  $90^\circ$ .

$$\alpha = 90^\circ$$

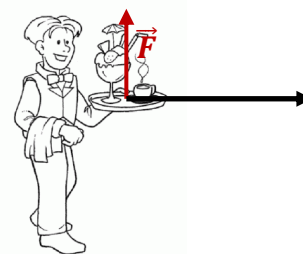
$$\cos \alpha = 0$$

$$W = 0$$

Síla, která působí svislým směrem, nikdy nemůže být příčinou posunutí ve vertikálním směru;

Při pohybu tělesa směrem vodorovným tedy nekoná práci

Síla působící svislým směrem!



<http://www.onlineomalovanky.cz>

### Jednotka práce:

$$[W] = J \dots \text{Joule}$$

- Jednotkou veličiny práce je joule.
- Práci jednoho joulu vykoná síla o velikosti  $1\text{N}$ , která posune těleso ve směru svého působení po dráze dlouhé  $1\text{m}$ .



# WORK - WORKSHEET

**I. Choose one correct answer:**

1. A body at rest may have:
  - A. Momentum
  - B. Speed
  - C. Velocity
  - D. Energy
2. The unit of work is:
  - A. Joule
  - B. Newton
  - C. Pascal
  - D. Watt
3. The work done on body does not depend upon
  - A. Displacement
  - B. Force applied
  - C. Angle between force and displacement
  - D. Initial velocity of the body

**II. Fill in the gaps:**

1. Work is done on an object when:
  - a) .....
  - b) .....
2. If the force acts in the direction of movement then  $W =$   
 Work equals .....times .....

**II. Is the person doing work?**

1. When holding a book in his hand? .....
2. When walking up the stairs? .....
3. When writing a letter? .....
4. When carrying a shopping bag in his hand and going at constant speed.....

**III. In which case does the force the greatest work? The distance is 10m in all cases.**

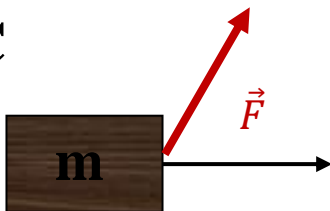
**A**



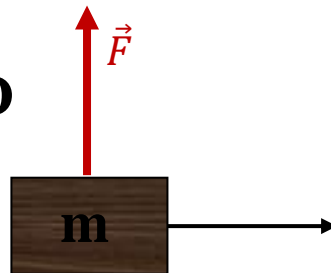
**B**



**C**



**D**



- IV.** A box is dragged across a floor by 100N force directed  $60^\circ$  above the horizontal. How much work does the force do in pulling the object 8m? Sketch the situation.
- V.** A horizontal force pulls a 15 kg carton across the floor at constant speed. The coefficient of sliding friction between the carton and the floor is 0.3. How much work is done by the force in moving the carton by 10 m?
- VI.** A box of weight 50 kg is pulled 2 m along a horizontal floor by a force of 10N and then the box is lifted vertically through a height of 1m. What is the total work done on the box. Sketch the situation.
- VII.** What is the mass of a diver if gravity does 7925 J work on him when jumping into the water from a height of 9 m?
- VIII.** If you do 95.15 J work to move a 17.3 kg chair 1.72 m across the floor at constant velocity, and you are pushing at an angle of  $32^\circ$  relative to the floor, what is the coefficient of kinetic friction between the floor and the chair?

# MECHANICKÁ PRÁCE – PRACOVNÍ LIST

## I. Vyberte jednu správnou odpověď:

1. Těleso, které je v relativním klidu, může mít:

- A. Hybnost
- B. Zrychlení
- C. Rychlost
- D. energii

2. Jednotkou práce je:

- A. Joule
- B. Newton
- C. Pascal
- D. Watt

3. Velikost vykonané práce nezávisí na

- A. Dráze
- B. Působící síle
- C. Úhlem mezi silou a směrem pohybu
- D. Počáteční rychlosti tělesa

## II. Doplňte do prázdných polí vhodný výraz:

1. Těleso koná mechanickou práci, jestliže:

- a) .....
- b) .....

2. Jestliže síla působí na těleso ve směru jeho pohybu, potom  $W =$

Velikost mech.práce je rovna součinu .....

## III. Je v následujících situacích konána práce?

- a. Jestliže držíme v ruce knihu? .....
- b. Při chůzi nahoru po schodech? .....
- c. Při psaní dopisu? .....
- d. Jestliže v ruce držíme nákupní tašku a jdeme konstantní rychlostí? .....

IV. Ve kterém z následujících případů koná síla největší práci? Ve všech případech urazí těleso dráhu  $10m$ .

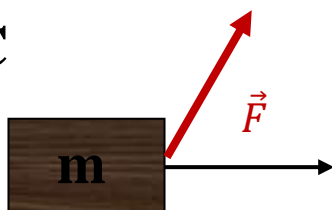
**A**



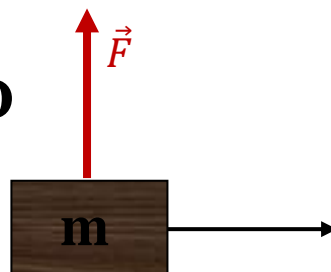
**B**



**C**



**D**



- V.** Po podlaze je tažena krabice silou o velikosti 100N, která svírá s vodorovným směrem úhel  $60^\circ$ . Určete velikost práce při posunutí tělesa o 8m? Proveďte náčrtek situace..
- VI.** Krabice o hmotnosti 15 kg je tažena vodorovnou silou konstantní rychlostí. Součinitel smykového tření mezi podlahou a krabicí je 0.3. Jak velká práce vykonána při přesunutí krabice o 10 m?
- VII.** Krabice o hmotnosti 50 kg je tažena po dráze 2 m po vodorovné podlaze silou o velikosti 10N a poté je vyzvednuta svislým směrem do výšky 1m. Určete velikost celkové vykonané práce. Proveďte náčrtek situace.
- VIII.** Určete hmotnost potápěče, jestliže při skoku do vody z výšky 9m vykonala tíhová síla práci 7925 J?
- IX.** Určete součinitel smykového tření mezi podlahou a židlí, jestliže byla vykonána práce 95,15 J, židle má hmotnost 17,3 kg, pohybovala se stálou rychlostí po dráze 1,72 m a mezi podlahou a vektorem síly je úhel  $32^\circ$ .

# SIMPLE MACHINES

In everyday life we are surrounded by many machines and mechanical devices. During a closer examination we can notice that they contain some simple parts (levers, pulleys, screws,..). In this set of worksheets we will explain how these components, called simple machines, work.

## Simple machine

A machine is a device that transmits power and mechanical motion from one body to another.

Simple machines make work easier by accomplishing one or more following functions: transferring a force from one place to another, changing the direction of a force, increasing the magnitude of a force, or increasing the distance of a force. We can simply say:

**A simple machine is a mechanical device that transmits power and mechanical motion from one body to another and changes the direction or magnitude of a force.**

## Types of simple machines

The term simple machine usually refers to the six classical machines which were defined by Renaissance scientists:

1. Lever
2. Pulley
3. Wedge
4. Wheel and axle
5. Inclined plane
6. Screw

From the physical point of view, simple machines fall into two groups:

1. Machines based on balance of forces
  - inclined plane, wedge, screw
2. Machines based on the balance of moment of forces
  - this group includes machines revolving around a fixed axis
  - lever, pulley, wheel

While determining the balance of the simple machines, we will assume the following simplifications:

- work without friction
- neglect their weight

Claiming that simple machines reduce work is incorrect. They reduce physical effort (and it is something other than mechanical work). They smaller size of the force in the same proportion as they increases track on which the force acts.

Simple machines do not reduce the mechanical work.



Bicycle brakes are example of lever.

<http://www.cyklotoulky.cz/clanky/clanky-display/oprava-a-udrzba-jizdniho-kola/-/brzdy/009/>

# JEDNODUCHÉ STROJE

V běžném a každodenním životě jsme obklopeni mnoha stroji a mechanickými zařízeními. Při bližším prozkoumání můžeme zjistit, že se skládají z jednodušších částí (páky, kladky, šrouby,...)  
V této skupině pracovních listů si vysvětlíme, jak fungují tyto jednoduché části, nazývané jednoduché stroje.

## Jednoduchý stroj

Stroj je zařízení, které přenáší sílu a mechanický pohyb z jednoho tělesa na jiné.

Jednoduché stroje usnadňují práci tím, že využívají jednoho z následujících principů: přenášejí působiště síly z jednoho místa na jiné, mění směr působení síly, zmenšují velikost působící síly nebo zvětšují vzdálenost síly. Jednoduše lze říci::

**Jednoduchý stroj je zařízení, které přenáší sílu a mechanický pohyb z jednoho tělesa na druhé a mění směr a velikost působící síly.**

## Typy jednoduchých strojů

Pojem jednoduché stroje obvykle zahrnuje šest klasických strojů, které byly definovány renezančními vědci:

1. Páka
2. Kladka
3. Klín
4. Kolo na hřídeli
5. Nakloněná rovina
6. Šroub

Z hlediska fyziky můžeme jednoduché stroje rozdělit na dvě skupiny:

1. Stroje založené na rovnováze sil
  - Nakloněná rovina, klín, šroub
2. Stroje založené na rovnováze momentů sil
  - Tato skupina zahrnuje stroje otáčivé kolem pevné osy
  - Páka, kladka, kolo na hřídeli

Při stanovení rovnováhy na jednoduchých strojích budeme používat následující zjednodušení::

- Neuvažujeme tření
- Zanedbáváme hmotnost strojů

Tvrzení, že jednoduché stroje snižují práci je nesprávné!

Snižují fyzickou námahu (to je něco jiného než mechanická práce).

Snižují velikost působící síly, ale ve stejném poměru zvětšují dráhu, po které síla působí.

**Jednoduché stroje nezmenšují velikost mechanické práce!**



Brzdy na kole jsou příkladem několikanásobného užití páky..

<http://www.cyklotoulky.cz/clanky/clanky-display/oprava-a-udrzba-jizdniho-kola/-/brzdy/009/>

# LEVER

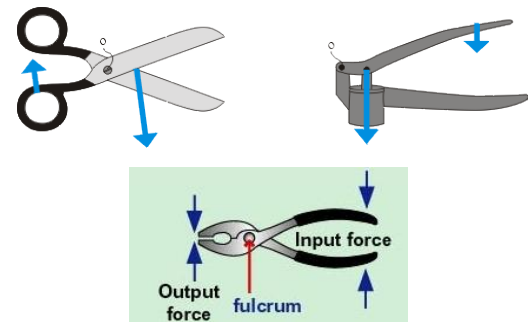
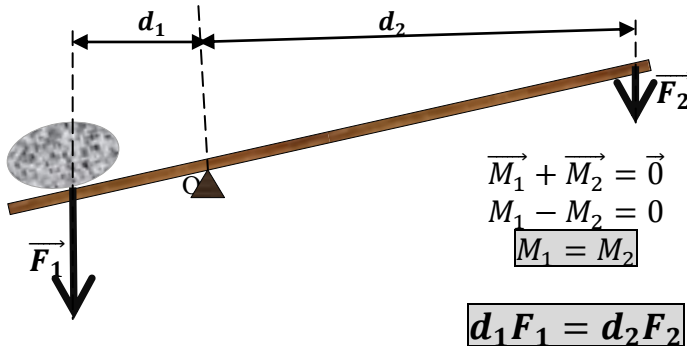
- Lever is a simple machine that is based on the balance of moments of forces.
- Levers are used to lift heavy weights with the least amount of effort.
- Lever consists of:
  - a rigid object – very often a bar of some kind
  - fulcrum or a pivot
- Lever is a bar rotating around an axis that is perpendicular to the bar.
- A lever bar exerts a force to move a load by turning a pivot or fulcrum.

**Lever is in equilibrium, if the sum of clockwise moments about any point equals the sum of counter-clockwise moments about the same point.**

There are two basic types of lever:

## 1. First class lever

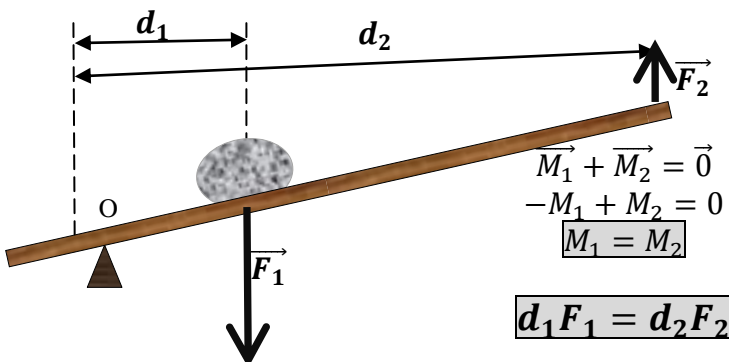
- If both forces  $\vec{F}_1, \vec{F}_2$  are acting on different sides from the fulcrum.



- Examples: pliers, scissors, nutcracker

## 2. Second class lever

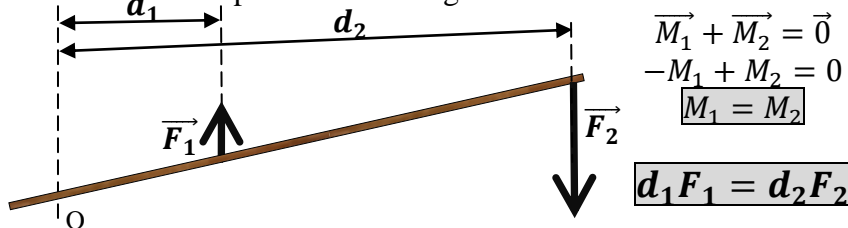
- If both forces  $\vec{F}_1, \vec{F}_2$  are acting on the same side from the fulcrum.



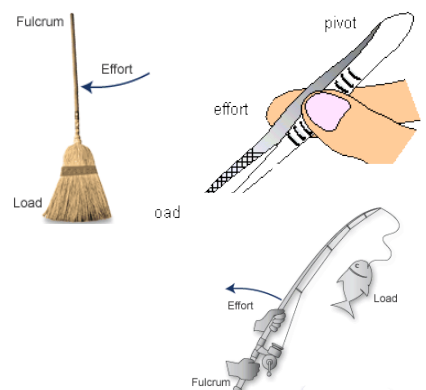
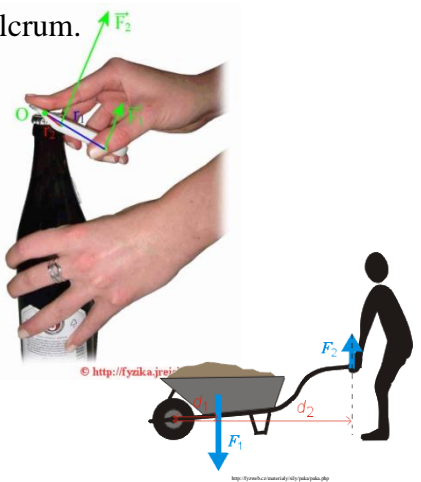
Example: bottle opener, wheelbarrow

**Note:** Sometimes a third type of lever is mentioned:

- powers are acting on the same side from the fulcrum.



- Example: tweezers, broom, fishing rod

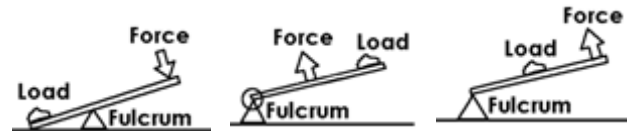
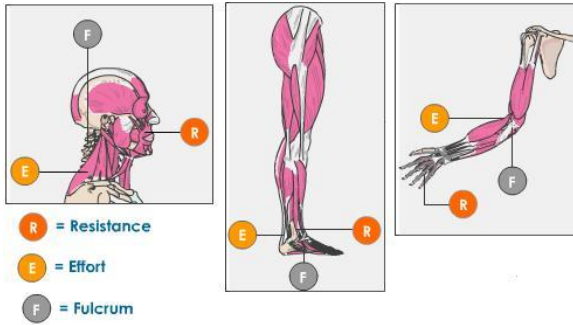


**The lever is a simple machine that can change the size and direction of necessary force.**

The sizes of the forces are in reverse proportion as the sizes of the arms of forces.

This means that even a small force can make greater force. Specifically it is as many times greater as the arm is smaller.

- Using the principle of the lever can be found in many machines and devices in our surroundings. The human body is not the exception. The principle of lever is used for example at human arm or in other parts of human body – see the picture.



**Solved example:**

The wire can be cut by a force of 800N. What force must act upon the shoulder of the pliers at a distance of 20 cm from the axis, if the length of jaw is 4 cm?

$$F_1 = 800 \text{ N}$$

$$r_1 = 4 \text{ cm} = 4 \cdot 10^{-2} \text{ m} = 0,04 \text{ m}$$

$$r_2 = 20 \text{ cm} = 2 \cdot 10^{-1} \text{ m} = 0,2 \text{ m}$$

$$F_2 = ?$$

$$M_1 = M_2$$

$$F_1 r_1 = F_2 r_2$$

$$F_2 = F_1 \frac{r_1}{r_2}$$

$$F_2 = 800 \text{ N} \frac{0,04 \text{ m}}{0,2 \text{ m}}$$

$$F_2 = 800 \text{ N} \frac{0,04 \text{ m}}{0,2 \text{ m}}$$

$$\underline{F_2 = 160 \text{ N}}$$

We must exert a force of 160 N.



**Example:**

- A classic bottle opener uses the lever principle for opening bottles. Draw the axis of rotation of the lever to the picture. Find the minimum force you need to open the bottle, if it necessary opening force is 100N.



- Estimate the strength of your biceps when lifting dumbbells weighing 5 kg when the forearm is directed horizontally. The axis of rotation is the elbow joint, the distance is 8 times greater than the distance from the biceps attachment to the radius bone.
- A fully loaded wheelbarrow stands on the horizontal field. What force would be required to work at the end of handles. The wheel is loaded with 15 ordinary red bricks. Find necessary data on the internet or in the tables.



# PÁKA

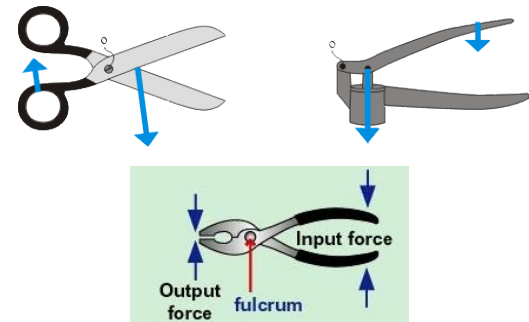
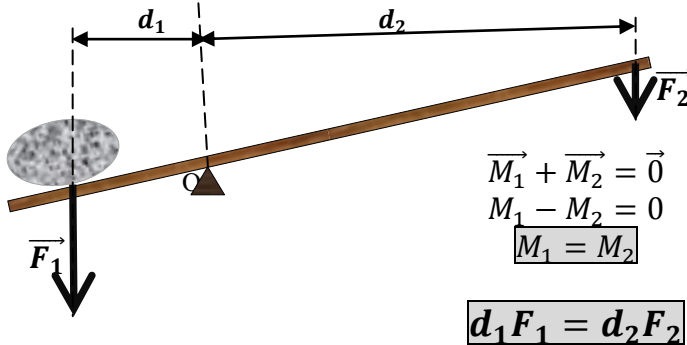
- Páka je jednoduchý stroj, který je založen na principu rovnováhy momentů sil.
- Páka se využívá ke zvedání těžkých břemen s minimálním úsilím.
- Páka je složena z:
  - pevného objektu – velmi často se jedná o nějaký druh tyče
  - osy nebo čepu
- Páka je tyč otáčivá kolem osy, která je k ní kolmá.
- Páka uvádí silou tělesa do pohybu díky rotaci kolem osy.

**Páka je v rovnováze, jestliže součet všech momentů sil vzhledem k téže ose je nulový.  
(Součet momentů otáčejících po směru i proti směru chodu hodinových ručiček je nulový.)**

Existují dva základní typy páky:

## 1. Dvojzvrtná páka

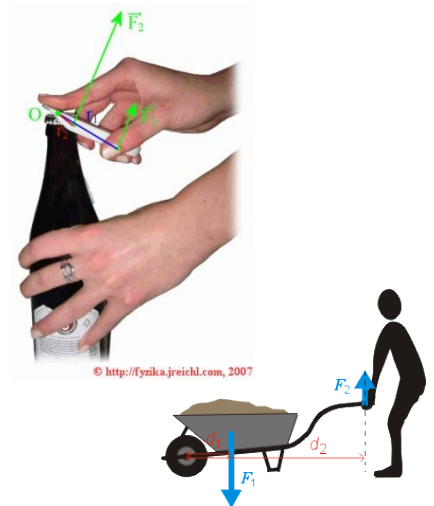
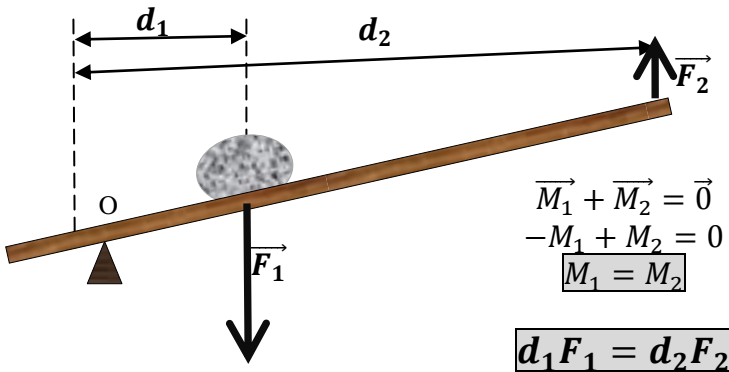
- Jestliže síly  $\vec{F}_1, \vec{F}_2$  působí na různých stranách od osy páky.



