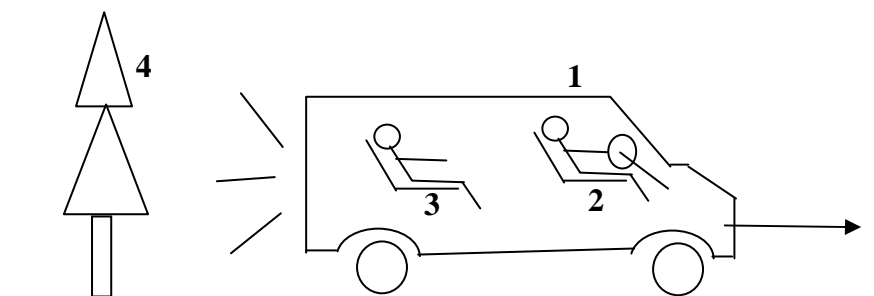


Téma : Pohyb, druhy pohybu

DŮ :---

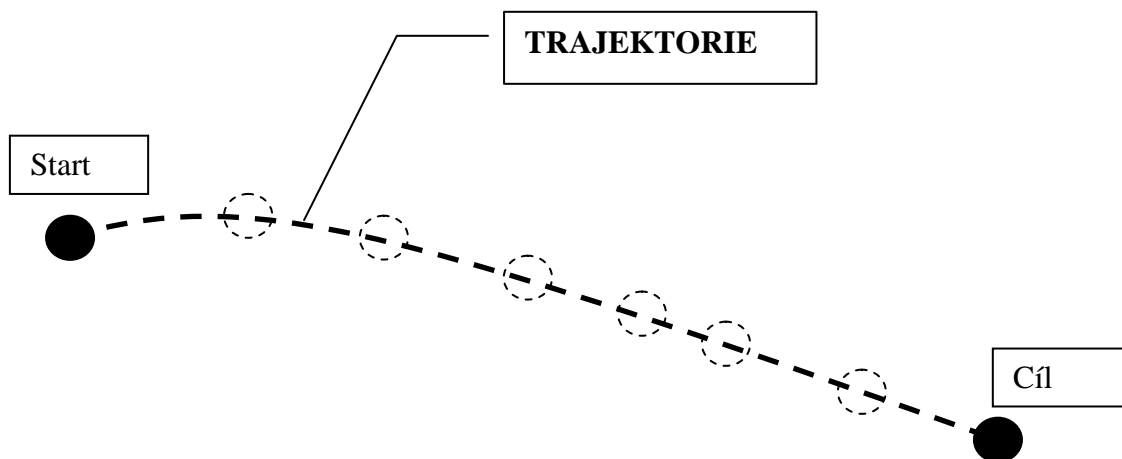


Vyplňte tabulku, které těleso se pohybuje vzhledem k jinému tělesu.

| Pohyb tělesa číslo | Vzhledem k tělesu číslo | Pohybuje se ? |
|--------------------|-------------------------|---------------|
| 1                  | 2                       |               |
| 1                  | 3                       |               |
| 1                  | 4                       |               |
| 2                  | 3                       |               |
| 2                  | 4                       |               |
| 3                  | 4                       |               |

Těleso se pohybuje, mění-li svojí polohu vzhledem k jinému tělesu. Rozhodnout, zda je těleso v klidu, nebo se pohybuje můžeme jen tehdy, pokud víme, vzhledem k jakému tělesu tento pohyb uvažujeme.

Čáru, kterou těleso při pohybu opisuje se nazývá trajektorie pohybu tělesa.

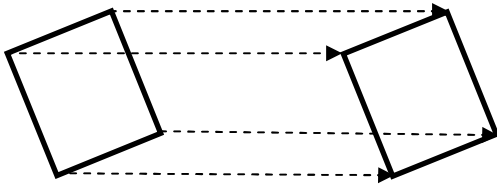


Ve výpočtech bývá důležité délka trajektorie, kterou nazýváme **dráha tělesa** a označujeme **s**.