- Příklad: kleště, nůžky, louskáček na ořechy

## 2. Jednozvrtná páka

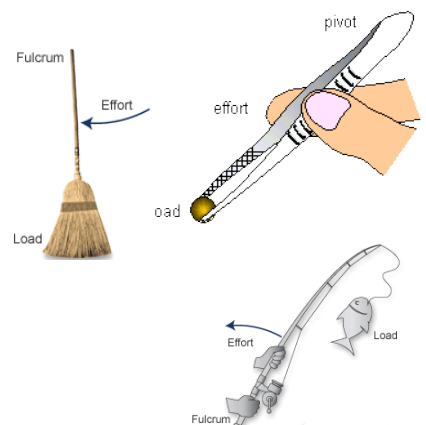
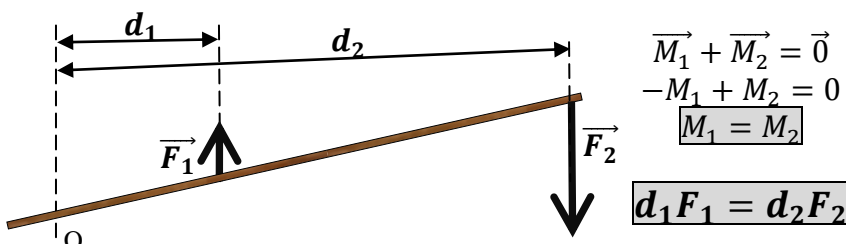
- Jestliže síly  $\vec{F}_1, \vec{F}_2$  působí na jedné straně od osy páky.



- Příklad: otvírák na láhve, kolečko s nákladem

**Poznámka:** někdy se uvádí i třetí typ páky:

- Jedná se o speciální typ jednozvrtné páky



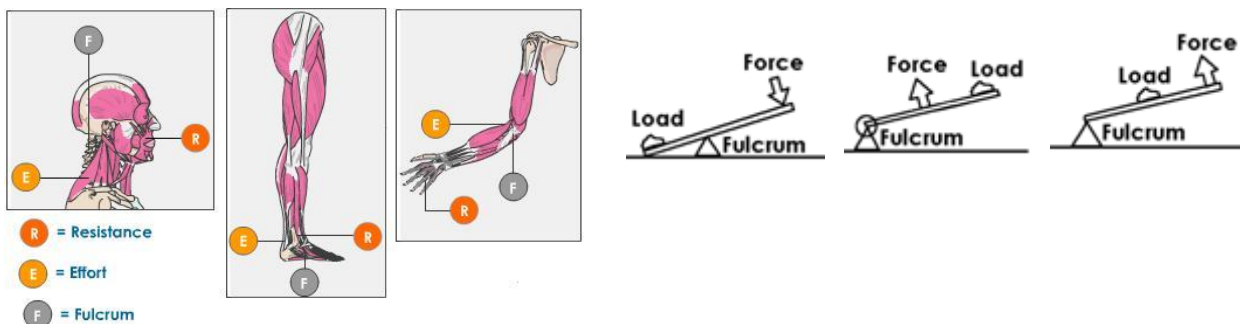
- Příklad: pinzeta, smeták, rybářský prut

## Páka je jednoduchý stroj, který umožňuje měnit velikost i směr potřebné síly.

Velikosti působících sil jsou v obráceném poměru jako velikosti ramen těchto sil.

To znamená, že i působením malé síly lze vyvinout sílu mnohonásobně větší. A to konkrétně tolikrát větší, kolikrát je menší rameno této síly.

- S využitím principu páky se můžeme setkat v mnoha strojích a zařízeních v našem okolí. Výjimkou ale není ani lidské tělo. Zde je využito principu páky například na lidské paži, nebo jiných částech těla – viz obrázek.



### Řešený příklad:

K přeštípnutí drátu je třeba síly 800N. Jak velkou silou musíme působit na rameno kleští ve vzdálenosti 20cm od osy, je-li délka čelisti 4cm?

$$F_1 = 800 \text{ N}$$

$$r_1 = 4 \text{ cm} = 4 \cdot 10^{-2} \text{ m} = 0,04 \text{ m}$$

$$r_2 = 20 \text{ cm} = 2 \cdot 10^{-1} \text{ m} = 0,2 \text{ m}$$

$$F_2 = ?$$



$$M_1 = M_2$$

$$F_1 r_1 = F_2 r_2$$

$$F_2 = F_1 \frac{r_1}{r_2}$$

$$F_2 = 800 \text{ N} \frac{0,04 \text{ m}}{0,2 \text{ m}}$$

$$F_2 = 800 \text{ N} \frac{0,04 \text{ m}}{0,2 \text{ m}}$$

$$\underline{F_2 = 160 \text{ N}}$$

K přeštípnutí drátu je třeba vyvinout sílu 160N.

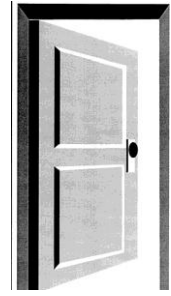
### Příklad.:

- Klasický otvírák lahví využívá při otvírání lahví principu jednozvrtné páky. Do obrázku níže vyznačte místo, kde podle vás leží osa otáčení této páky. Určete, jakou minimální sílu potřebujete k otevření lahve, jestliže potřebná otevírací síla uzávěru je 100N?
- Odhadněte sílu svého bicepsu (dvojhavého pažního svalu) při zvedání činky o hmotnosti 5kg v okamžiku, kdy předloktí směřuje vodorovně. Osou otáčení je loketní kloub, jeho vzdálenost 8x větší než vzdálenost od úponu bicepsu na vřetenní kosti.

Na vodorovném terénu stojí plně naložené zahradní kolečko. Jakou silou by bylo potřeba působit na konci držadel. V kolečku je naloženo 15 obyčejných cihel. Parametry se pokuste dohledat na internetu a v tabulkách.

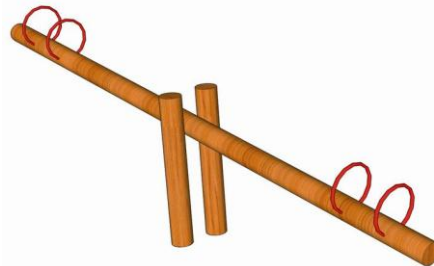
# LEVER – WORKSHEET

1. A door is kept closed by a wedge, placed under the door at a distance of 75 cm from the hinge. A person tries to open the door by applying a force of 40 N at 60 cm from the hinge, but it doesn't move. Calculate the friction force between the wedge and the floor.



<http://www.gbgm-umc.org/opendoorlansing/index.html>

2. A closed carpark barrier is modelled as a light rod which is pivoted at a point. The rod carries a weight of 200N at a point 0,25 metres from the pivot, and it is supported horizontally at a point 1,8 metres from the pivot, on the other side from the weight. Find the magnitude of the vertical force exerted on the rod by the support.
3. The total mass of two children is 60 kg. Find their separate masses, given that the children are balanced on a seesaw when one is 1,6 metres from the centre and the other is 1,4 metres from the centre. When the heavier child sits 1,6 metres from the centre and the lighter child sits 1,4 metres from the centre, the seesaw is balanced by applying a vertically downward force, behind the lighter child, at a distance of 2 metres from the centre. Find the magnitude of this downward force.



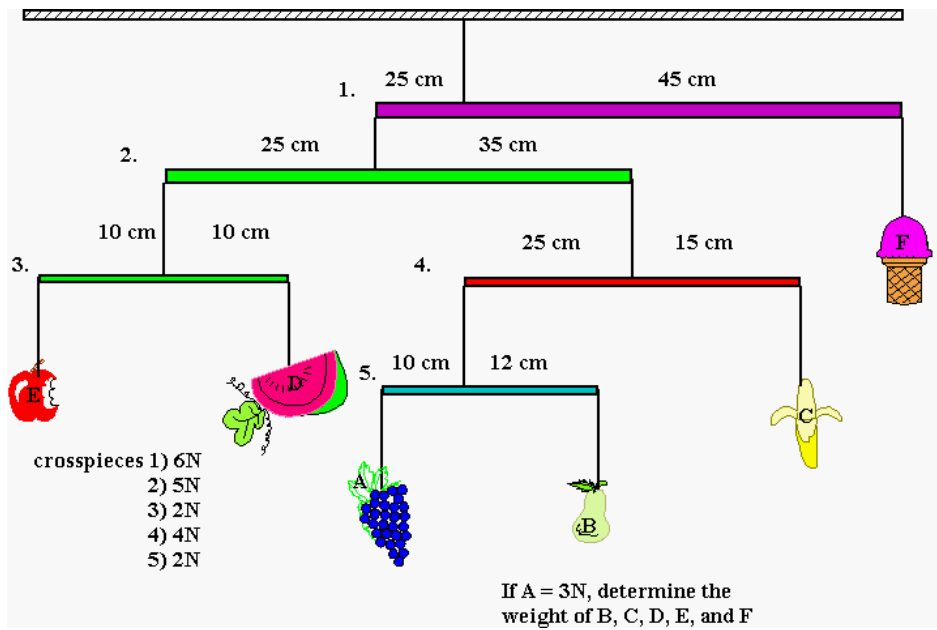
<http://www.vladeko.cz/detska-hriste/herni-sestavy-pro-verejna-prostranstvi/kyvadlova-houpacka-ii>

4. A horizontal uniform plank of length 10 m and mass 50 kg is supported by two vertical ropes, attached 2 metres from the left end and 3 metres from the right end. Two children stand on the plank: Alfred (44kg) 4 m from the left end and Martin (36 kg) 2 m from the right end. Find the tension in the ropes.
5. A construction worker rides on structural beam which is being moved into position in the skeleton of a high building. The mass of the beam and the mass of the worker are 2000 kg and 80 kg. The length of the beam is 12 m, and the chains which hang vertically from the crane are attached at the left end of the beam and at a distance of 10 metres from the left end. The worker sits at a distance of 7m from the left end. Find the tension in each of the chains when the beam is horizontal and at rest.



<http://www.gettyimages.com.au>

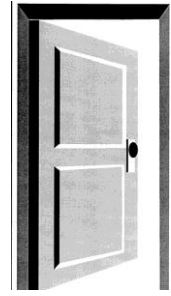
6. If  $A = 3\text{ N}$ , determine the weight of B, C, D, E and F



<http://www.mrfizzix.com/review/torqueev/torqueev.htm>

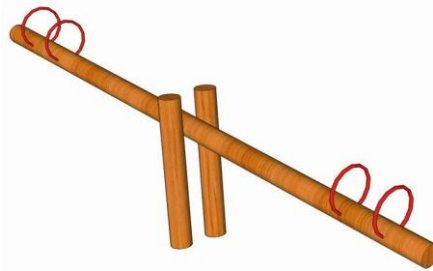
# PÁKA – PRACOVNÍ LIST

1. Dveře jsou zavřeny klínem, který je umístěný pod dveřmi ve vzdálenosti 75 cm od závěsu. Při pokusu o otevření dveří silou o velikosti 40N ve vzdálenosti 60cm od pantu se ale dveře nepohybují. Určete velikost třecí síly mezi klínem a podlahou.



<http://www.gbgm-umc.org/opendoorlansing/index.html>

1. Uzamčená závora na parkovišti můžeme popsat jako světelnou tyč otočnou v jednom bodě. Na tyč působí síla o velikosti 200N ve vzdálenosti 0,25 metrů od osy otáčení a je podepřena na opačné straně ve vzdálenosti 1,8 metrů od čepu. Určete velikost svislé síly, která působí na tyč v místě podpěry.
2. Celková hmotnost dvou dětí je 60 kg. Určete hmotnost každého z dětí, jestliže jsou na houpačce v rovnováze, pokud jsou ve vzdálenostech 1,6 m a 1,4 metrů od středu. Pokud sedí těžší dítě ve vzdálenosti 1,6 metrů od středu a lehčí dítě ve vzdálenosti 1,4 metrů, bude houpačka v rovnováze, jestliže na straně lehčího dítěte bude působit síla ve vzdálenosti 2m od středu. Určete velikost této síly.



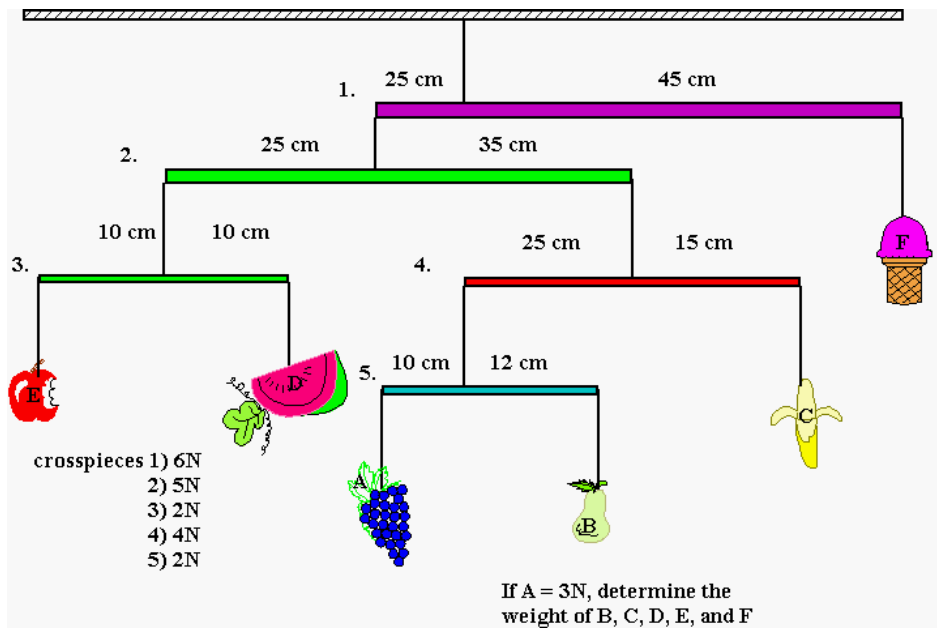
<http://www.vladeko.cz/detska-hriste/hemi-sestavy-pro-verejna-prostranstvi/kyvadlova-houpacka-ii>

3. Horizontálně umístěné prkno o délce 10 metrů a hmotnosti 50 kg je zavěšeno na dvou svislých lanech. Lana jsou připojena 2m od levého konce a 3 m od pravého konce. Na prkně stojí dvě děti: Alfréd (44 kg) 4m od levého konce a Martin (36kg) 2m od pravého konce. Určete síly působící na lana.
4. Na nosníku, který je přesouván na místo konstrukce vysoké budovy, sedí stavební dělník. Hmotnost nosníku a dělníka je 2000kg a 80 kg. Délka nosníku je 12 metrů a vzdálenosti 10 metrů od levého konce jsou umístěny svislé řetězy. Pracovník sedí ve vzdálenosti 7 metrů od levého konce. Určete napětí v jednotlivých řetězech, jestliže je nosník v klidu.



<http://www.gettyimages.com.au>

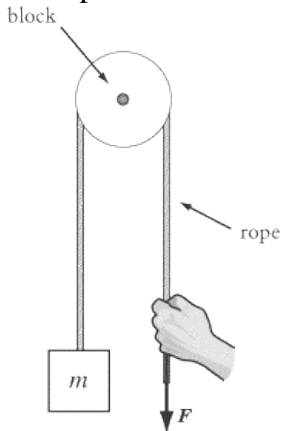
5. Jestliže  $A = 3\text{ N}$ , určete síly označené B, C, D, E a F



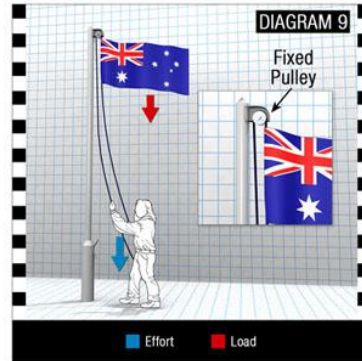
<http://www.mrfizzix.com/review/torqueev/torqueev.htm>

# PULLEY

This simple machine is made up of a wheel and a rope. The rope fits on the groove of the wheel. One part of the rope is attached to the load. When you pull on one side of the pulley, the wheel turns and the load will move. Pulleys let you move loads up, down, or sideways. Pulleys are good for moving objects to hard to reach places.



<http://www.sparknotes.com/testprep/books/sat2/physics/chapter8section2.rhtml>



<http://www.forteachersforstudents.com.au/Engineers/EngQuest/P-Content/Tbigno7.php>

A pulley changes the direction of the force, making it easier to lift things.

A pulley can change the direction or size of the effort force depending on what type of pulley it is.

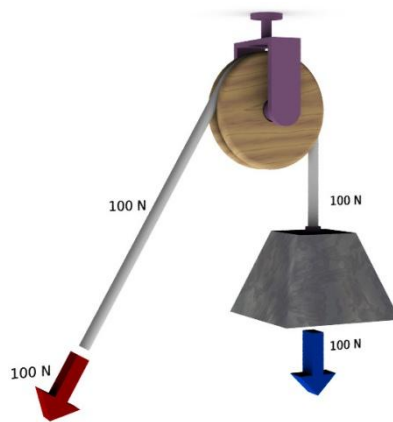
An example of a pulley is a flagpole. There are usually two hooks on the rope. The chord rotates around the pulley and lowers the hooks so you can attach the flag. Then pull the chord and the flag raises high on the pole.

There are three types of pulleys:

1. a fixed pulleys
2. a movable pulley
3. a combined pulley

## A fixed pulley

A fixed pulley is a pulley in which the wheel does not move. Fixed pulleys change the direction of the effort force. It does not increase the size of the effort force. The effort force is equal to the resistance force in a fixed pulley



<http://www.petervaldivia.com/technology/mechanisms/index.php>

## A movable pulley

A moveable pulley does not change the direction of the effort force but does increase the size of the force. When you pull on the rope, the pulley and the load come up. You can find the mechanical advantage of a moveable pulley by counting the number of ropes that lift the load.

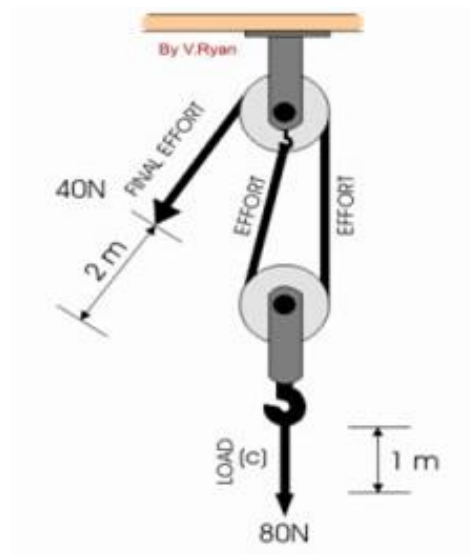
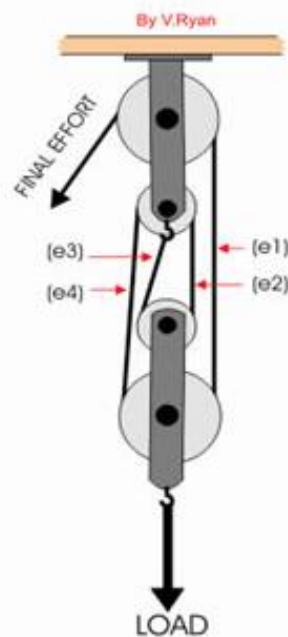
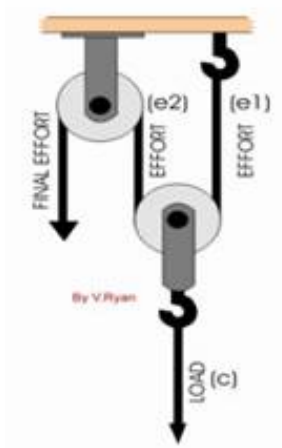


## A combined pulley

A pulley system is simply a fixed and moveable pulley put together. The pulleys are used to increase the mechanical advantage of the system. A pulley system's mechanical advantage (MA) is equal to the number of supporting ropes.

A basic equation for a pulley:

**In equilibrium, the force  $F$  on the pulley axle is equal and opposite to the sum of the tensions in each line leaving the pulley, and these tensions are equal.**

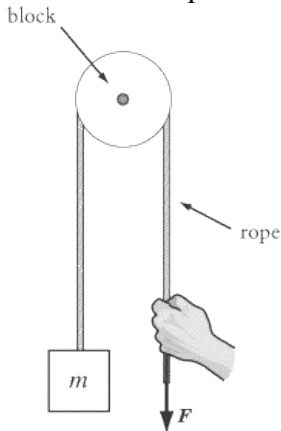


<http://dorsetsea.swgfl.org.uk/html/sonof/pulleys.htm>

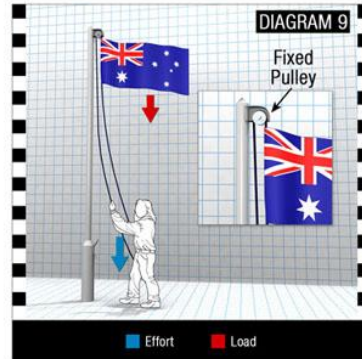


# KLADKA

Tento jednoduchý stroj je složen z kola lana. Lano je umístěno v drážce kola a na jeden jeho konec je připevněn náklad. Pokud zatáhneme za jeden konec kladky, kolo se začne otáčet a náklad se pohybuje. Kladka umožňuje posunout náklad nahoru, dolů nebo do strany. Kladku je vhodné použít pro přesunutí těles na těžko dostupná místa.



<http://www.sparknotes.com/testprep/books/sat2/physics/chapter8section2.rhtml>



<http://www.forteachersforstudents.com.au/Engineers/EngQuest/P-Content/Tbinfo7.php>

Kladka mění směr působení síly a usnadňuje zvedání věcí.

Kladka umožňuje změnit směr síly nebo její velikost, záleží na typu kladky.

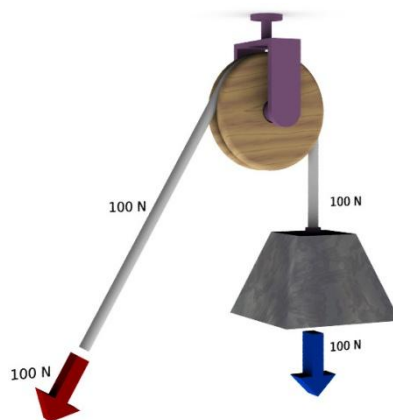
Příkladem užití kladky je stožár na zavěšení vlajky. Obvykle se skládá ze dvou háčků na laně. Kladka se otočí a háčky na laně se sníží, což umožní zavěsit vlajku. Vlajka je opět vytažena vysoko na sloup.

Existují tři typy kladek:

1. pevná kladka
2. volná kladka
3. kladkostroj

## Pevná kladka

Pevná kladka je kladka s pevně ukotveným kolem. Pevná kladka mění směr působící síly. Nemění velikost působící síly. Velikost síly potřebné ke zvednutí nákladu je rovna tíze tělesa zavěšeného na laně.



<http://www.petervaldivia.com/technology/mechanisms/index.php>

## Volná kladka

Volná kladka nemění směr působící síly, ale zvětšuje její velikost. V okamžiku, kdy táháme za lano se kladka i náklad posunují nahoru. Poměr, v němž se zvětší síla, lze určit snadno spočtením lan, která zvedají náklad.

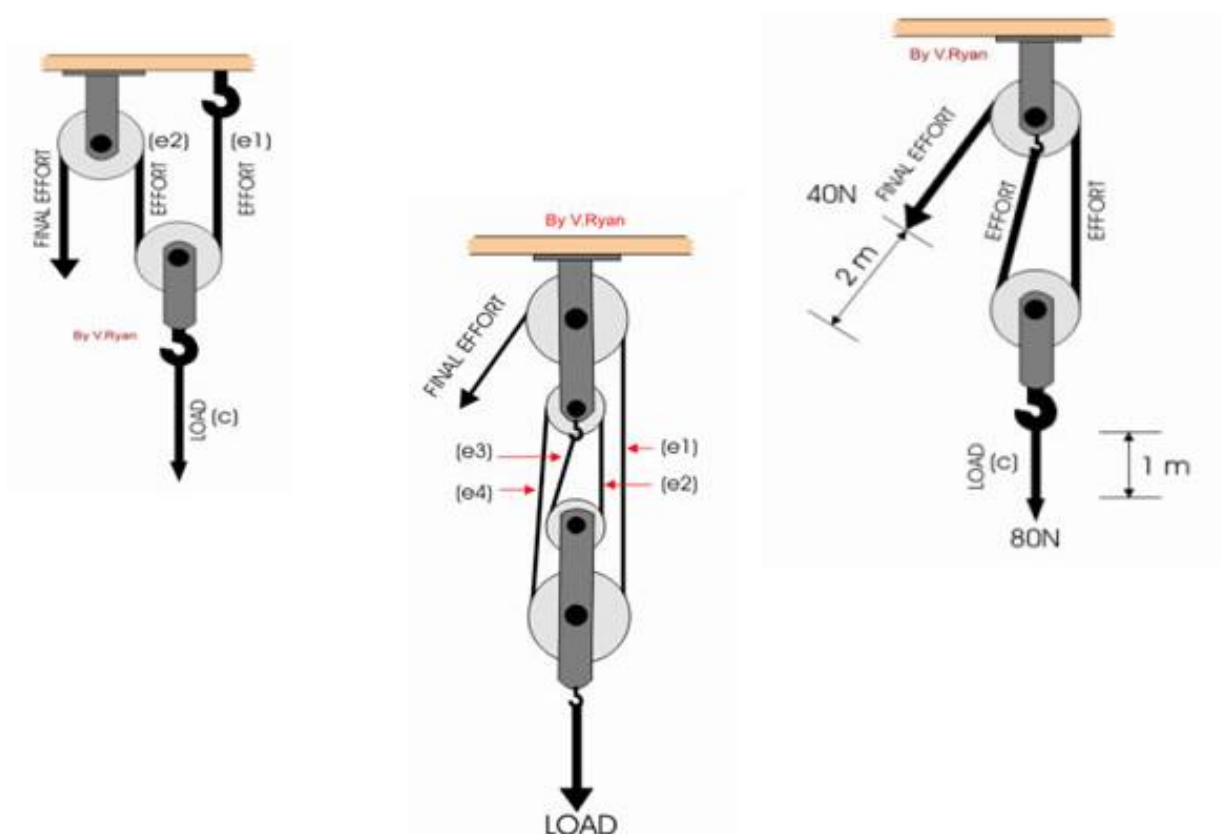


## Kladkostroj

Kladkostroj je složen z pevných a volných kladek spojených dohromady. Kladky se používají pro zvětšení „mechanické výhody“ systému. Mechanická výhoda systému – poměr zmenšení síly je rovna počtu lan, na kterých visí volné kladky.

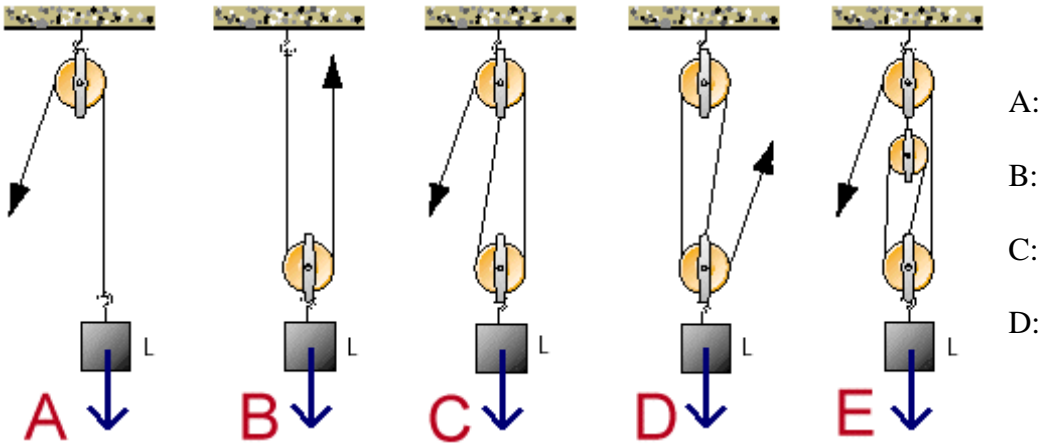
Základní rovnice kladkostroje:

**Kladkostroj kombinuje výhody volné a pevné kladky. Znásobuje působící sílu, která přitom ůže působit směrem dolů. Při použití více kladek se potřebná síla  $F$  vypočte podle vzorce:  $F = \frac{G}{2n}$ , kde  $G$  je tíha břemene a volných kladek,  $n$  je počet volných kladek.**



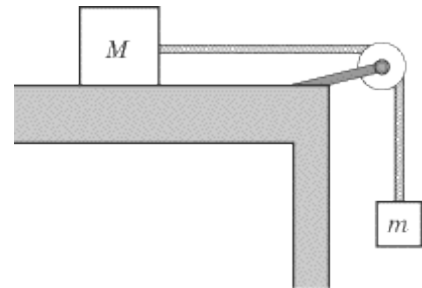
# PULLEY – WORKSHEET

1. Determine the mechanical advantage of each of these systems

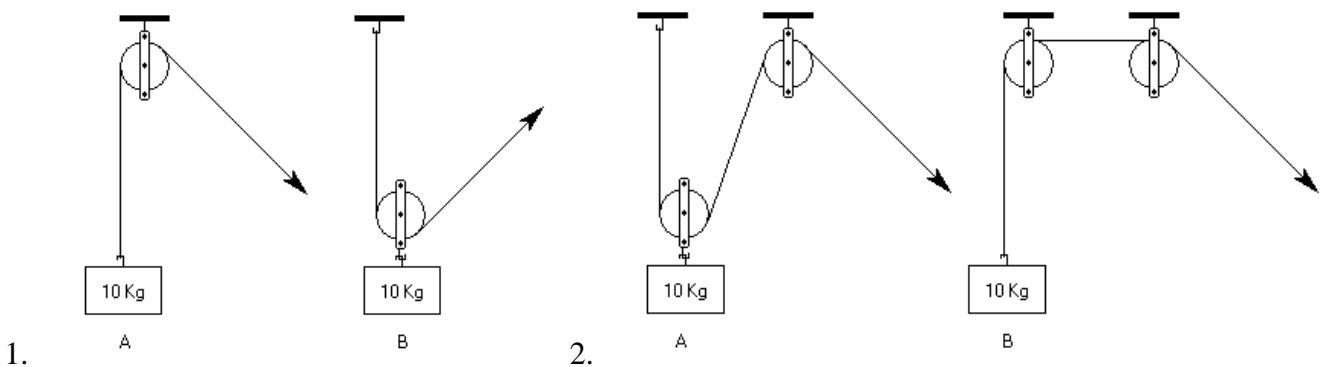


<http://dorsetsea.swgfl.org.uk/html/sonof/pulleys.htm>

2. Imagine that masses  $m$  and  $M$  are in the following arrangement:  
 Calculate the acceleration of the masses?  
 Calculate also for  $M = 12\text{kg}$ ,  $m = 15\text{kg}$ .

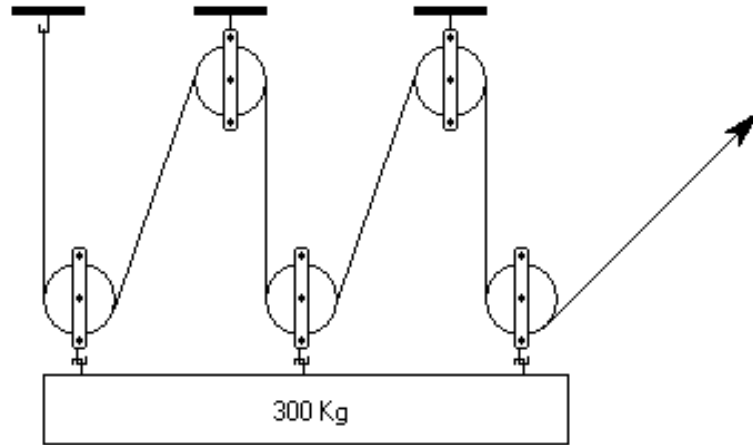


3. Which weight requires the least force to move?



- a) A                      b) B                      c) both of them

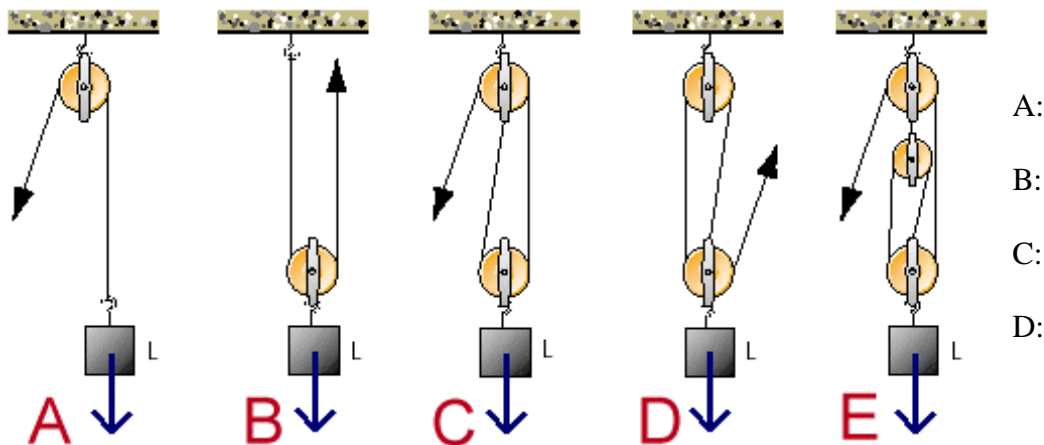
4. How much force is required to move the weight?



- A. 1 000 N
- B. 1 500 N
- C. 500 N
- D. 600 N

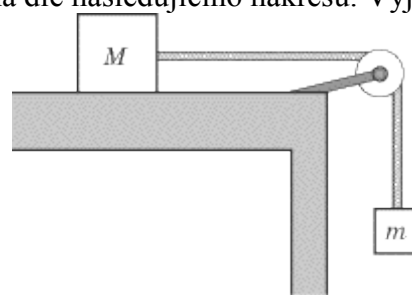
# KLADKA – PRACOVNÍ LIST

1. Určete poměr zvětšení síly u jednotlivých kladek a kladkostrojů:

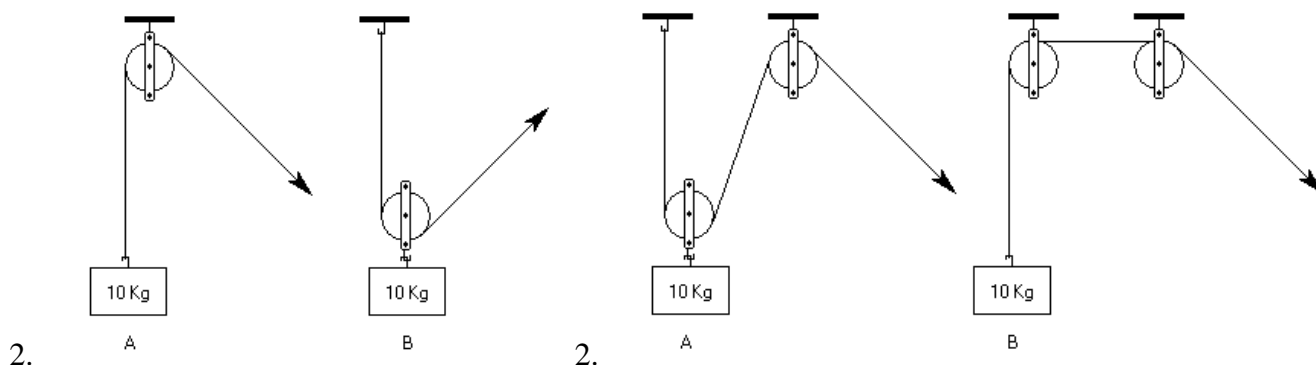


<http://dorsetsea.swgfl.org.uk/html/sonof/pulleys.htm>

2. Uvažujme tělesa o hmotnostech  $M$  a  $m$ , která jsou uspořádána dle následujícího nákresu. Vyjádřete zrychlení těles. Vyřešte také pro konkrétní hodnoty  $M = 12\text{kg}$ ,  $m = 15\text{kg}$ .



3. Které zařízení potřebuje pro zvednutí závaží menší sílu?

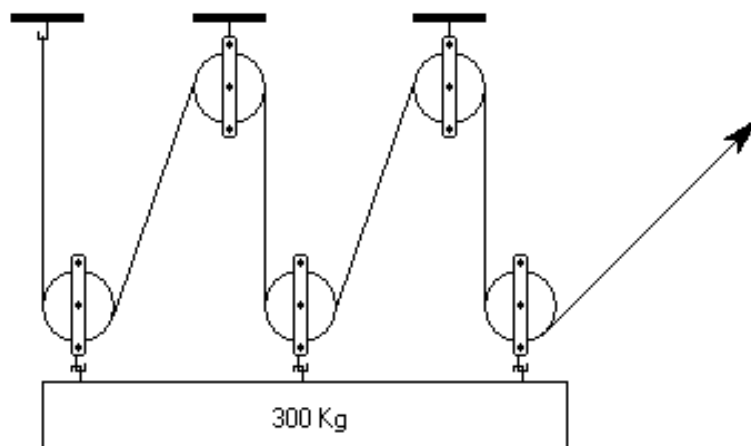


b) A

b) B

c) both of them

4. Jak velká síla je potřeba ke zvednutí závaží?



- E. 1 000 N
- F. 1 500 N
- G. 500 N
- H. 600 N

# THE INCLINED PLANE

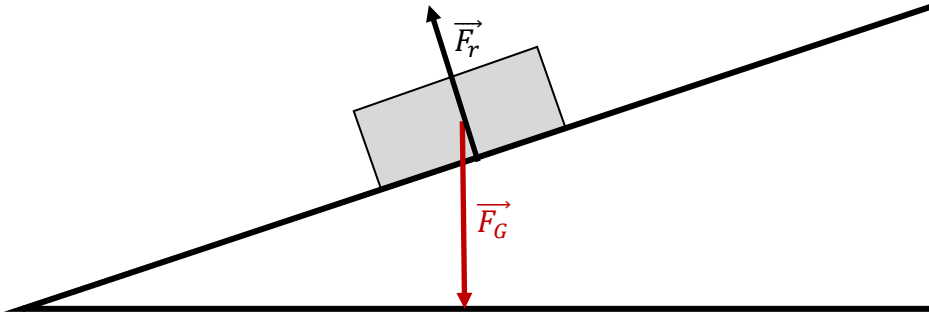
An inclined plane is very important application of Newton's laws.

In physics, a tilted surface is called an inclined plane.

An object placed on a tilted surface will often slide down the surface.

The rate at which the object slides down the surface is dependent upon how tilted the surface is. The greater the tilt of the surface, the faster the rate at which the object will slide down it.

Objects are known to accelerate down inclined planes because of an unbalanced force. To understand this type of motion, it is important to analyze the forces acting upon an object on an inclined plane.



There are always at least two forces acting upon any object that is positioned on an inclined plane

1.  $\vec{F}_r$ ...normal force.

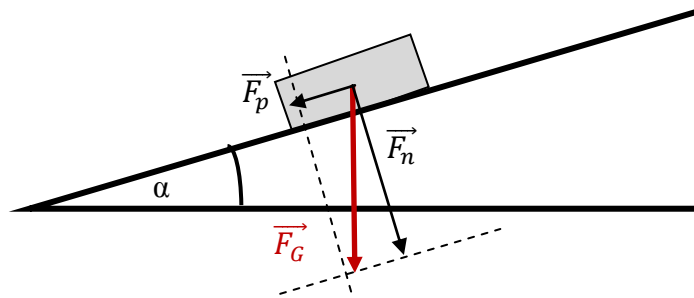
The normal force acts in a direction perpendicular to the surface.

2.  $\vec{F}_G$ ...force of gravity.

The force of gravity acts in a downward direction.

The force of gravity will be resolved into two components of force - one directed parallel to the inclined surface and the other directed perpendicular to the inclined surface.

The diagram below shows how the force of gravity has been replaced by two components a parallel and a perpendicular component of force of  $\vec{F}_G$ .



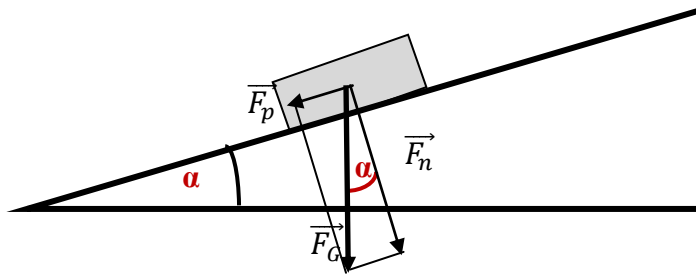
**The force of gravity can be resolved into two components.  
Together, these two components replace the affect of the force of gravity.**

$\vec{F}_n$  ... perpendicular component of  $\vec{F}_G$

The perpendicular component of the force of gravity is directed opposite the normal force and as such balances the normal force

$\vec{F}_p$  ... parallel component of  $\vec{F}_G$

The parallel component of the force of gravity is not balanced by any other force. This object will subsequently accelerate down the inclined plane due to the presence of an unbalanced force. It is the parallel component of the force of gravity that causes this acceleration. The parallel component of the force of gravity is the net force.



$$\sin \alpha = \frac{F_p}{F_G}$$

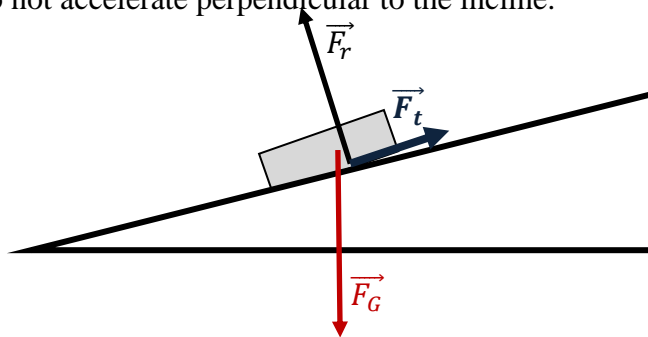
$$\cos \alpha = \frac{F_n}{F_G}$$

$$F_n = F_G \cdot \cos \alpha$$

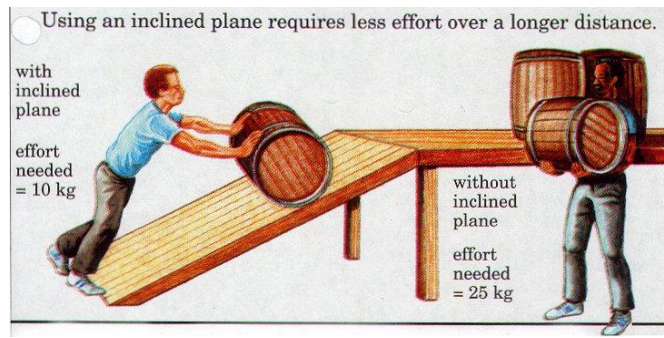
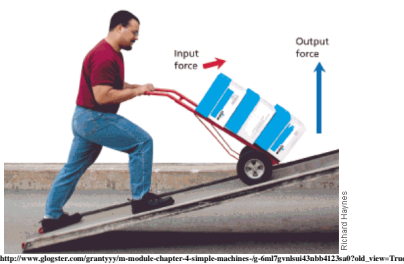
$$F_p = F_G \cdot \sin \alpha$$

## Real inclined plain

In the presence of friction or other forces (applied force, tensional forces, etc.), the situation is slightly more complicated. The perpendicular component of force still balances the normal force since objects do not accelerate perpendicular to the incline.