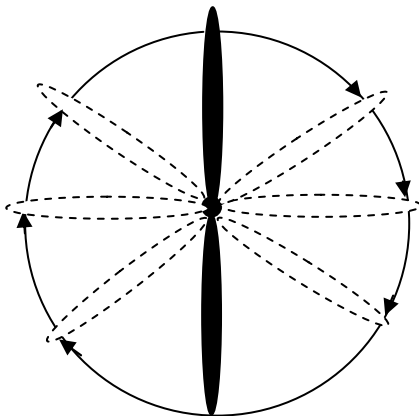
### Druhy pohybu podle tvaru trajektorie

Zvolíme-li si na pohybujícím tělese jednotlivé body a budeme-li pozorovat jejich trajektorie, potom těleso vykonává pohyb:

- Posuvný- jestliže trajektorie jsou rovnoběžné přímky (úsečky)



- Rotační – body jsou soustředné kružnice ( nebo oblouky) s výjimkou středu otáčení (bodů, které leží na ose rotace).



Vrtule

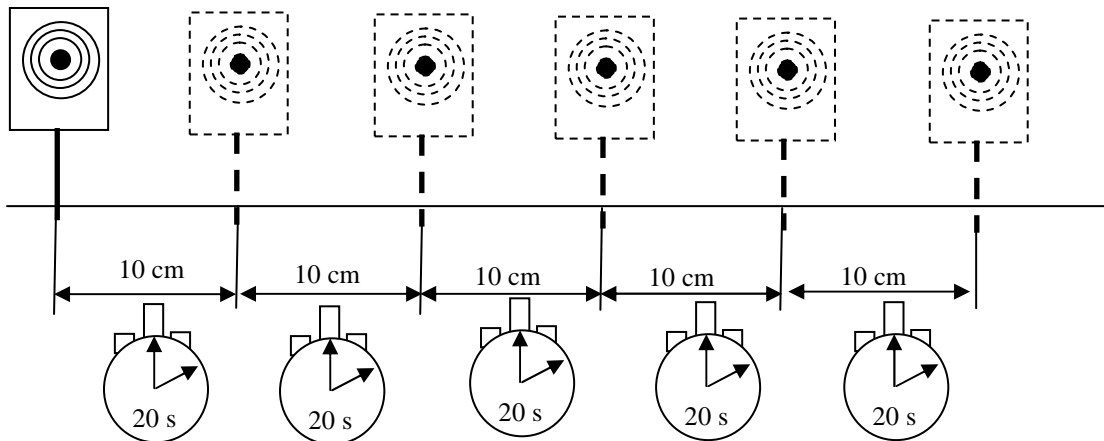
- Pohyb obecný – body se pohybují po jiné křivce.  
*Obecný pohyb lze složit z pohybu posuvného a rotačního.*

Téma : Rovnoměrný a nerovnoměrný pohyb, rychlost rovnoměrného pohybu

DÚ :-----

Př.

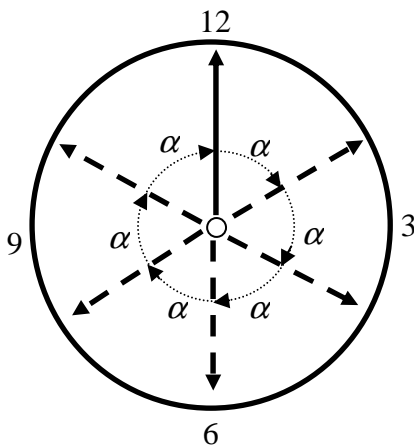
Pohyblivý terč na střelnici se pohybuje tak, že pokaždé za stejný čas urazí stejnou dráhu.



**Pohybuje-li se těleso tak, vždy za stejnou dobu urazí stejnou dráhu, koná rovnoměrný pohyb.**

Při takovém druhu pohybu těleso nezrychluje ani nezpomaluje.

Také při rotačním (otáčivém) pohybu lze říct, že se těleso otáčí rovnoměrným pohybem a to tehdy, když se vždy za stejnou dobu otočí o stejně veliký úhel. Velmi zajímavým příkladem tohoto pohybu bude otáčení minutové ručičky hodin. Všimněme si totiž, že se např. každých 10 minut otočí o úhel  $60^\circ$ .



Automobil, který se rozjíždí a nebo naopak brzdí se pohybuje tak, že za stejný čas urazí různě dlouhou dráhu. V tomto případě koná pohyb nerovnoměrný.