## Examples of inclined planes



Examples: ramp, slanted road, slide, path up a hill

**Using an inclined plane requires less effort over a longer distance.**



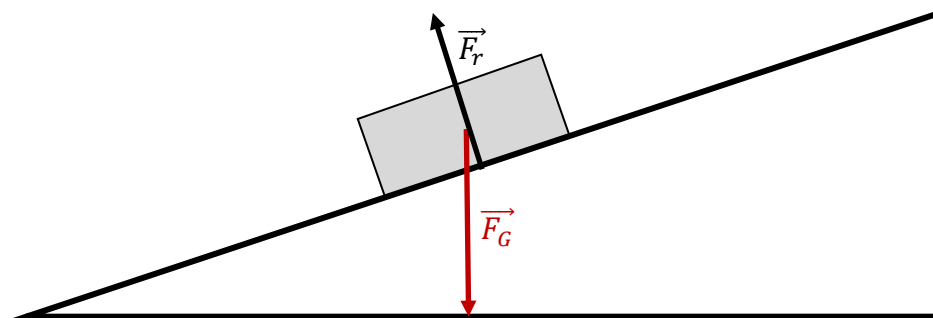
# NAKLONĚNÁ ROVINA

Nakloněná rovina patří mezi velmi důležité aplikace Newtonových pohybových zákonů.

Ve fyzice označujeme povrch rostoucí nebo klesající pod určitým úhlem jako nakloněnou rovinu.

Těleso umístěné na povrchu nakloněné roviny často sjede po povrchu dolů. Jestli a kdy se těleso bude pohybovat po nakloněné rovině pohybovat dolů. Záleží na úhlu náklonu nakloněné roviny. Čím větší je úhel náklonu, tím rychleji těleso sjede po nakloněné rovině dolů.

Zrychlení a pohyb dolů po nakloněné rovině je způsoben nerovnováhou sil a jejich výslednicí. Pro vysvětlení tohoto pohybu musíme nejprve provést rozbor sil, které působí na těleso umístěné na nakloněné rovině.



Na každé těleso umístěné na nakloněné rovině působí vždy následující dvě síly:

1.  $\vec{F}_r$ ...normálová síla.

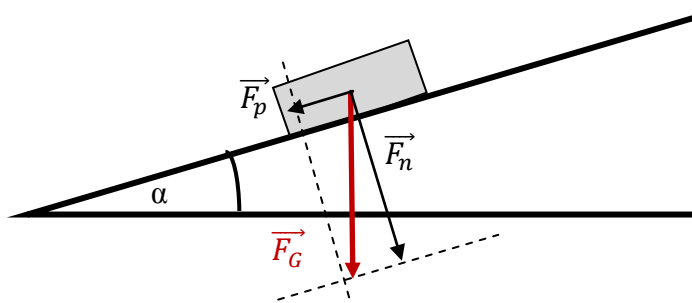
Normálová síla působí na těleso ve směru kolmém k povrchu nakloněné roviny.

2.  $\vec{F}_G$ ...tíhová síla.

Tíhová síla působí na těleso ve svislém směru.

Tíhovou sílu, která působí na těleso na nakloněné rovině, lze rozložit na dvě složky – první složka je rovnoběžná s povrchem nakloněné roviny a druhá je k ní kolmá.

Nákres situace níže ukazuje rozklad tíhové síly na dvě složky – pohybovou a normálovou složku tíhové síly  $\vec{F}_G$ .



**Tíhová síla může být rozložena na dvě složky.**

**Výsledný pohybový účinek těchto dvou složek je stejný jako pohybový účinek působící tíhové síly.**

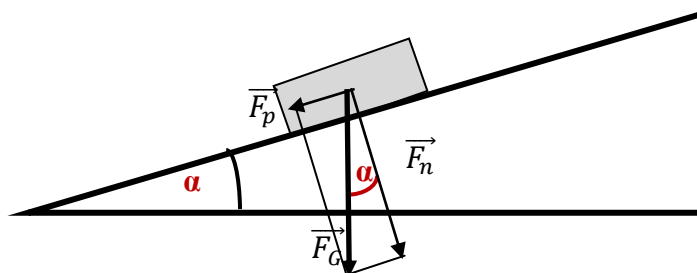
$\vec{F}_n$  ... normálová složka tíhové síly  $\vec{F}_G$

Normálová složka tíhové síly má směr kolmý k povrchu nakloněné roviny. Má opačný směr a stejnou velikost jako normálová síla, tyto síly jsou v rovnováze.

$\vec{F}_p$  ... pohybová složka tíhové síly  $\vec{F}_G$

Pohybová složka tíhové síly není v rovnováze s žádnou jinou silou. Pohybová složka tíhové síly udává tělesům na nakloněné rovině zrychlení.

Pohybová složka tíhové síly je výslednicí sil působících na těleso na nakloněné rovině.



$$\sin \alpha = \frac{F_p}{F_G}$$

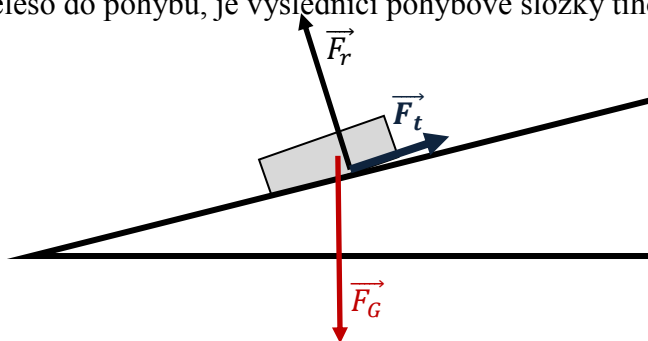
$$\cos \alpha = \frac{F_n}{F_G}$$

$$F_n = F_G \cdot \cos \alpha$$

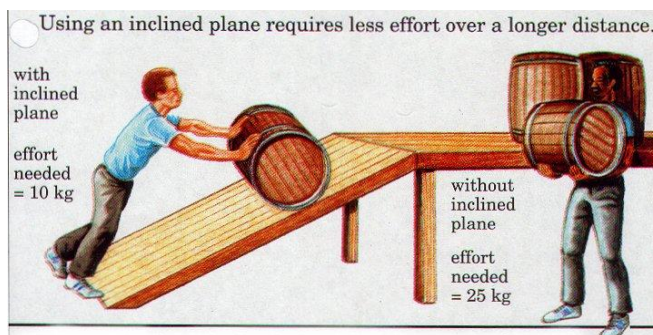
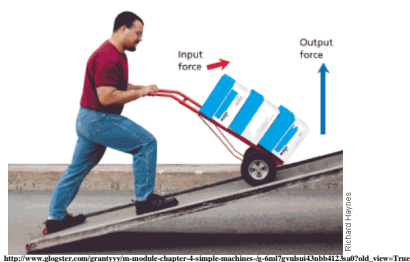
$$F_p = F_G \cdot \sin \alpha$$

## Reálná nakloněná rovina

Budeme-li uvažovat existenci reálných třecích sil, je situace o něco složitější. Normálová složka tíhové síly je stále v rovnováze s normálovou – tlakovou silou působící na těleso. Výsledná síla, která uvádí je těleso do pohybu, je výslednicí pohybové složky tíhové síly a síly třecí.



Příklady využití nakloněné roviny:

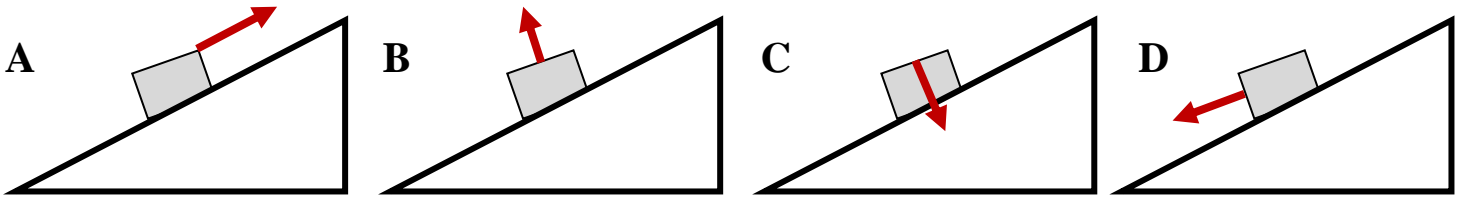


Příklady: rampa, šikmá silnice, skluzavka, cesta do kopce

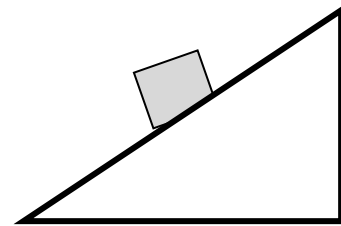
**Využití nakloněná roviny snižuje velikost potřebné síly, ale zvětšuje uraženou dráhu.**

# THE INCLINED PLANE - WORKSHEET

1. A block of mass  $m$  slides down an inclined plane with a constant speed,  $v$ . A force  $F$  is applied to the block and friction between the plane and the block is negligible. What is the correct orientation of the force  $F$ ?



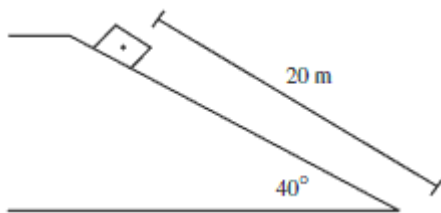
2. A block of mass  $m = 5\text{kg}$  slides down the inclined plane from the figure below. what is the acceleration of the block? the coefficient of dynamic friction is 0,5. Draw all forces that acts on the body.



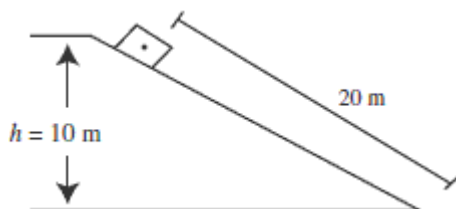
3. For each of the following situations, determine:  
 a) the acceleration of the block down the plane  
 b) the time for the block to slide to the bottom of the plane

In each case, assume a frictionless plane unless otherwise stated; assume the block is released from rest unless otherwise stated. (<http://www.education.com>)

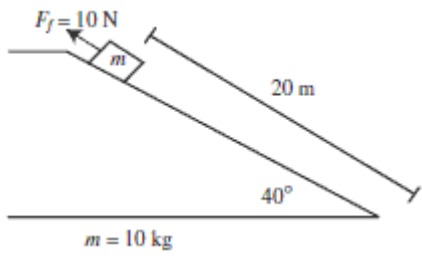
a)



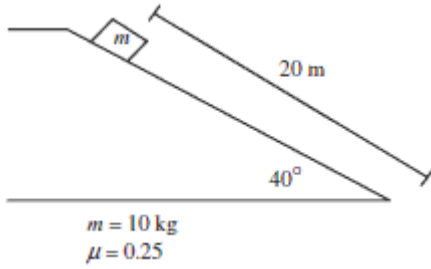
b)



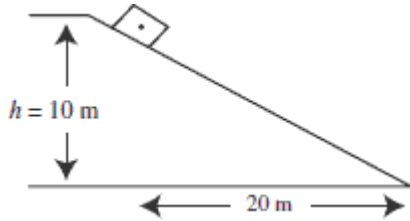
c)



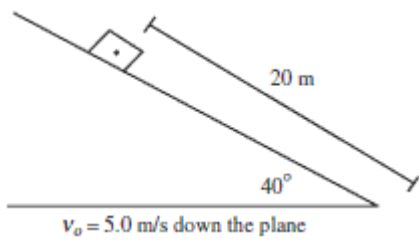
d)



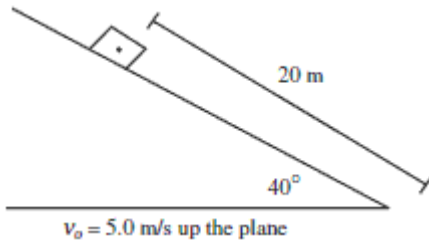
e)



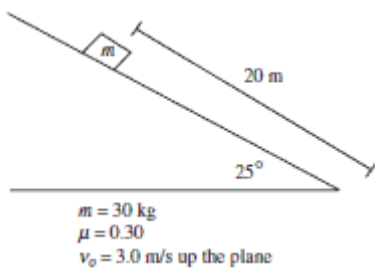
f)



g)

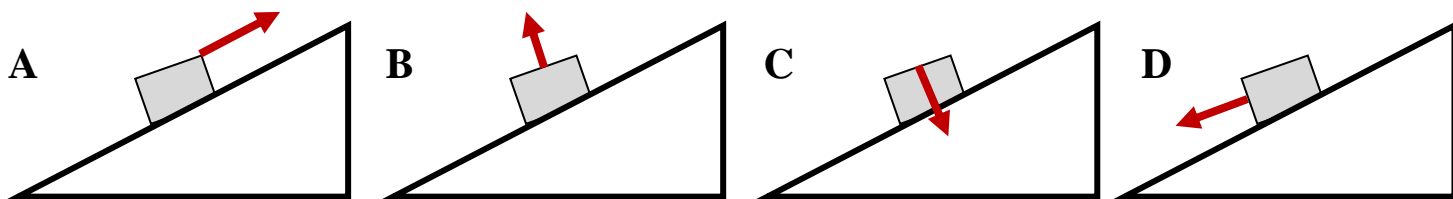


h)

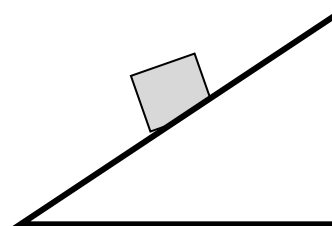


# NAKLONĚNÁ ROVINA – PRACOVNÍ LIST

1. Těleso hmotnosti  $m$  se pohybuje dolů po nakloněné rovině konstantní rychlostí  $v$ . Na těleso působí síla o velikosti  $F$ , třecí síly zanedbejme. Který ze směrů síly  $F$  je správný



2. Těleso o hmotnosti  $m = 5\text{ kg}$  se pohybuje dolů po nakloněné rovině, viz obrázek níže. Určete zrychlení tělesa. Součinitel smykového tření je  $0,5$ . Vyznačte všechny síly, které působí na těleso.

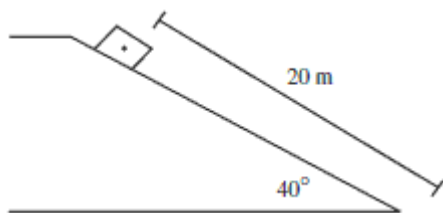


3. Pro každou z následujících situací určete:

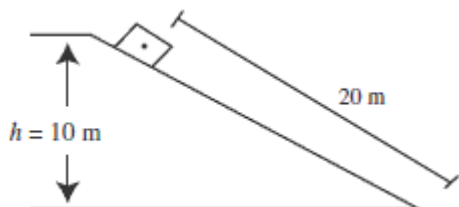
- Zrychlení tělesa pohybujícího se dolů po nakloněné rovině
- Čas, po který se bude těleso pohybovat.

Ve všech případech zanedbáváme tření. Pokud není uvedeno jinak, předpokládáme, že se těleso pohybuje z klidu. (<http://www.education.com>)

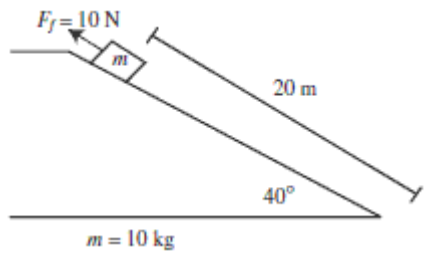
a)



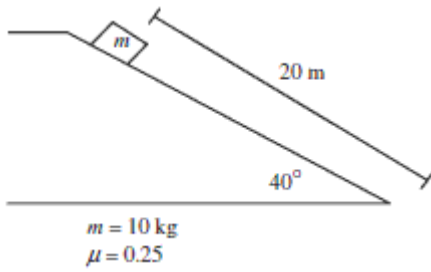
b)



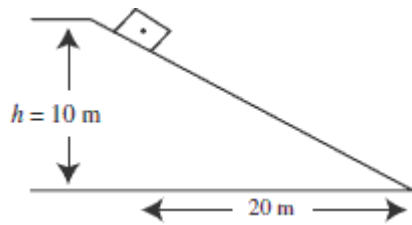
c)



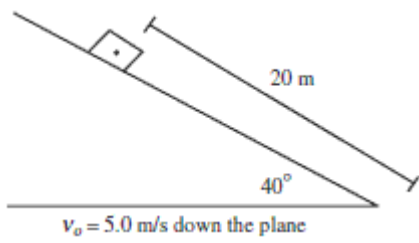
d)



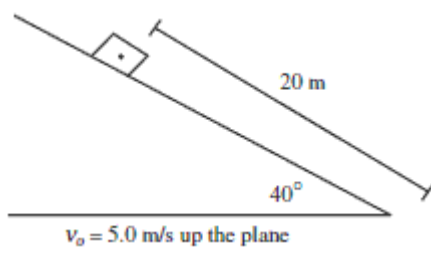
e)



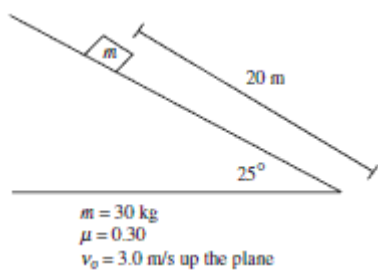
f)



g)



h)



# SCREW

A screw is considered a simple machine. The thread of a screw acts as an inclined plane. It delivers a mechanical advantage because you turn the screw a lot to have it go into the wood a little.

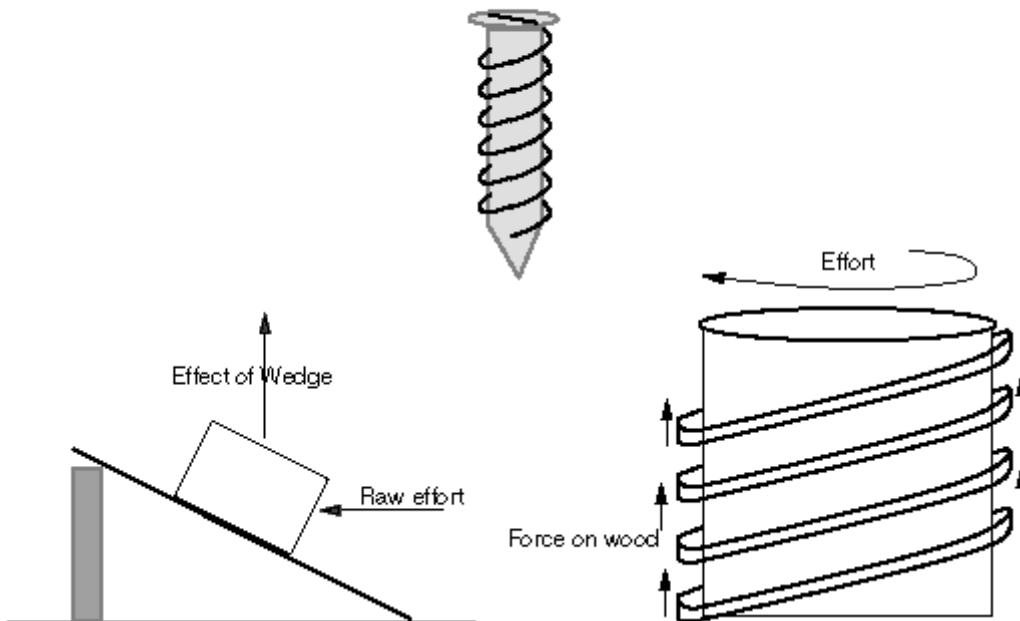
A screw is a shaft that has an inclined groove along its surface. By rotating the screw (applying a torque), the force is applied perpendicular to the groove, thus translating a rotational force into a linear one. It is frequently used to fasten objects together (as the hardware screw & bolt does), although Babylonians developed a "screw" that could elevate water from a low-lying body to a higher one (which later came to be known as Archimedes' screw).

The screw is basically an inclined plane wrapped around a cylinder.

Screws are known for high friction, which is why they are used to hold things together.

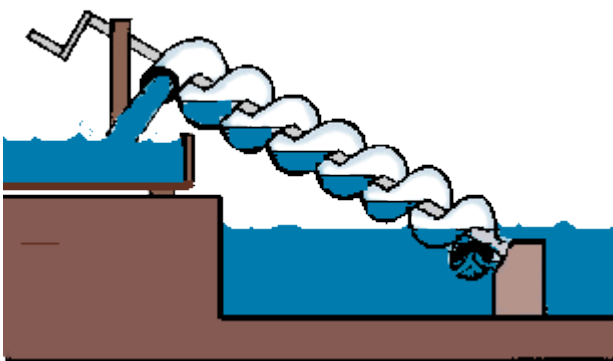
## Screw

A screw is simply  
a spiraled inclined plane



[http://www.clear.rice.edu/elec201/Book/basic\\_mech.html#SECTION00936000000000000000](http://www.clear.rice.edu/elec201/Book/basic_mech.html#SECTION00936000000000000000)

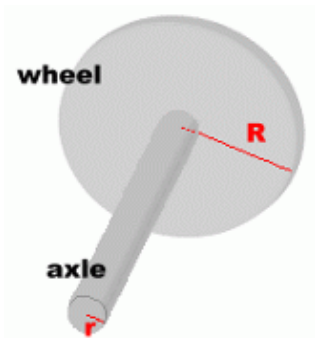
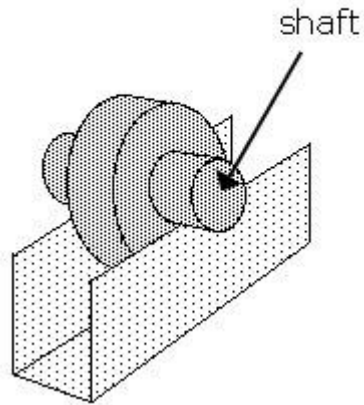
## Archimedes screw



<http://www.school-for-champions.com/biographies/archimedes.htm>

Archimedes' Screw has been used to lift water to higher levels since ancient times. Archimedes (287-212 B.C.) is the traditional inventor of this device, which was originally used for irrigation in the Nile delta and for pumping out ships

# WHEEL AND AXLE

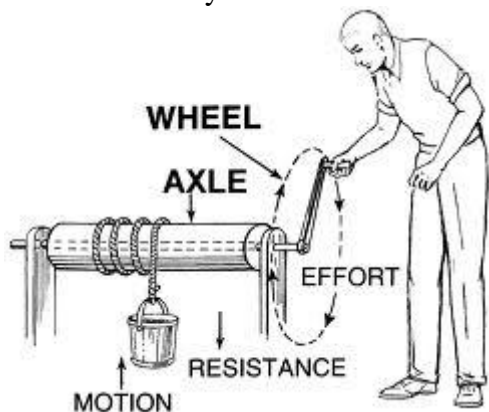


<http://ykonline.yksd.com/distanceedcourses/Courses/PhysicalScience/Lessons/ThirdQuarter/Chapter08/08-06.html>

<http://www.animations.physics.unsw.edu.au/jw/rotation.htm>

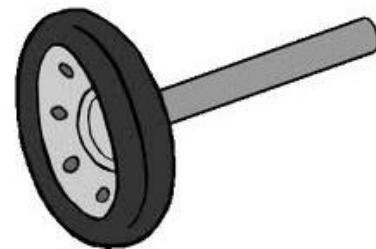
Wheel and Axle, a simple machine consisting of a wheel (or crank) and an axle that turn on the same axis. Steering wheels, doorknobs, and screwdrivers are wheel-and-axle devices. A crank replaces the wheel in devices such as windlasses, bicycle pedals, and hand drills.

The wheel and axle can be regarded as a form of lever: the radius of the wheel corresponds to the force arm, to which force is applied; the radius of the axle corresponds to the resistance arm; and the axis of the axle corresponds to the fulcrum. A wheel and axle has a theoretical mechanical advantage (ratio of the force delivered by the machine to the force put into the machine, disregarding friction) equal to the radius of the wheel divided by the radius of the axle.



<http://www.pixmule.com/wheel-and-axle/7/>

<http://hboykin414.tripod.com/wheelaxle.html>





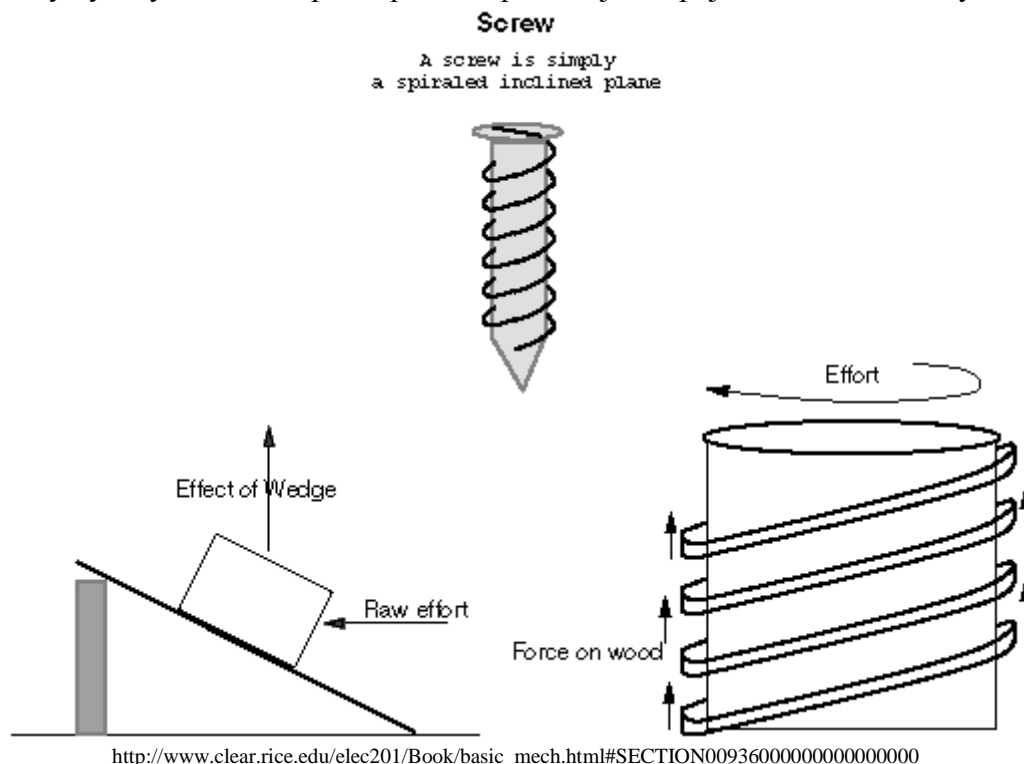
# ŠROUB

Šroub se řadí mezi jednoduché stroje. Zářezy na šroubu fungují na principu nakloněné roviny. Výhoda využití šroubu spočívá v tom, že při jeho velkém pootočení se do dřeva posune pouze o kousek.

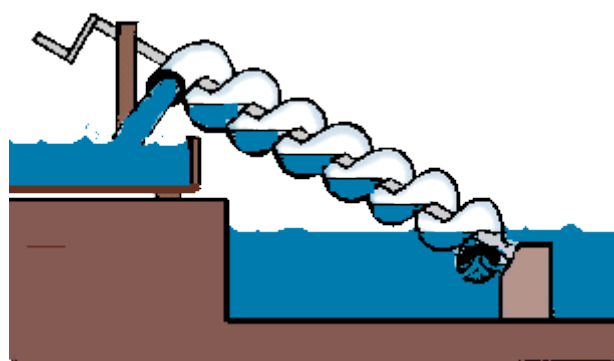
Šroub je v podstatě hřídel, která má na svém povrchu drážky ve tvaru povrchu nakloněné roviny. Otáčením šroubu působí síla kola na drážky a rotační pohyb (síla) je převeden na posuvný. Šroub se často využívá ke spojení předmětů dohromady, přestože Babyloňané vyvinuli šroub využívaný na čerpání vody z nižších míst do míst vyšších (který je později znám jako Archimédův šroub)

Jednoduše lze říci, že šroub je nakloněná rovina namotaná okolo válce.

Šrouby jsou známy vysokým třením a právě proto se používají ke spojení věcí dohromady.

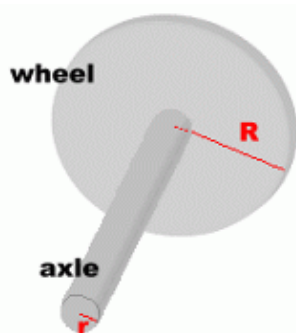
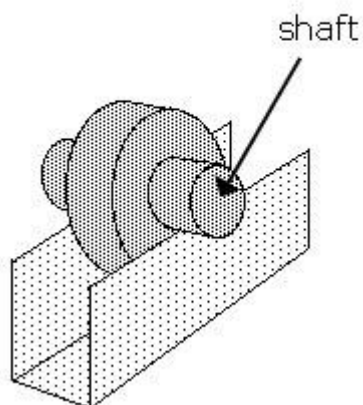


## Archimédův šroub



Archimédův šroub se využíval k čerpání vody do výše položených míst již od antických dob. Archimédes (287-212 př.n.l.) patří mezi vynálezce tohoto zařízení, které bylo původně využíváno k zavlažování v delte řeky Nil a také k čerpání vody z lodí.

# KOLO NA HŘÍDELI



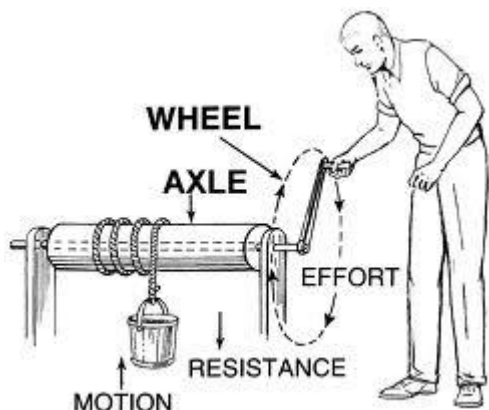
<http://ykonline.yksd.com/distancecourses/Courses/PhysicalScience/Lessons/ThirdQuarter/Chapter08/08-06.html>

<http://www.animations.physics.unsw.edu.au/jw/rotation.htm>

Kolo na hřídeli je jednoduchý stroj, který se skládá z kola a nápravy, které jsou otočné kolem téže osy. Příkladem kola na hřídeli jsou volanty, kliky, šroubováky. Kolo je nahrazeno klikou například v zařízeních jako je naviják, cyklistické pedály, ruční vrtačky.

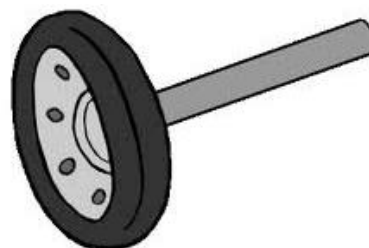
Kolo na hřídeli může být považováno za jednu z forem páky: poloměr hřídele odpovídá ramenu síly, která působí na rameno; poloměr kliky (kola) odpovídá druhému ramenu a osa nápravy je osou otáčení.

Kolo na hřídeli využívá nesledující princip: poměr působících sil je roven převrácenému poměru poloměrů kola a hřídele.



<http://www.pixmule.com/wheel-and-axle/7/>

<http://hboykin414.tripod.com/wheelaxle.html>



# SCREW, WHEEL AND AXLE, SIMPLE MACHINES - WORKSHEET

1. A fork is an example of a:  
A. Pulley  
B. Wedge  
C. wheel and axle
  
2. A roller skate is an example of a:  
A. wheel and axle  
B. wedge  
C. lever
  
3. A ramp is an example of a/an:  
A. Pulley  
B. screw  
C. inclined plane
  
4. The bottom of a light bulb would be considered a:  
A. Lever  
B. Screw  
C. wedge
  
5. Decide which of following statements are true:
  - i. T / F 1) Simple machines are tools that make work easier.
  - ii. T / F 2) Simple machines have many complex parts.
  - iii. T / F 3) Simple machines require no energy to do work.
  - iv. T / F 4) Simple machines do work with one movement.
  - v. T / F 5) Simple machines give us an advantage by changing the amount, speed or direction of forces.
  - vi. T / F 6) Simple machines require a much greater force to overcome a smaller force.

## 6. Screw

A screw is an inclined plane wound about a nail. The ridges are called the thread of a screw. These threads cut a groove in the wood as you turn the screw, making it hold very tightly. To remove a screw you have to turn in the opposite direction with a screwdriver. It is very difficult to remove a screw by pulling it straight out. As with any inclined plane used as a simple machine, the force required is less but the distance travelled is greater.

**List two trade-offs for using a screw**

---

---

---

**Provide four examples of a screw ( not those listed above)**

---

---

---

---



7. Write the name of the simple machine that is described in the sentences below:

*Wedge / Gear / Wheel and Axle / Screw / Pulley / Inclined Plane / Lever*

These two parts act as one simple machine. They roll and are found on cars, bikes and wheelbarrows. \_\_\_\_\_

A rope, a wheel with a groove in it and a weight make up this simple machine. You can pull down on the rope to lift the weight. \_\_\_\_\_

This simple machine can be used to lift a weight. It has a fulcrum, or pivot point, which can be located in the center, near the end or at the end of this simple machine.  
\_\_\_\_\_

These simple machines are wheels with teeth on them that fit together when the simple machines are turned. These simple machines are used to increase or decrease turning power by changing their size. \_\_\_\_\_

This simple machine can be used to split things apart or hold a door open.  
\_\_\_\_\_

Examples of this simple machine are used to hold things together. It is made up of an inclined plane wrapped around a cylinder. \_\_\_\_\_

A heavy object could be rolled up this simple machine, instead of lifting it straight up. Using this simple machine can save effort, although the object must usually cover more distance if this simple machine is used. \_\_\_\_\_

# ŠROUB, KOLO NA HŘÍDELI, JEDNODUCHÉ STROJE – PRACOVNÍ LIST

1. Vidlička je příkladem:
  - A. Kladka
  - B. klín
  - C. kolo na hřídeli
  
2. Kolečkové brusle jsou příkladem:
  - A. Kola na hřídeli
  - B. klín
  - C. páka
  
3. Rampa je příkladem:
  - A. kladky
  - B. šroubu
  - C. nakloněné roviny
  
4. Spodní část žárovky může být považována za:
  - A. páku
  - B. šroub
  - C. klín
  
5. Rozhodněte, které tvrzení je správné:
  - vii. A/N 1) Jednoduché stroje jsou zařízení, která usnadňují práci.
  - viii. A/N 2) Jednoduché stroje se skládají z mnoha složitých dílů.
  - ix. A/N 3) Aby jednoduché stroje konaly práci, nevyžadují dodávat žádnou energii.
  - x. A/N 4) Jednoduché stroje pracují s jedním pohybem.
  - xi. A/N 5) Jednoduché stroje usnadňují práci tím, že mění velikost, směr působící síly nebo zrychlení.
  - xii. A/N 6) Jednoduché stroje vyžadují velkou sílu pro překonání síly menší.

## 6. Šroub

List two trade-offs for using a screw

---

---

---

Uved'te čtyři příklady použití šroubu ( jiné než jsou uvedeny výše)

---

---

---

---



7. Napište název jednoduchého stroje, který je popsán vždy jednou z následujících vět:

Tyto dvě části fungují jako jednoduchý stroj. Otáčí se a můžeme najít na kole, autě atd.

---

Kolo s drčkou a vněm lano. Zatažením za lano lze zvedat předměty.

---

Tento jednoduchý stroj může být použit pro zvedání břemen. Má opěrný bod, kolem kterého se otáčí. Tato osa může být ve středu, v blízkosti nebo na konci tohoto jednoduchého stroje

---

Tyto jednoduché stroje se skládají z ozubených kol, která do sebe zapadají. Tyto jednoduché stroje se používají pro zvýšení nebo snížení rychlosti otáček díky změně jejich velikosti.

---

Tento jednoduchý stroj se používá k oddělení věcí od sebe, nebo také může držet otevřené dveře.

---

Zástupci tohoto jednoduchého stroje jsou využíváni k držení věcí dohromady u sebe. Skládají se z nakloněné roviny namotané na válci.

---

Pomocí tohoto jednoduchého stroje lze posouvat těžké předměty. Místo toho, aby byly zvedány přímo vzhůru, jsou tlačeny pod určitým úhlem. S využitím tohoto stroje nám ke zvednutí těles stačí vynaložit menší sílu, ale tělesa urazí o to delší dráhu.

---

# MECHANICAL ENERGY

We know that work is done upon an object whenever a force acts upon it to cause it to be displaced. Work involves a force acting upon an object to cause a displacement. In all instances in which work is done, there is an object that supplies the force in order to do the work.

In the process of doing work, the object that is doing the work exchanges energy with the object upon which the work is done. When the work is done upon the object, that object gains an energy. The energy acquired by the objects upon which work is done is known as mechanical energy.

Mechanical energy is the energy that is possessed by an object

- a) due to its motion or
- b) due to its position.

Mechanical energy can be either kinetic energy (energy of motion) or potential energy (stored energy of position).

## Kinetic energy

Kinetic energy is energy of motion. The kinetic energy of an object is the energy it possesses because of its motion. The kinetic energy\* of a point mass  $m$  is given by

$$E_k = W = F \cdot s = m \cdot a \cdot \frac{1}{2} at^2 = \frac{1}{2} m(at)^2 = \frac{1}{2} mv^2$$

Energy as the capacity for doing work is a convertible currency. To give something kinetic energy you must do work on it. This development uses the concept of work as well as Newton's second law and the motion equations. It is a special case of the work-energy principle, a powerful general principle of nature

$$E_k = \frac{1}{2} mv^2$$

$m$ ... mass of an object  
 $v$  ... velocity of an object  
 $E_k$  ... kinetic energy of an object

1. The kinetic energy depends upon the square of the velocity. (So at twice the speed, the object has 4x the energy.)
2. The kinetic energy of an object depends upon the speed. (A faster object can do more work.)
3. The kinetic energy depends upon the mass of an object. (A more massive objects can do more work.)

Kinetic energy is an expression of the fact that a moving object can do work on anything it hits; it quantifies the amount of work the object could do as a result of its motion.

For an object of finite size, this kinetic energy is called the translational kinetic energy of the mass to distinguish it from any rotational kinetic energy it might possess - the total kinetic energy of a mass can be expressed as the sum of the translational kinetic energy of its centre of mass plus the kinetic energy of rotation about its centre of mass.

This assumes that the speed is much less than the speed of light. If the speed is comparable with  $c$  then the relativistic kinetic energy expression must be used.

# Potential energy

Potential energy is energy which results from position or configuration.

An object may have the capacity for doing work as a result of its position in

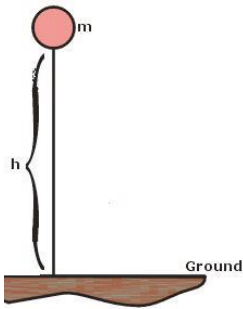
1. a gravitational field (gravitational potential energy)
2. an electric field (electric potential energy), or
3. a magnetic field (magnetic potential energy).

It may have elastic potential energy as a result of

4. a stretched spring or other elastic deformation (elastic potential energy).

## Gravitational potential energy

Gravitational potential energy is energy an object possesses because of its position in a gravitational field. The most common use of gravitational potential energy is for an object near the surface of the Earth where the gravitational acceleration can be assumed to be constant at about  $9.8 \text{ m/s}^2$ .



$$E_p = W$$

$$E_p = F \cdot s$$

$$E_p = F_G \cdot h$$

$$\boxed{E_p = m \cdot g \cdot h}$$

The potential energy at a height  $h$  above that point is equal to the work which would be required to lift the object to that height with no net change in kinetic energy.

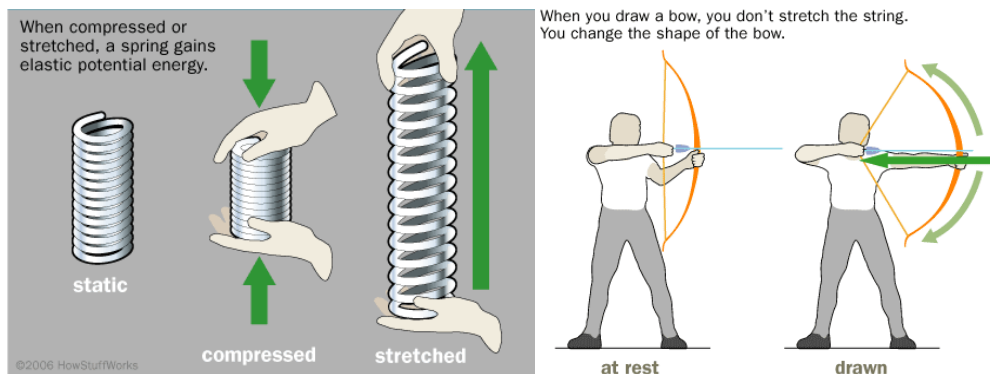
<http://physics.tutorvista.com/energy/potential-energy.html#>

Since the zero of gravitational potential energy can be chosen at any point (like the choice of the zero of a coordinate system).

Since the force required to lift it is equal to its weight, it follows that the gravitational potential energy is equal to its weight times the height to which it is lifted.

## Elastic potential energy

Elastic potential energy is Potential energy stored as a result of deformation of an elastic object, such as the stretching of a spring. It is equal to the work done to stretch the spring, which depends upon the spring constant  $k$  as well as the distance stretched.



<http://science.howstuffworks.com/crossbow2.htm>

## The total mechanical energy

As already mentioned, the mechanical energy of an object can be the result of its motion (kinetic energy) and/or the result of its stored energy of position (potential energy).

The total amount of mechanical energy is the sum of the potential energy and the kinetic energy. This sum is simply referred to as the total mechanical energy.

$$\boxed{E_{MECH} = E_P + E_K}$$



# MECHANICKÁ ENERGIE

Víme, že těleso koná práci, jestliže působí silou na jiné těleso a způsobí jeho pohyb po určité dráze. Práce zahrnuje sílu působící na těleso, která způsobí jeho posun. Ve všech případech musí existovat těleso, které působí silou a koná práci.

Jestliže těleso koná práci, pak předává část svojí energie tělesu, na které působí silou. Jestliže je na určitém tělese vykonána práce, pak toto těleso získalo energii. Energie, kterou těleso získá při vykonávání mechanické práce, se nazývá mechanická energie.

Mechanickou energii je energie, kterou získají tělesa:

- a) díky svému pohybu nebo
- b) díky své poloze.

Mechanickou energii může mít těleso ve formě energie kinetické (pohybová energie) nebo potenciální energie (polohová energie.).

## Kinetická energie

Kinetická energie je pohybovou energií. Kinetickou energii mají tělesa, která se pohybují. Velikost kinetické energie je určena jako:

$$E_k = W = F \cdot s = m \cdot a \cdot \frac{1}{2} at^2 = \frac{1}{2} m(at)^2 = \frac{1}{2} mv^2$$

Energie je schopnost konat práci. Aby těleso získalo kinetickou energii, musí na něm jiné těleso vykonat práci a uvést ho do pohybu. Toto odvození využívá pojem práce, ale také druhý Newtonův pohybový zákon a pohybové rovnice. Jedná se o zvláštní případ konání práce a přenosu energie, jedná se o obecnou zákonitost přírody.

$$E_k = \frac{1}{2} mv^2$$

m... hmotnost tělesa  
v ... rychlost tělesa  
 $E_k$  ... kinetická energie tělesa

1. Hodnota kinetické energie je přímo úměrná druhé mocnině rychlosti tělesa.. (Tedy, zvětší-li se rychlost 25x, vzroste hodnota kinetické energie 4x.)
2. Kinetická energie závisí na velikosti rychlosti tělesa.(Rychlejší tělesa mohou vykonat větší práci.)
3. Kinetická energie závisí na hmotnosti tělesa. (Těžší tělesa mohou vykonat větší práci.)