### Rychlost rovnoměrného pohybu

Pokud slyšíme, že jeden automobil se pohyboval rovnoměrným pohybem tak, že urazil dráhu 120 kilometrů za 2 hodiny a jiný dráhu 50 kilometrů za půl hodiny, může divák u silnice rozhodnout (je-li to vůbec možné), který z automobilů se pohyboval rychleji. Ve fyzice se ale nelze spoléhat na dojem diváka u tratě, chceme mít přesný výpočet. Jak rychlost obou automobilů porovnat?

Pokusíme se vypočítat, kolik by který z automobilů urazil za stejný čas, např. jednu hodinu.

První automobil :  $120 : 2 = 60$  kilometrů **za jednu hodinu.**

Druhý automobil :  $50 : 0,5 = 100$  kilometrů **za jednu hodinu.**

**Fyzikální veličina, kdy dráhu dělíme časem se nazývá rychlost, značíme  $v$ .** Rozšířenou jednotkou rychlosti mezi lidmi je  $\text{km} / \text{h}$ . Ve fyzice obvykle vycházíme ze základních

jednotek a tedy metr za sekundu -  $\frac{m}{s}$ .

Platí tedy pro rychlost rovnoměrného pohybu :  $v = \frac{s}{t}$  nebo  $v = s : t$ , kdy dráhu dosazujeme v metrech a čas v sekundách.

Už bylo řečeno, že používanější jednotkou (a také snadno představitelnou) je pro rychlost  $\text{km} / \text{h}$ . Jak tedy vzájemně převádět?

$$1 \frac{m}{s} = 0,001 \frac{km}{s} = 0,001 \cdot 60 \frac{km}{\text{min}} = 0,001 \cdot 60 \cdot 60 \frac{km}{h}$$

Tedy platí :

$$1 \frac{m}{s} = 3,6 \frac{km}{h}$$

Téma : Dráha při rovnoměrném pohybu tělesa

DÚ : -----

Př. 1

Vzájemně porovnejte rychlosti  $v_1 = 60 \text{ km/h}$  a  $v_2 = 20 \text{ m/s}$

$$20 \text{ m/s} = 20 \cdot 3,6 = 72 \text{ km/h}$$

$$60 \text{ km/h} = 60 : 3,6 = 16,7 \text{ m/s}$$

Rychlost  $v_2$  je větší.

Př. 2

Cyklista ujel rovnoměrným pohybem vzdálenost 6km za půl hodiny. Jaká byla jeho rychlost ?

$$s = 6 \text{ km} = 6000 \text{ m}$$

$$t = 0,5 \text{ hod.} = 30 \text{ min.} = 1800 \text{ s}$$

$$v = \frac{s}{t} = \frac{6000}{1800} = 3,33 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Př. 3

Tentýž cyklista zvýšil svojí rychlost na  $5 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ , jak velkou dráhu ujel za 2 hodiny ?

$$v = 5 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$t = 2 \text{ hod.} = 7200 \text{ s}$$

Každou sekundu urazí 5 metrů, tedy za 7200 s ujede  $5 \cdot 7200 = 36000 \text{ m}$ .

Všimněte si, že platí :

$$\mathbf{s = v \cdot t}$$

s .....[m]

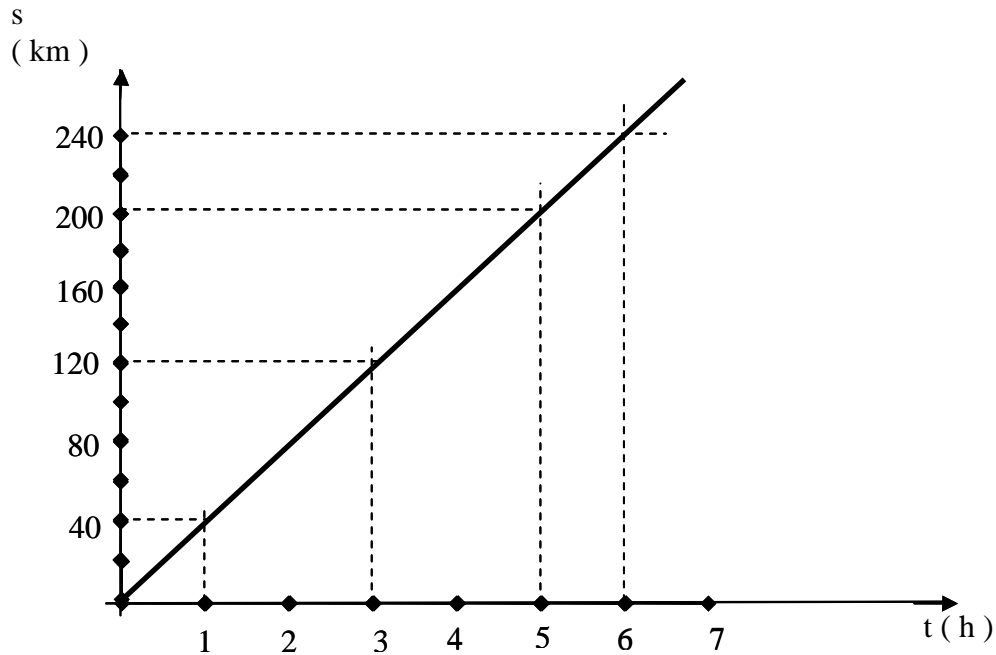
v.....[m/s]