Kinetická energie je vyjádřením faktu, že pohybující se tělesa mohou konat práci. Kinetická energie udává množství práce, kterou mohou pohybující se tělesa vykonat v důsledku svého pohybu.

Pro tělesa s konečnou hmotností se tato kinetická energie nazývá translační kinetická energie a je rozdílná od tzv. rotační kinetické energie. Celková kinetická energie tělesa je určena jako součet translační kinetické energie těžiště tělesa a rotační kinetické energie rotace kolem těžiště tělesa.

V našich úvahách předpokládáme, že rychlost tělesa je mnohem menší než rychlost světla. Pokud by byla rychlost tělesa srovnatelná s rychlostí světla  $c$ , museli bychom použít vztah pro výpočet relativistické kinetické energie.

# Potenciální energie

Potenciální energie tělesa je důsledkem polohy tělesa v dané vztažné soustavě.

Těleso může konat práci v důsledku své polohy v

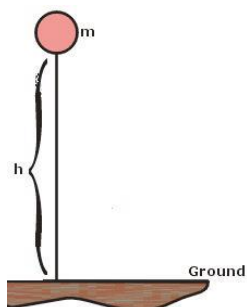
1. Gravitačním poli (gravitační potenciální energie)
2. Elektrickém poli (elektrická potenciální energie) nebo
3. Magnetickém poli (magnetická potenciální energie).

Těleso může mít potenciální energie pružnosti jako důsledek

4. Deformace tahem nebo jiným typem deformace (potenciální energie pružnosti).

## Potenciální energie tíhová

Potenciální energii tíhovou mají všechna tělesa, která jsou umístěna v tíhovém poli, její hodnota je určena polohou tělesa. Nejčastějším případem je určení potenciální energie tíhové u těles, která se nacházejí v blízkosti povrchu Země, kde lze hodnotu tíhového zrychlení považovat za konstantní  $9.8 \text{ m/s}^2$ .



$$E_p = W$$
$$E_p = F \cdot s$$
$$E_p = F_G \cdot h$$
$$\boxed{E_p = m \cdot g \cdot h}$$

Potenciální energie tíhová tělesa ve výšce  $h$  nad nulovou hladinou je rovna práci, která bylo vykonána při zvednutí tělesa do výšky  $h$ .

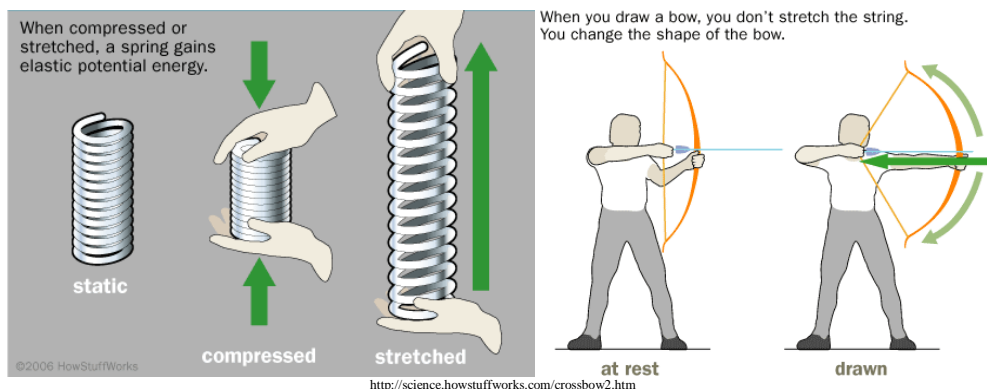
<http://physics.tutorvista.com/energy/potential-energy.html#>

jako nulovou hladinu potenciální energie lze zvolit libovolné místo (je to stejné jako volba počátku vztažné soustavy).

Hodnota tíhové potenciální energie tělesa je rovna součinu jeho hmotnosti a výšky nad nulovou hladinou a dále hodnotě tíhového zrychlení.

## Potenciální energie pružnosti

Potenciální energii získají a mají všechna tělesa, která jsou pružně deformována, jako například při natahování pružiny. Potenciální energie pružnosti pružiny je rovna práci, která byla vykonána při její deformaci. Velikost práce i potenciální energie pružiny závisí na tuhosti pružiny  $k$  a také na velikosti deformace.



## Celková mechanická energie tělesa

Jak je uvedeno výše, může mít těleso několik druhů mechanické energie – pohybovou/ kinetickou energii a polohovou potenciální energii. Celková hodnota mechanické energie je dána součtem kinetické energie tělesa a potenciální energie tělesa.

$$\boxed{E_{MECH} = E_P + E_K}$$

# CONSERVING OF MECHANICAL ENERGY

Consider an object of a mass 1kg which is falling down in a free fall from a height of 500 metres.

Now we will study the free fall. Calculate and fill the values of variables in different times of the free fall..

(Value of  $g$  is  $10\text{m}\cdot\text{s}^{-2}$ .)

**$t_0 = 0\text{s}$**

$$s_0 = \frac{1}{2}gt_0^2$$

$$s_0 = 0\text{ m}$$

$$h_0 = 500\text{ m} - s_0$$

$$h_0 = 500\text{m}$$

$$v_0 = gt_0$$

$$v_0 = 0\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$$

$$E_{p0} = mgh_0$$

$$E_{p0} = 1 \cdot 10 \cdot 500 = 5\,000\text{J}$$

$$E_{k0} = \frac{1}{2}mv_0^2$$

$$E_{k0} = 0\text{ J}$$

**$t_1 = 1\text{s}$**

$$s_1 = \frac{1}{2}gt_1^2$$

$$s_1 = \frac{1}{2} \cdot 10 \cdot (1)^2 = 5\text{ m}$$

$$h_1 = 500\text{ m} - s_1$$

$$h_1 =$$

$$v_1 = gt_1$$

$$v_1 = 10\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$$

$$E_{p1} = mgh_1$$

$$E_{p1} =$$

$$E_{k1} = \frac{1}{2}mv_1^2$$

$$E_{k1} = 50\text{ J}$$

**$t_2 = 2\text{s}$**

$$s_2 = \frac{1}{2}gt_2^2$$

$$s_2 = \frac{1}{2} \cdot$$

$$h_2 =$$

$$h_2 =$$

$$v_2 = gt_2$$

$$v_2 = 20\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$$

$$E_{p2} =$$

$$E_{p2} =$$

$$E_{k2} = \frac{1}{2}mv_2^2$$

$$E_{k2} = 200\text{ J}$$

**$t_3 = 3\text{s}$**

$$s_3 =$$

$$s_3 =$$

$$h_3 =$$

$$h_3 =$$

$$v_3 = gt_3$$

$$v_3 =$$

$$E_{p3} =$$

$$E_{p3} =$$

$$E_{k3} = \frac{1}{2}mv_3^2$$

$$E_{k3} =$$

**$t_4 = 4\text{s}$**

$$s_4 = \frac{1}{2}gt_4^2$$

$$s_4 =$$

$$h_4 =$$

$$h_4 =$$

$$v_4 = gt_4$$

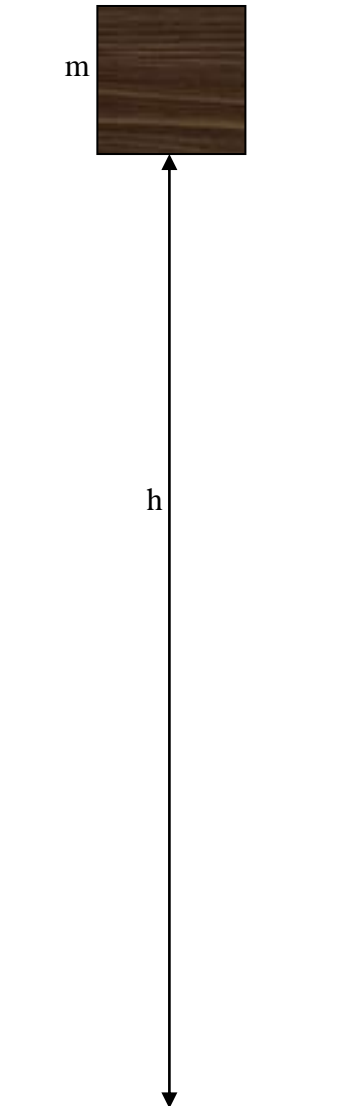
$$v_4 =$$

$$E_{p4} =$$

$$E_{p4} =$$

$$E_{k4} = \frac{1}{2}mv_4^2$$

$$E_{k4} =$$



$$t_5 = 5s$$

$$s_5 =$$

$$h_5 =$$

$$v_5 =$$

$$E_{p5} =$$

$$E_{k5} =$$

$$t_6 = 6s$$

$$s_6 =$$

$$h_6 =$$

$$v_6 =$$

$$E_{p6} =$$

$$E_{k6} =$$

$$t_7 = 7s$$

$$s_7 =$$

$$h_7 =$$

$$v_7 =$$

$$E_{p7} =$$

$$E_{k7} =$$

$$t_8 = 8s$$

$$s_8 =$$

$$h_8 =$$

$$v_8 =$$

$$E_{p8} =$$

$$E_{k8} =$$

$$t_9 = 9s$$

$$s_9 =$$

$$h_9 =$$

$$v_9 =$$

$$E_{p9} =$$

$$E_{k9} =$$

$$t_{10} = 10s$$

$$s_{10} =$$

$$h_{10} =$$

$$v_{10} =$$

$$E_{p10} =$$

$$E_{k10} =$$

$$E_{k10} =$$

| t<br>[s] | s<br>[m] | h<br>[m] | E <sub>k</sub><br>[J] | E <sub>p</sub><br>[J] | E <sub>mech</sub> =E <sub>p</sub> + E <sub>k</sub><br>[J] |
|----------|----------|----------|-----------------------|-----------------------|---|
| 0        |          |          |                       |                       |   |
| 1        |          |          |                       |                       |   |
| 2        |          |          |                       |                       |   |
| 3        |          |          |                       |                       |   |
| 4        |          |          |                       |                       |   |
| 5        |          |          |                       |                       |   |
| 6        |          |          |                       |                       |   |
| 7        |          |          |                       |                       |   |
| 8        |          |          |                       |                       |   |
| 9        |          |          |                       |                       |   |
| 10       |          |          |                       |                       |   |

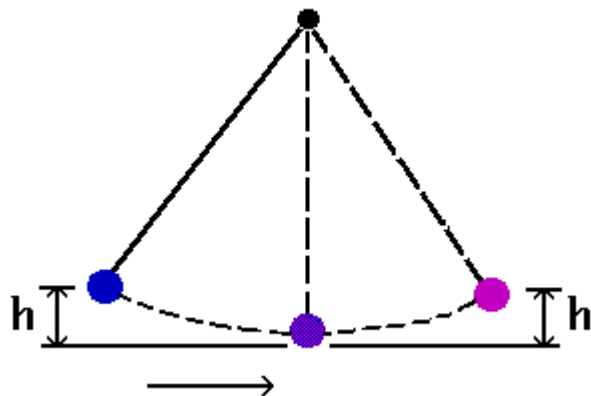
During the free fall the two types of mechanical energy are transforming. The sum of the kinetic and the potential energy in each second is ..... These assumptions are correct in that case that there is no other force except .....

**The total mechanical energy in an isolated system remains constant as long as the only forces acting are conservative forces.**  
**The relationship: .....**

# CONSERVING OF ENERGY – WORKSHEET

1. An object weighing 15 N is lifted from the ground to a height of 0,22 meter. The increase in the object's gravitational potential energy is approximately
  - A. 310 J
  - B. 32 J
  - C. 3,3 J
  - D. 0,34 J
2. A block of wood is pulled along a horizontal bench at a constant speed of 15 m/s by a force of 8N. How much work is done against friction in 6 seconds?
  - A. 720 J
  - B. 120 J
  - C. 48 J
  - D. 20 J
3. The total mechanical energy of a body free falling in a vacuum
  - A. increases.
  - B. decreases
  - C. remains the same
  - D. depends on the shape of the body
4. What is the average power output of a 50-kg boy who climbs a 2.0-m step ladder in 10 seconds?
  - A. 10 W
  - B. 49 W
  - C. 98 W
  - D. 250 W
5. A ball with a mass of 1.0 kg sits at the top of a 30 degree incline plane that is 20.0 meters long. If the potential energy of the ball is 98 J at the top of the incline, what is its potential energy once it rolls half way down the incline?
  - A. 0 J
  - B. 49 J
  - C. 98 J
  - D. 196 J
6. The work done in raising a body must
  - A. increase the kinetic energy of the body.
  - B. decrease the total mechanical energy of the body.
  - C. decrease the internal energy of the body.
  - D. increase the gravitational potential energy of the body.
7. Work is done when a force
  - I. acts vertically on a box moving along a horizontal surface.
  - II. exerted on one end of a box is equal and opposite to a force exerted on the other end of the box.
  - III. pushes a box up a frictionless incline.
  - IV. of gravitational attraction acts between a box and the surface of the earth.
  - A. I and II only
  - B. II and IV only
  - C. I only
  - D. III only
8. What happens to the speed of a body if its kinetic energy is doubled?
  - A. It is multiplied by  $2^{1/2}$ .
  - B. it is doubled
  - C. it is halved
  - D. it is multiplied by 4

9. Explain the conservation of energy on a pendulum.



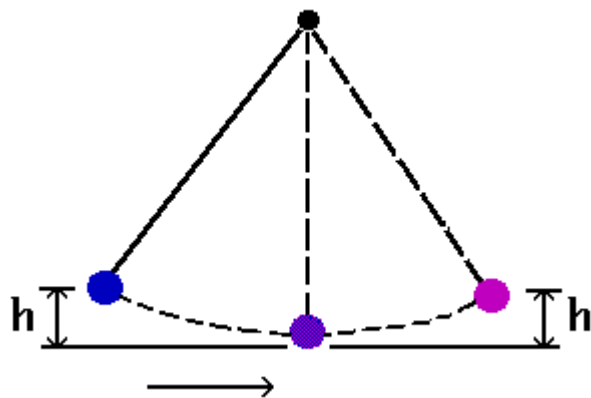
<http://library.thinkquest.org/2745/data/lawce1.htm>

10. A stone falls from the top of a cliff, 80 m high. When it reaches the foot of the cliff, its speed is  $38 \text{ m.s}^{-1}$ . Calculate the proportion of the stone's initial gravitational potential energy that is converted to kinetic energy. What happens to the stone's initial energy?

# ZÁKON ZACHOVÁNÍ MECH.ENERGIE – PRAC.LIST

1. Těleso o tíze 15 N je zvednuto do výšky 0,22 metrů. Potenciální energie tího tělesa vzroste o
  - A. 310 J
  - B. 32 J
  - C. 3,3 J
  - D. 0,34 J
2. Kus dřeva je tažen po vodorovné lavici konstantní rychlostí o velikosti 15m/s silou 8N. Jak velkou práci vykonají třecí síly za dobu 6 s?
  - A. 720 J
  - B. 120 J
  - C. 48 J
  - D. 20 J
3. Celková mechanická energie při volném pádu ve vakuu
  - A. roste.
  - B. klesá
  - C. zůstává stejná
  - D. záleží na tvaru tělesa
4. Určete průměrný výkon 50 kg chlapce, který vyšplhá na žebřík do výšky 2m z a10s.
  - A. 10 W
  - B. 49 W
  - C. 98 W
  - D. 250 W
5. Míč o hmotnosti 1 kg je umístěn nahoře na nakloněné rovině dlouhé 20metrů se sklonem 30°. Jaká bude hodnota potenciální energie míče v polovině nakloněné roviny, jestliž ev nejvyšším místě byla její hodnota 98J?
  - A. 0 J
  - B. 49 J
  - C. 98 J
  - D. 196 J
6. Mechanická práce zvyšuje svou hodnotu, těleso musí
  - A. Zvýšit kinetickou energii.
  - B. Snížit hodnotu celkové mechanické energie.
  - C. Snížit vnitřní energii
  - D. Zvýšit hodnotu potenciální energie tíhové.
7. Těleso koná práci, jestliže
  - I. působí vodorovným směrem na krabici pohybující se po vodorovné ploše.
  - II. působí na krabici na jednom konci a velikost působící síly je rovna síle působící na druhé straně.
  - III. tlačí krabici do svahu (neuvažujeme tření).
  - IV. existuje gravitační působení mezi krabicí a povrchem
  - A. I a II
  - B. II a IV
  - C. I
  - D. III
8. Jak se změní kinetická energie tělesa, jestliže se jeho rychlost zdvojnásobí?
  - A. Vynásobí se hodnotou 2<sup>1/2</sup>.
  - B. Bude 2x větší
  - C. Bude poloviční
  - D. Bude 4x větší

9. Popište zákon zachování mechanické energie na pohybu kyvadla..



<http://library.thinkquest.org/2745/data/lawce1.htm>

10. Kámen padá z vrcholu útesu z výšky 80metrů. V okamžiku, kdy dosáhne úpatí útesu, je jeho rychlost  $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ . Určete velikost potenciální energie tíhové, která se přeměnila na kinetickou energii. Co se stalo s počáteční energií kamene?



# POWER

The word power has several different meanings:

Political power, electrical power from power station, ....

In physics, it has a specific meaning.

First of all we will explain, how is important to define new physical quantity.

The quantity work has to do with a force causing a displacement. Work has nothing to do with the amount of time that this force acts to cause the displacement. Sometimes, the work is done very quickly and other times the work is done rather slowly. For example, a rock climber takes an abnormally long time to elevate her body up a few meters along the side of a cliff. On the other hand, a trail hiker (who selects the easier path up the mountain) might elevate her body a few meters in a short amount of time. The two people might do the same amount of work, yet the hiker does the work in considerably less time than the rock climber. The quantity that has to do with the rate at which a certain amount of work is done is known as the power. The hiker has a greater power rating than the rock climber.

$$P = \frac{W}{t}$$

W ... work

t ... time

## Unit of power:

Power is measured in watts.

It's named after James Watt. James Watt was a Scottish engineer famous for his development of the steam engine in the second half of the 18<sup>th</sup> century.

The standard metric unit of power is the Watt. As is implied by the equation for power, a unit of power is equivalent to a unit of work divided by a unit of time. Thus, a Watt is equivalent to a Joule/second. For historical reasons, the horsepower is occasionally used to describe the power delivered by a machine. One horsepower is equivalent to approximately 750 Watts.

The watt is defined as a rate of working of 1 joule per second.

$$[P] = \frac{[W]}{[t]}$$

$$W = \frac{J}{s} = J \cdot s^{-1}$$

In practise we also use kilowatts and megawatts.

$$1kW = 10^3W$$

$$1MW = 10^6W$$

## Example:

The motor of the lift provides a force of 20kN. This force is enough to raise the lift by 9 m in 5 s. Calculate the output power of the motor.

$$F = 20kN = 2 \cdot 10^4N$$

$$s = 9m$$

$$t = 5s$$

$$\alpha = 90^\circ$$

$$P = ?$$

$$P = \frac{W}{t} = \frac{F \cdot s \cdot \cos\alpha}{t}$$

$$W = F \cdot s \cdot \cos\alpha$$

$$P = \frac{F \cdot s}{t}$$

$$P = \frac{2 \cdot 10^4N \cdot 9m}{5s}$$

$$\underline{P = 36\,000\,W}$$

Most machines are designed and built to do work on objects. All machines are typically described by a power rating. The power rating indicates the rate at which that machine can do work upon other objects.

## Efficiency

Very few devices can transfer energy from one form into another without wasting some on the way. Let us explain with an example.

A light bulb is designed to turn electrical energy into light energy. But most bulbs produce a lot of heat energy too. That energy has not been lost, but it has been wasted. You don't say "It's cold in here. Turn on the light!" Do you?

To measure the efficiency of a device, calculate the percentage of the total energy put in that has become useful output energy.

*Example:*

a bulb is provided with 100 J of electrical energy, but only produces 20 J of light. The fraction turned into light is 20 J out of 100 J = 20/100.

In percentages, that's  $20/100 \times 100\% = 20\%$ .

**The efficiency of a device, machine or engine is defined as the ratio of useful power output to power input.**

$$\eta = \frac{W}{E} = \frac{P}{P_0}$$

*W ... output useful work*  
*E ... input energy*

*P ... power output*  
*P<sub>0</sub> ... power input*

$[\eta] = 1$

$[\eta] = \%$

The efficiency is usually expressed as a percentage.

Efficiency (%) = (useful power output/power input) x 100

For example when driving a car, energy from burning fuel is transferred into kinetic energy of the car. However, more than half the energy is lost as heat and sound.

**Practise:**

1. Two physics students, Will and Ben, are in the weightlifting room. Will lifts the 100-pound barbell over his head 10 times in one minute; Ben lifts the 100-pound barbell over his head 10 times in 10 seconds. Which student does the most work? Which student delivers the most power?
2. During a physics lab, Jack and Jill ran up a hill. Jack is twice as massive as Jill; yet Jill ascends the same distance in half the time. Who did the most work? Who delivered the most power? Explain your answers.
3. A tired squirrel (mass of approximately 1 kg) does push-ups by applying a force to elevate its center-of-mass by 5 cm in order to do a mere 0.50 Joule of work. If the tired squirrel does all this work in 2 seconds, then determine its power.
4. When doing a chin-up, a physics student lifts her 42.0-kg body a distance of 0.25 meters in 2 seconds. What is the power delivered by the student's biceps?
5. Your household's monthly electric bill is often expressed in kilowatt-hours. One kilowatt-hour is the amount of energy delivered by the flow of 1 kilowatt of electricity for one hour. Use conversion factors to show how many joules of energy you get when you buy 1 kilowatt-hour of electricity.
6. An escalator is used to move 20 passengers every minute from the first floor of a department store to the second. The second floor is located 5.20 meters above the first floor. The average passenger's mass is 54.9 kg. Determine the power requirement of the escalator in order to move this number of passengers in this amount of time.

# VÝKON

Slovo výkon může mít mnoho různých významů:

Výkon sportovce, elektrický výkon, výkon politika,..

Ve fyzice má tato veličina konkrétní a přesný význam.

Nejprve si vysvětlíme, proč je důležité zavádět novou fyzikální veličinu.

Práci koná každá síla, která posune těleso po určité dráze.

Práce v sobě nijak nezahrnuje dobu, po kterou síla působila na těleso.

Někdy může být práce vykonána velmi rychle, někdy naopak pomalu.

Například.: Horolezci trvalo velmi dlouho, než vylezl na vrchol útesu. Na druhou stranu pěší turistka, která zvolila snazší cestu stoupá o pár metrů výše v krátkém čase. Tito dva lidé konali stejný druh práce, ale pěší turistka zvládla vykonat práci za kratší dobu než lezec. Veličina, která nám umožní tyto dva výkony porovnat, se nazývá výkon. Turistka měla větší výkon než horolezec.

$$P = \frac{W}{t}$$

W ... práce

t ... čas

## Jednotka výkonu:

Výkon měříme ve wattech.

Tato jednotka je pojmenována po Jamesi Wattovi, Watt byl skotský inženýr, který je známý jako konstruktér a inovátor parního stroje v druhé polovině 18. století.

Základní jednotka výkonu jsou watt.

Z definičního vztahu pro výkon lze určit, že jednotka výkonu je podílem jednotky práce a jednotky času.

Tudíž je watt ekvivalentní s jednotkou J/s.

Z historických důvodů se také někdy používají jednotky jako koňská síla pro vyjádření výkonu určitých strojů.

Jedna koňská síla je asi 750 W.

Výkon jednoho wattu má těleso, které vykoná práci 1J za dobu 1s.

$$[P] = \frac{[W]}{[t]}$$
$$W = \frac{J}{s} = J \cdot s^{-1}$$

V praxi se často používají kW a MW.

$$1kW = 10^3W$$

$$1MW = 10^6W$$

## Příklad:

Motor výtahu vyvolá sílu o velikosti 20kN. Tato síla stačí na vyzvednutí výtahu o  $m$  za dobu 5 s. Určete výkon motoru výtahu.

$$F = 20kN = 2 \cdot 10^4N$$

$$s = 9m$$

$$t = 5s$$

$$\alpha = 90^\circ$$

$$P = ?$$

$$P = \frac{W}{t}$$
$$P = \frac{\vec{F} \cdot \vec{s} \cdot \cos\alpha}{t}$$

$$W = F \cdot s \cdot \cos\alpha$$

$$P = \frac{F \cdot s}{t}$$

$$P = \frac{2 \cdot 10^4N \cdot 9m}{5s}$$

$$P = 36\,000\,W$$

Většina strojů je sestrojena, aby konala práci na jiných tělesech. Všechny stroje jsou charakterizovány pomocí veličiny výkon. Výkon udává „rychlost práce (výkon)“, kterou může stroj vykonat.

## Účinnost

Velmi málo zařízení a strojů v našem okolí dokáže přeměňovat jednotlivé druhy energie, aniž by docházelo k jejím ztrátám.

Vysvětleme si to na konkrétním příkladu.

Žárovka je sestrojena, aby přeměňovala elektrickou energii na energii světelnou. Ale kromě elektrické energie žárovka produkuje také teplo. Energie se v žárovce neztratila, ale byla přeměněna na neúčinnou formu. Nikdy neřekneme – Je tu zima, zapni světlo.

Při určování hospodárnosti strojů počítáme kolik procent dodané energie přemění zařízení v užitečnou energii.

*Příklad:*

Žárovce je dodána elektrická energie o hodnotě 100 J, ale světelná energie produkovaná žárovkou má hodnotu jen 20 J. Část energie, která se přeměnila na světlo je 20/100.

V procentech:  $20/100 \times 100\% = 20\%$ .

**Účinnost zařízení je definována jako poměr užitečné práce vykonané strojem a celkové dodané energie.**

$$\eta = \frac{W}{E} = \frac{P}{P_0}$$

*W ... užitečná práce vykonaná strojem*  
*E ... dodaná energie*

*P ... výkon*  
*P<sub>0</sub> ... příkon*

$$[\eta] = 1$$

$$[\eta] = \%$$

Účinnost se obvykle udává v procentech.

$$\text{účinnost (\%)} = (\text{vykonaná užitečná práce/dodaná energie}) \times 100$$

Například při jízdě autem se energie hořícího paliva přeměňuje na kinetickou energii automobilu. Nicméně, více než olovina energie je přeměněna v teplo a zvuk.

### Cvičení:

1. Dva studenti fyziky Will a Ben, jsou v posilovně. Will zvedne činku o hmotnosti 50kg nad hlavu 10x za minutu, Ben ji zvedne 10x za 10 sekund. Který student vykonal větší práci? Který student měl větší výkon?
2. V průběhu laboratorní fyziky běhali Jack a Jill nahoru do kopce. Jack je 2x těžší než Jill, Jill stačil na splnění úkolu poloviční čas. Kdo vykonal větší práci? Který student měl větší výkon?
3. Unavená veverka dělá kliky (hmotnost asi 1 kg) a využívá sílu ke zvednutí těžiště asi o 5 cm a vykoná práci pouhých 0,50 J. Pokud vykoná veverka tuto práci za 2 s, jaký je její výkon?.
4. Při děláni zdvihů zvedl student své tělo o hmotnosti 42kg za dvě sekundy do vzdálenosti 0,25metrů. Určete výkon chlapcových bicepsů?
5. Měsíční útrata za elektřinu je ve vaší domácnosti vyjádřena v kW/h. jedna kilowatt hodina je množství energie v kW, které je spotřebováno za jednu hodinu. Použijte převodní vztah a určete kolik joule spotřebuje vaše domácnost, jestliže si koupíte 1 kW/h elektrické energie.
6. Eskalátor je používán pro přepravu 20 osob každou minutu do druhého patra, které se nachází 5,2m nad prvním patrem. Průměrná hmotnost pasažéra je 54,9 kg. Určete průměrný výkon motoru eskalátoru.

# ENERGY - WORKSHEET

- Which of the following is the best example of increasing an object's potential energy?
  - rolling a bowling ball
  - turning on a light bulb
  - stretching a rubber band
  - dropping a pencil
- An object that has kinetic energy must be...
  - lifted above earth's surface.
  - in motion.
  - at rest.
  - None of the above.
- Thermal energy is...
  - kinetic.
  - potential.
  - both kinetic and potential.
  - neither kinetic nor potential.
- Sound energy is...
  - the energy of a compound that changes as its atoms are rearranged to form new compounds.
  - the total energy of the particles that make up an object.
  - the energy caused by an object's vibrations.
  - the energy of motion.
- What device converts chemical energy to mechanical energy?
  - human
  - car
  - jet plane
  - all of the above.
- Which of the following is a conversion from chemical energy to thermal energy?
  - Coal is burned to boil water.
  - Food is digested and used to regulate body temperature.
  - Charcoal is burned in a barbeque pit.
  - All of the above.
- As height increases, so does...
  - thermal energy.
  - mechanical energy.
  - kinetic energy.
  - potential energy.
- The law of \_\_\_\_\_ of energy states that energy cannot be created or destroyed.
  - transformation
  - absorption
  - conservation
  - stability
- According to the law of conservation of energy, in theory, a bouncy ball should never stop bouncing. However, we know that it eventually stops. Where does the energy go.
  - some gets converted into sound energy and escapes into the surroundings.
  - some gets converted into thermal energy and escapes into the surroundings.
  - Both A and B
  - D.
- Energy is...
  - when the surfaces of two objects rub against each other.
  - the ability to do work.

# ENERGIE – PRACOVNÍ LIST

1. který z následujících příkladů je nejlepším příkladem rostoucí hodnoty potenciální energie?
  - A. Kutálení kulečnickové koule
  - B. Zapínání žárovky
  - C. Natahování gumičky
  - D. Upuštění tužky
2. Těleso, které má kinetickou energii, je...
  - A. Zvednuto ve výšce nad zemským povrchem
  - B. V pohybu
  - C. V klidu
  - D. Žádná z výše uvedených možností.
3. Tepelná energie je...
  - A. kinetická.
  - B. potenciální
  - C. i kinetická i potenciální
  - D. ani kinetická ani potenciální.
4. Zvuková energie je...
  - A. Energie sloučeniny, která mění svou energii díky změně struktury atomů.
  - B. Celková energie částic, které tvoří objekt.
  - C. Energie způsobená vibrací tělesa.
  - D. Pohybová energie
5. Které zařízení přeměňuje chemickou energii na energii mechanickou?
  - A. člověk
  - B. auto
  - C. tryskové letadlo
  - D. všechny z uvedených.
6. Vyberte, který z následujících dějů je přeměnou chemické energie na teplo:
  - A. Spálené uhlí přivádí vodu k varu.
  - B. Strávené jídlo je využito k regulaci tělesné teploty.
  - C. Dřevěné uhlí spálené na grilu.
  - D. Všechny z výše uvedených.
7. S rostoucí výškou roste.....
  - A. teplo
  - B. mechanická energie
  - C. kinetická energie.
  - D. potenciální energie.
8. Zákon \_\_\_\_\_ energie říká, že energie nemůže být vytvořena ani zničena.
  - A. přeměny
  - B. pohlcení
  - C. zachování
  - D. stabilní
9. Podle zákona zachování energie by se skákající míč neměl nikdy zastavit. Nicméně z vlastní zkušenosti víme, že se pesto zastaví. Kam se přeměnila energie?
  - A. Část se přemění ve zvukovou energii a zbytek unikne do okolí.
  - B. Část se přemění v teplo a zbytek unikne do okolí
  - C. A i B
10. Energie je...
  - A. Děj, kdy se o sebe třou dva povrchy.
  - B. Schopnost konat práci.

# MECHANICAL ENERGY – WORKSHEET

## Mechanical Energy

- Mechanical energy is
  - found in machinery only
  - usually measured at the atomic level
  - the sum of the chemical and thermal energy of an object
  - the sum of the kinetic and potential energy of an object
- Kinetic energy is
  - the energy of time
  - the energy of motion
  - the energy of distance
  - the energy of matter
- Potential energy is \_\_\_\_\_ energy.
  - stored
  - motion
  - kinetic
  - mechanical
- Which of the following is NOT an example of kinetic energy being converted to potential energy?
  - a basketball player jumping for a rebound
  - releasing a compressed spring
  - squeezing a rubber ball
  - pulling a sled up a hill
- An example of the conversion of gravitational potential energy into kinetic energy is
  - a falling raindrop
  - a gasoline powered engine
  - a hockey puck sliding on ice
- An example of potential energy is:
  - A basketball sitting on the rack.
  - A bird flying.
  - Water boiling.
  - Grandma rocking in her chair.
  - None of the above.
- A car or truck moving down the highway has \_\_\_\_\_ energy by virtue of its motion.
  - kinetic
  - potential
  - thermodynamic
  - chemical
- Which is an example of kinetic energy?
  - standing
  - no motion
  - walking
  - a battery

(<http://www.testdesigner.com>)

# MECHANICKÁ ENERGIE – PRACOVNÍ LIST

1. Mechanická energie
  - A. Lze najít a určit pouze pro stroje
  - B. Se obvykle měří na atomární úrovni
  - C. Je součtem chemické a tepelné energie tělesa
  - D. Je součtem kinetické a potenciální energie tělesa.
2. Kinetická energie je
  - A. Energií času
  - B. Energií pohybu
  - C. Energií vzdálenosti
  - D. Energií hmoty
3. Potenciální energie je \_\_\_\_\_ energie.
  - E. uložená
  - F. pohybová
  - G. kinetická
  - H. mechanická
4. Která z následujících možností není příkladem přeměny kinetické energie na energii potenciální:
  - A. Basketbalový hráč skákající při odrazu
  - B. Uvolnění stlačené pružiny
  - C. Mačkání gumového míčku
  - D. Táhnutí sání do kopce
5. Příkladem přeměny potenciální energie tíhové na energii kinetickou je:
  - A. Padající dešťová kapka
  - B. Benzínová motor
  - C. puk posouvaný po ledě.
6. Příkladem tělesa, které má potenciální energii je:
  - A. Basketbalový míč položený ve stojanu..
  - B. Letící pták
  - C. Vařící voda
  - D. Babička na houpací židli
  - E. Nic z výše uvedeného.
7. Auto nebo kamion, který se pohybuje dolů po dálnici, má díky svému .....energii
  - A. kinetickou
  - B. potenciální
  - C. termodynamickou
  - D. chemickou
8. Který z uvedených příkladů je ukázkou objektu majícího kinetickou energii?
  - A. stání
  - B. žádný pohyb
  - C. chůze
  - D. baterie

(<http://www.testdesigner.com>)



# LAW OF INERTIA – FIRST LAW OF MOTION

It took a long time for scientists to develop correct ideas about forces and motion. Now try to express main ideas of inertia.

## Examples:

1. You are riding a bike. If you stop pedalling, the bike will come to rest.
2. A horse is pulling a cart. If the horse stops pulling, the cart soon stops.
3. You kick a football. The ball rolls along the ground.



<http://www.klinikazdravi.cz/novinky/novinky-a-trendy/cyklistika-je-pri-spravnem-provozovani-zdravi-prospesna/>



<http://www.ontariocountyfair.org/pix2002.htm>



<http://www.etftrends.com/2010/11/etfs-gain-as-fed-meeting-kicks-off/>

In each of these cases, there is a force which makes something move. Without the force, the moving objects come to halt.

Does a moving object need a force to keep it moving?

We have not thought about all the forces involved. We must consider also friction. In each example the friction makes the object slow down and stop.

For example if you stop pedalling your bike, air resistance and friction will slow you down.

So we can say that:

1. An object at rest will stay at rest, unless a force causes it to start moving
2. A moving object will continue to move a steady speed in a straight line, unless a force acts on it.

Objects move with a constant velocity, unless a force acts on them.

(Being stationary is simply a particular case of constant velocity, the velocity is zero.)

The idea of inertia

**Inertia is the tendency of moving object to carry on moving.**

Examples:

1. An object with a large mass is difficult to stop moving. Think about catching a cricket ball, compared with a tennis ball.
2. Similarly, a stationary object with a large mass is difficult to start moving. Think about pushing a car to get started.
3. It is difficult to make a massive object change direction.

All of these examples suggest another way of thinking on an object's mass.

We can say that mass is a measure of object's inertia.

Now we can summarise these findings as Newton's first law of motion.

**An object will remain at rest or in a state of uniform motion unless it is acted on by a net external force.**

# ZÁKON SETRVAČNOSTI

## PRVNÍ NEWTONŮV POHYBOVÝ ZÁKON

Vědcům trvalo velmi dlouhou dobu, než získali správnou představu o působení sil a pohybu. Pokusíme se nyní shrnout základní poznatky o setrvačnosti těles.

### Příklady:

1. Představte si, že jedete na kole. Jestliže přestanete šlapat, kolo se zastaví.
2. Kůň táhnoucí vozík. Jestliže přestane kůň táhnout, vozík se brzy zastaví.
3. Kopnete do fotbalového míče. Míč se kutálí po trávníku.



<http://www.klinikazdravi.cz/novinky/novinky-a-trendy/cyklistika-je-pri-spravnem-provozovani-zdravi-prospesna/>



<http://www.ontariocountyfair.org/pix2002.htm>



<http://www.etftrends.com/2010/11/etfs-gain-as-fed-meeting-kicks-off/>

Ve všech těchto případech uváděla tělesa do pohybu jistá působící síla. Bez působení síly by se všechna uvedená tělesa zastavila.

Je nutné, aby na těleso působila síla, aby zůstalo v pohybu?

Při našich úvahách musíme zahrnout všechny síly. Musíme tedy uvažovat i tření. V každém z uvedených příkladů se tělesa zastavila díky existenci tření a působení třecí síly.

Například jestliže přestaneme šlapat na jízdním kole, odpor vzduchu a třecí síly kolo zpomalí.

Můžeme tedy říci, že:

1. Těleso setrvává v klidu, dokud na něj nezačne působit síla, která ho uvede do pohybu.
2. Těleso setrvává v rovnoměrném přímočarém pohybu, dokud na něj nezačne působit jiné těleso silou.

Těleso se pohybuje stálou rychlostí, dokud na něj nezačne těleso působit silou.

(Klid je speciálním případem rovnoměrného pohybu s rychlostí o nulové velikosti.)

Setrvačnost:

**Setrvačnost je schopnost tělesa setrvávat v klidu nebo rovnoměrném přímočarém pohybu.**

Příklady:

1. Těleso s velkou hmotností je obtížné zastavit. Porovnejte chytání basketbalového a tenisového míčku.
2. Obdobně je velice obtížné uvést do pohybu těleso o velké hmotnosti. Příkladem může být roztlačení auta.
3. Je obtížné změnit směr pohybu u pohybujícího se těžkého tělesa.

Po zamyšlení nad předchozími příklady můžeme pohlédnout na hmotnost s trochu jiného úhlu. Můžeme říct, že hmotnost je mírou setrvačnosti tělesa.

Nyní můžeme všechny poznatky shrnout do prvního Newtonova pohybového zákona:

**Těleso setrvává v klidu nebo v rovnoměrném přímočarém pohybu, dokud není silovým působením jiného tělesa donuceno tento pohybový stav změnit.**

# NEWTON'S SECOND LAW OF MOTION – LAW OF FORCE

Fill in the gaps:

**Inertia** is the tendency of.....

The law of inertia:

Every object persists in its state of rest or uniform motion in a straight line unless

When a force acts on an object, the object accelerates in the direction .....

**Example 1:**

One way to determine a car's speed power is to look at its acceleration. (Common standards for comparing acceleration between cars are to examine the 0-100 km/h acceleration time.)

- Bugatti Veyron Super Sport can accelerate in 2,4s ,
- Škoda Octavia in 7,3 s



We can deduce that:

Many times more force acts on the car, many times greater will be its acceleration.

**Example 2:**

$m_1$



$m_2 = 2m_1$



Truck with greater weight starts off slowly, it means with less acceleration.

Summary of these two examples we get Newton's second law of motion.

If the mass of an object is held constant, increasing force will .....acceleration. (decrease/ increase)

If the force on an object remains constant, increasing mass will .....acceleration. (decrease/ increase)

**Force and acceleration are ..... (directly/ inversely) proportional, while mass and acceleration are .....proportional.**

The second law of motion is also called .....

The second law of motion can be expressed as a mathematical equation:



m.....  
F.....  
a.....

**Examples:**

1. Calculate the acceleration of the dog sled shown below.



2. Now let's say that the mass of the sled stays at 80 kg and that another dog is added to the team. (we assume the second dog pulls with the same force as the first)



3. Finally, let's imagine that a second dog team is attached to the sled so that it can pull in the opposite direction.



4. Fill in the blanks in the table:

|   | net force<br>$F$ (N) | mass<br>$m$ (kg) | acceleration<br>$a$ ( $m \cdot s^{-2}$ ) |
|---|----------------------|------------------|--|
| 1 | 100                  | 50               |  |
| 2 | 200                  | 50               |  |
| 3 | 200                  | 100              |  |
| 4 |                      | 50               | 2  |
| 5 | 100                  |                  | 4  |

The numerical information in this table demonstrates some important qualitative relationships between force, mass and acceleration.

Comparing the values in rows 1 and 2, it can be seen that if the mass is constant a doubling of a net force results in a ..... of the acceleration.

Comparing the values in rows 2 and 4 demonstrates that halving of the net force results in ..... (if the mass is constant).

The acceleration is ..... proportional to net force.

5. The acceleration of an object is  $10m/s^2$ .  
What happens if:

- a) The mass is doubled?
- b) The force is doubled?
- c) The force is tripled?
- d) The mass is five times more?

# DRUHÝ NEWTONŮV POHYBOVÝ ZÁKON – ZÁKON SÍLY

Doplňte na vynechaná místa vhodný text:

**Setrvačnost** je schopnost tělesa .....

Zákon setrvačnosti:

Těleso setrvává v klidu nebo ..... pohybu

Jestliže na těleso působí síla, těleso se pohybuje se zrychlením ve směru.....

## Příklad 1:

Jednou z možností, jak lze porovnávat výkon aut, je porovnání na základě jejich zrychlení. (Obvyklým standardem je porovnání doba zrychlení z 0 na 100km/h)

- Bugatti Veyron Super Sport zrychlí za 2,4s ,
- Škoda Octavia za 7,3 s



Úvahu lze shrnout:

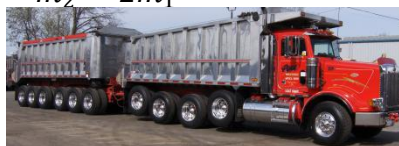
Kolikrát větší síla působí na těleso, tolikrát větší zrychlení mu uděluje.

## Příklad 2:

$m_1$



$m_2 = 2m_1$



Kamion s větší hmotností zvětšuje svou rychlost pomaleji, pohybuje se s menším zrychlením.

Shrnutím následujících dvou úvah je Druhý Newtonův pohybový zákon.

Jestliže je hmotnost tělesa konstantní , pak zvětšující se působící síla způsobí .....zrychlení.

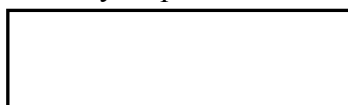
(zvětšení/ zmenšení)

Jestliže na těleso působí konstantní síla, zvýšení hmotnosti tělesa způsobí .....zrychlení.

**Síla a zrychlení jsou ..... (přímo/ nepřímo) úměrné, zatímco hmotnost a zrychlení tělesa jsou .....úměrné.**

Druhý pohybový zákon se také nazývá .....

Druhý Newtonův pohybový zákon může být zapsán rovnicí:



m.....

F.....

a.....

## Příklady:

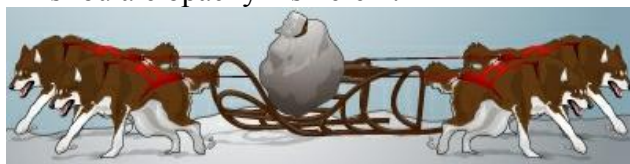
1. Určete zrychlení psího spřežení na obrázku níže.



2. Nyní uvažujme ty samé sáně, jejichž hmotnost je 80kg, do spřežení zapřáhněme dalšího psa. (uvažujme, že druhý pes působí stejnou silou jako pes první)



3. V závěrečné úvaze zapřáhněme na druhou stranu saní druhou dvojici psů, která bude tahat stejnou silou ale opačným směrem.



<http://science.howstuffworks.com/innovation/scientific-experiments/newton-law-of-motion3.htm>

4. Doplňte prázdné řádky tabulky::

|   | Působící síla<br>$F$ (N) | hmotnost<br>$m$ (kg) | zrychlení<br>$a$ ( $m \cdot s^{-2}$ ) |
|---|--------------------------|----------------------|---------------------------------------|
| 1 | 100                      | 50                   |                                       |
| 2 | 200                      | 50                   |                                       |
| 3 | 200                      | 100                  |                                       |
| 4 |                          | 50                   | 2                                     |
| 5 | 100                      |                      | 4                                     |

Číselné údaje v tabulce ukazují souvislost a vztahy mezi hodnotami velikosti síly, hmotnosti a zrychlením.

Srovnáním hodnot v prvním a druhém řádku můžeme vyslovit závěr, že pokud je hmotnost tělesa konstantní, zdvojnásobení velikosti působící síly způsobí ..... zrychlení.

Srovnáním hodnot ve 2. a 4. Řádku můžeme dojít k závěru, že zmenšení velikosti působící síly na polovinu způsobí..... (hmotnost je stálá).

Zrychlení tělesa je ..... úměrné působící síle.

5. Zrychlení tělesa je  $10m/s^2$ .

Co se stane, jestliže:

- Zdvojnásobíme hmotnost tělesa?
- Zdvojnásobíme velikost působící síly?
- Ztrojnásobíme velikost působící síly?
- Hmotnost je 5x větší?

# NEWTON'S THIRD LAW OF MOTION

## LAW ACTION AND REACTION

When two objects interact, each exerts a force on the other. Newton's third law says that these forces are equal and opposite to each other.

**When two bodies interact, the forces they exert on each other are equal in magnitude and opposite in direction.**

These two forces are very often described as action and reaction.

Characteristics of action and reaction:

1. They appear at the same time (We can't say that one caused the other!)
2. They act on different objects.
3. They are equal to magnitude.
4. They are opposite in direction.
5. They are forces of the same type.

### Types of forces:

Gravitational forces:

Two objects may attract each other because of the gravity of their masses.

Electrical forces:

Two objects may attract or repel because of their electrical charges.

Contact forces:

Two objects may touch.

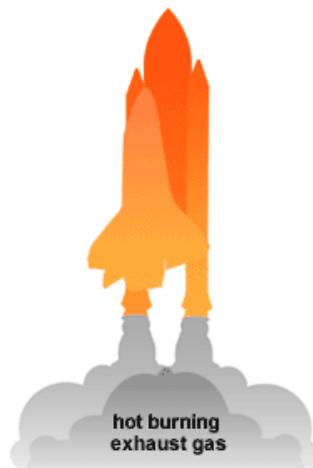
Tension forces:

Two objects may attached by a string and pull on each other.

Magnetic forces:

Two objects may attract or repel because of their magnetic fields.

**Let's study how a rocket works to understand**



The rocket's action is to push down on the ground with the force of its powerful engines, and the reaction is that the ground pushes the rocket upwards with an equal force.

Newton's third law of motion is naturally applied to collisions between two objects. In a collision between two objects, both objects experience forces that are equal in magnitude and opposite in direction. Such forces often cause one object to speed up (gain momentum) and the other object to slow down (lose momentum). According to Newton's third law, the forces on the two objects are equal in magnitude. While the forces are equal in magnitude and opposite in direction, the accelerations of the objects are not necessarily equal in magnitude. In accord with Newton's second law of motion, the acceleration of an object is dependent upon both force and mass. Thus, if the colliding objects have unequal mass, they will have unequal accelerations as a result of the contact force that results during the collision.

$$\vec{F}_1 = -\vec{F}_2$$

Consider the collision between the club head and the golf ball in the sport of golf. When the club head of a moving golf club collides with a golf ball at rest upon a tee, the force experienced by the club head is equal to the force experienced by the golf ball. Most observers of this collision have difficulty with this concept because they perceive the high speed given to the ball as the result of the collision. They are not observing unequal forces upon the ball and club head, but rather unequal accelerations. Both club head and ball experience equal forces, yet the ball experiences a greater acceleration due to its smaller mass. In a collision, there is a force on both objects that causes an acceleration of both objects. The forces are equal in magnitude and opposite in direction, yet the least massive object receives the greatest acceleration.

**Practise:**

1. While driving down the road, a firefly strikes the windshield of a bus and makes a quite obvious mess in front of the face of the driver. This is a clear case of Newton's third law of motion. The firefly hit the bus and the bus hits the firefly. Which of the two forces is greater: the force on the firefly or the force on the bus?
  
2. For years, space travel was believed to be impossible because there was nothing that rockets could push off of in space in order to provide the propulsion necessary to accelerate. This inability of a rocket to provide propulsion in space is because ...
  - a) space is void of air so the rockets have nothing to push off of.
  - b) gravity is absent in space.
  - c) space is void of air and so there is no air resistance in space.
  - d) nonsense! Rockets do accelerate in space and have been able to do so for a long time.
  
3. Many people are familiar with the fact that a rifle recoils when fired. This recoil is the result of action-reaction force pairs. A gunpowder explosion creates hot gases that expand outward allowing the rifle to push forward on the bullet. Consistent with Newton's third law of motion, the bullet pushes backwards upon the rifle. The acceleration of the recoiling rifle is
  - a) greater than the acceleration of the bullet.
  - b) smaller than the acceleration of the bullet.
  - c) the same size as the acceleration of the bullet.



# TŘETÍ NEWTONŮV POHYBOVÝ ZÁKON

## ZÁKON AKCE A REAKCE

Jestliže na sebe dvě tělesa působí silami, jejich působení je vzájemné.

Třetí Newtonův pohybový zákon říká, že tyto síly vzájemného působení jsou stejně velké a opačného směru.

**Jestliže jedno těleso působí silou na jiné těleso, je působení těchto těles vzájemné. Síly, kterými na sebe působí, jsou stejně velké a mají opačný směr.**

Tyto dvě síly se často nazývají akce a reakce.

Vlastnosti sil akce a reakce:

1. Současně vznikají a zanikají (Nelze říct, že jedna síla je příčinou druh!)
2. Každá z těchto sil působí na jiné těleso.
3. Mají stejnou velikost.
4. Mají opačný směr.
5. Jedná o síly stejného typu.

### Druhy sil a silového působení:

Gravitační síly:

Dva objekty na sebe působí gravitačními silami, jejichž příčinou jsou hmotnosti těles.

Elektrické síly:

Dvě elektrická nabitá tělesa se mohou přitahovat nebo odpuzovat elektrickými silami, jejichž příčinou jsou náboje jednotlivých těles.

Kontaktní síly:

Tělesa jsou ve vzájemném dotyku.

Tahové síly:

Dvě tělesa mohou být propojena prostřednictvím provázku a táhnout jednu druhé.

Magnetické síly:

Dvě tělesa se přitahují nebo odpuzují díky existenci magnetických polí v jejich okolí.

Uplatnění a princip zákona akce a reakce si můžeme přiblížit na funkci:



Při vzletu rakety působí raketa na zem tlakovou silou svými silnými motory (tlakovou silou výfukových plynů). Tato síla je akcí. Reakce způsobí pohyb rakety směrem vzhůru.

Newtonův třetí pohybový zákon se aplikuje při srážce dvou těles. Při srážce dvou těles na obě tělesa působí stejně velké síly opačného směru, tělesa na sebe působí těmito silami navzájem.

Tyto síly udělují tělesům zrychlení. Často způsobí, že jedno těleso zrychlí (získá hybnost) a druhé těleso zpomalí (sníží svou hybnost).

Podle třetího Newtonova zákona mají síly stejné velikosti. Ale zatímco síly mají stejnou velikost a opačný směr, zrychlení jednotlivých těles závisí také hmotnosti těles, což je důsledkem zákona síly.

Pokud tedy mají obě tělesa různé hmotnosti, budou se pohybovat s různými zrychleními, která budou důsledkem působení při vzájemném nárazu.

$$\vec{F}_1 = -\vec{F}_2$$

Uvažujme situaci, kdy dojde k nárazu golfové hole na golfový míček.

Jestliže hlava hole udeří do míčku, který je v klidu na podložce, působí hůl na míček stejně velkou silou jako míček na hůl.

Většina pozorovatelů v této situaci nevidí zákon akce a reakce. Vnímají pouze pohyb míčku a to jako důsledek působení golfové hole. Nejedná se o nerovnováhu sil působících na míček a na hůl, ale o ukázkou různých zrychlení těchto těles. Na obě tělesa působí stejně velké síly opačných směrů, míček se pohybuje s větším zrychlením díky mnohem menší hmotnosti.

Při srážce dvou těles působí na obě tělesa stejně velké síly opačného směru. Lehčí objekt y se po srážce pohybuje s větším zrychlením.

### Cvičení:

1. Při jízdě autobusu po silnici narazí na přední sklo světluka a na předním skle vznikne šmouha. Jedná se o ukázkou platnosti třetího Newtonova zákona. Světluška zasáhla autobus a autobus zasáhl světlušku. Na které z těchto dvou těles působí větší síla – na světlušku nebo na autobus?

2. Velmi dlouhou dobu lidé pokládali cestování do vesmíru za nemožnou představu, protože ve vesmíru neexistuje nic, co by mohlo působit tlakovou silou na raketu a udělovalo ji nezbytné zrychlení.

Tato neschopnost pohybu rakety ve vesmíru vyplývá z toho, že

- Ve vesmírném prostoru není vzduch a raketu tudíž nemá silou co tlačit.
- Ve vesmíru chybí gravitace.
- Ve vesmírném prostoru není vzduch, a tudíž neexistuje odpor vzduchu.
- Nesmysl! Rakety mohou ve vesmíru zrychlit a mohou zrychlovat po dlouhou dobu.

3. Mnoho lidí ví, že při výstřelu z pušky sebou puška trhne zpět. Zpětný ráz je výsledkem působení sil akce a reakce. Při explozi střelného prachu vznikají horké plyny, které expandují a vytlačují střed ven z pušky skrz hlaveň pušky. V souladu s třetím Newtonovým pohybovým zákonem tlačí kulka pušku dozadu.

Zrychlení pušky

- Je větší než zrychlení náboje.
- Je menší než zrychlení střely.
- Má stejnou velikost jako zrychlení střely.

# LAW OF CONSERVATION OF MOMENTUM

## Momentum

Momentum is the quantity of motion of a body.

Momentum of a moving body is defined as the product of mass and velocity of a body.

Mathematically:

$$\vec{p} = m \cdot \vec{v}$$

Momentum is vector quantity, it is always directed in the direction of velocity.

Momentum depends upon mass and velocity of body.

The unit of momentum:

$$[p] = [m][v] = kg \cdot m \cdot s^{-1}$$

There is no special name for this unit in the SI system.

## Law of conservation of momentum

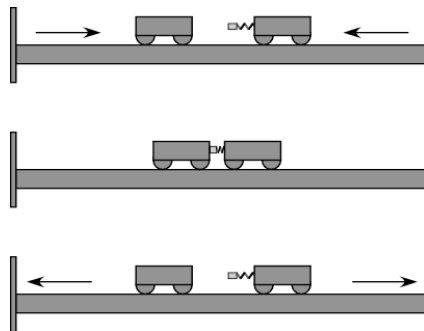
To improve the safety of cars the motion of a car during crash must be understood. In this worksheet we will explore how the idea of momentum can allow to predict how object move after interacting with each other.

Types of collisions

There are two general types of collisions in physics:

1. Elastic - occurs when the two objects "bounce" apart when they collide. Two rubber balls are a good example.
2. Inelastic - occurs when two objects collide and do not bounce away from each other.

### A perfectly elastic collision



<http://physicslearning2.colorado.edu/pira/resources/physics-testlecture-drawings>

### 1. Before the collision:

Object A:

mass... $m$

velocity...  $\vec{v}$

momentum ...  $\vec{p} = m \cdot \vec{v}$

object B:

mass... $m$

velocity ...  $-\vec{v}$

momentum...  $-\vec{p} = -m \cdot \vec{v}$

Object b has negative velocity and negative momentum because it is travelling in the opposite direction to object A.

Total momentum  $\vec{p}_c$ :

$$\vec{p}_c = \vec{p}_A + \vec{p}_B = \vec{p} - \vec{p} = \vec{0}$$

**We should be able to see that, in this collision momentum is conserved.**

Before the collision, object A of mass  $m$  is moving to the right at speed  $v$  and object B of mass  $m$  is moving to the left at speed  $v$ .

Afterwards, we still have two masses  $m$  moving speed  $v$ , but now is object A moving to the left and object B is moving to the right.

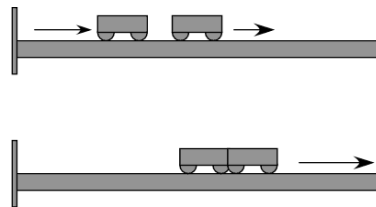
**2. After collision**

Total momentum  $\vec{p}_c'$ :

$$\vec{p}_c' = -m\vec{v} + m\vec{v} = \vec{0}$$

So the total momentum is unchanged

**An inelastic collision**



The same two objects collide, but in this time they stick together after the collision and come to halt. The total momentum is zero after the collision.

**1. Before the collision:**

Object A:

mass... $m$

velocity...  $\vec{v}$

momentum ...  $\vec{p} = m \cdot \vec{v}$

object B:

mass... $m$

velocity ...  $-\vec{v}$

momentum...  $-\vec{p} = -m \cdot \vec{v}$

Object b has negative velocity and negative momentum because it is travelling in the opposite direction to object A. Therefore we have:

Total momentum  $\vec{p}_c$ :

$$\vec{p}_c = \vec{p}_A + \vec{p}_B = \vec{p} - \vec{p} = \vec{0}$$

**2. After the collision**

Total momentum  $\vec{p}_c'$ :

$$\vec{p}_c' = (m_A + m_B)\vec{v} = \vec{0}$$

So the total momentum is unchanged.

**Momentum is always conserved in all collisions.**

# ZÁKON ZACHOVÁNÍ HYBNOSTI

## Hybnost

Hybnost je veličina, která charakterizuje „množství pohybu“ tělesa.

Hybnost pohybujícího se tělesa je rovna součinu jeho hmotnosti a rychlosti jeho pohybu.

Matematicky:

$$\vec{p} = m \cdot \vec{v}$$

Hybnost je vektorová fyzikální veličina, má stejný směr jako rychlost pohybu tělesa.

Hybnost pohybujícího se tělesa závisí na jeho hmotnosti a rychlosti jeho pohybu.

Jednotka hybnosti:

$$[p] = [m][v] = kg \cdot m \cdot s^{-1}$$

V soustavě SI není pro tuto jednotku nějaký speciální název nebo symbol.

## Zákon zachování hybnosti

Aby člověk mohl zvýšit bezpečnost automobilů například při srážkách, musí nejprve porozumět jejich průběhu.

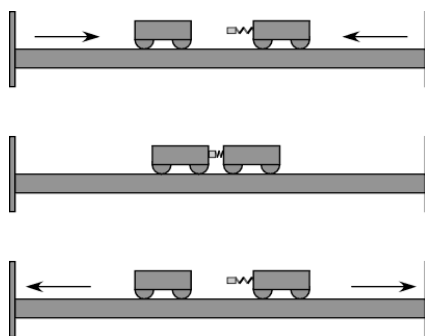
V tomto pracovním listu budeme zkoumat, jak nám pomůže představa o hybnosti těles předpovědět chování těles po vzájemné srážce.

Typy srážek:

Ve fyzice můžeme rozlišit dva základní typy srážek:

1. Pružná – nastává, jestliže se dva objekty při vzájemné srážce od sebe odrazí, příkladem mohou být dva gumové míčky.
2. Nepružná – nastává, jestliže se dva objekty po vzájemné srážce neodrazí.

### Dokonale pružná srážka



<http://physicslearning2.colorado.edu/pira/resources/physics-testlecture-drawings>

#### 1. Před srážkou:

Těleso A:

hmotnost...m

rychlost...  $\vec{v}$

hybnost ...  $\vec{p} = m \cdot \vec{v}$

Těleso B:

hmotnost...m

rychlost ...  $-\vec{v}$

hybnost...  $-\vec{p} = -m \cdot \vec{v}$

Těleso B má zápornou rychlost a hybnost, protože se pohybuje v opačném směru než těleso A.

Celková hybnost  $\vec{p}_c$ :

$$\vec{p}_c = \vec{p}_A + \vec{p}_B = \vec{p} - \vec{p} = \vec{0}$$

**Můžeme určit, že celková hybnost soustavy se během srážky nemění.**

Před srážkou se těleso A o hmotnosti  $m$  pohybuje doprava rychlostí  $v$  a těleso B o hmotnosti  $m$  se pohybuje doleva rychlostí  $v$ .

Po srážce se opět jedná o dvě tělesa o hmotnostech  $m$  pohybující se rychlostí  $v$ , tentokrát se ale těleso A pohybuje doleva a těleso B doprava.

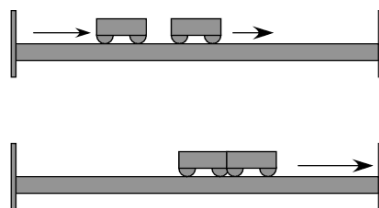
## 2. Po srážce

Celková hybnost  $\vec{p}_c'$ :

$$\vec{p}_c' = -m\vec{v} + m\vec{v} = \vec{0}$$

Celková hybnost soustavy se tedy nemění.

## Nep pružná srážka



<http://physicslearning2.colorado.edu/pira/resources/physics-testlecture-drawings>

Nyní dojde ke srážce těch samých těles, ale po srážce dojde k jejich spojení a zastavení.

Po srážce je opět celková hybnost nulová..

### 1. Před srážkou:

Těleso A:

hmotnost... $m$

rychlost...  $\vec{v}$

hybnost ...  $\vec{p} = m \cdot \vec{v}$

Těleso B:

hmotnost... $m$

rychlost ...  $-\vec{v}$

hybnost...  $-\vec{p} = -m \cdot \vec{v}$

Těleso B má zápornou rychlost a hybnost, protože se pohybuje v opačném směru než těleso A.

Celková hybnost  $\vec{p}_c$ :

$$\vec{p}_c = \vec{p}_A + \vec{p}_B = \vec{p} - \vec{p} = \vec{0}$$

### 2. Po srážce

Celková hybnost  $\vec{p}_c'$ :

$$\vec{p}_c' = (m_A + m_B)\vec{v} = \vec{0}$$

Celková hybnost se nemění.

**Celková hybnost soustavy je konstantní u všech typů srážek.**

## ZDROJE:

- Rauner Karel a kol.: Fyzika 6, učebnice pro základní školy a víceletá gymnázia, 1. vyd. Plzeň: Fraus, 2004
- Rauner Karel a kol.: Fyzika 9, učebnice pro základní školy a víceletá gymnázia, 1. vyd. Plzeň: Fraus, 2007
- Lepil O., Šedivý, P. Fyzika pro gymnázia. Elektřina a magnetismus. 5.vyd. Praha: Prometheus, 2007
- Lepil O. Fyzika pro gymnázia. Optika. 3.vyd. Praha: Prometheus, 2008
- Bartuška K., Svoboda, E. Fyzika pro gymnázia. Molekulová fyzika a termika. 4.vyd. Praha: Prometheus, 2008
- Lepil O. Fyzika pro gymnázia. Mechanické kmitání a vlnění. 3.vyd. Praha: Prometheus, 2007
- Quadling D., Advanced level mathematics, Mechanics 1, 12.vyd. Cambridge: Cambridge university press, 2011
- Quadling D., Advanced level mathematics, Mechanics 2, 9.vyd. Cambridge: Cambridge university press, 2012
- Sang, D., Physics coursebook, 5.vyd. Cambridge: Cambridge university press, 2012
- Tsokos K.A., Physics for IB Diploma, 4.vyd Cambridge: Cambridge university press, 2011
- Mechlová E. a kol., Výkladový slovník fyziky, 1.vyd., Praha: Prometheus, 2001
- <http://www.srh.noaa.gov>
- <http://fyzweb.cz>
- <http://www.animations.physics.unsw.edu.au>
- <http://physics.about.com>
- <http://www.psychometric-success.com>
- <http://www.alp-plp.co.jp>
- <http://www.gymhol.cz>
- <http://www.livescience.com>
- <http://faculty.wvu.edu>
- <http://www.physicsclassroom.com>
- <http://www.ped.muni.cz/wmath/dictionary/c.htm>
- <http://www.mayoclinic.com>
- <http://fyzika.jreichl.com>
- <http://library.thinkquest.org>
- <http://www.passmyexams.co.uk>
- <http://www.steiner.cz>
- <http://www.zschemie.euweb.cz>
- <http://www.britannica.com>
- <http://graemeclarkfoundation.org>
- <http://www.riversideonline.com>
- <http://www.professorbeaker.com>
- <http://physics.learnhub.com>
- <http://sciencespot.net>
- <http://www.veskole.cz>
- <http://tutor4physics.com>
- <http://www.dctech.com>
- <http://cstephenmurray.com>
- <http://watchingtheworldwakeup.blogspot.cz>
- <http://www.constructionknowledge.net>
- <http://www.brianmac.co.uk>
- <http://physics.about.com>
- <http://www.biologyreference.com>
- <http://www.sedmacizdubu-fyzika.estranky.cz>
- <http://science.howstuffworks.com>