t.....[s]

Př. 4

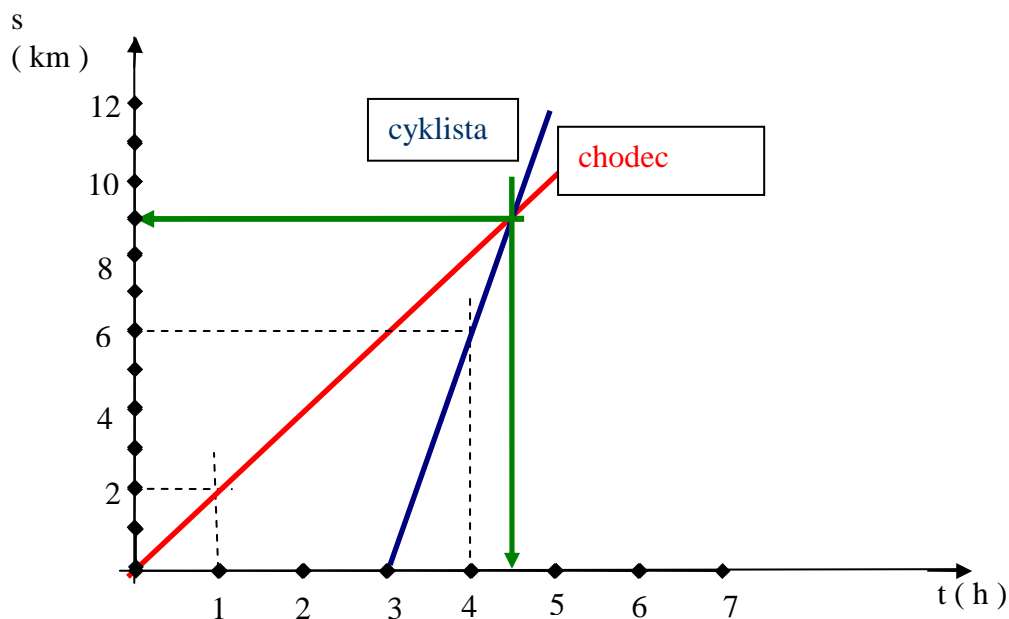
Vlak se pohybuje z nádraží rychlostí  $40 \frac{km}{h}$ . Vypočtete jak daleko bude od nádraží za 1 hod., 3 hod., 5 hod., 6 hod.

|              |    |     |     |     |
|--------------|----|-----|-----|-----|
| Čas ( hod )  | 1  | 3   | 5   | 6   |
| Dráha ( km ) | 40 | 120 | 200 | 240 |



Př. 5

Chodec vyšel ze startu rychlostí 2 km/h. Po 3 hodinách za ním vyjel cyklista rychlostí 6 km/h po stejné trase. Za jak dlouho a kde dožene cyklista chodce.



Téma : Rychlost a dráha rovnoměrného pohybu

DÚ : ----

Př. 1

Automobil se pohyboval v obci rychlostí 70 km/h. Reakční doba řidiče na náhlou překážku v cestě je 0,6s . Kolik metrů řidič ujede, než stihne reagovat a kolik metrů by ujel při správné rychlosti 50 km/h. ?

$$v_1 \dots\dots\dots 70 \text{ km / h} = 70 : 3,6 = 19,44 \text{ m / s}$$

$$v_2 \dots\dots\dots 50 \text{ km / h} = 50 : 3,6 = 13,9 \text{ m / s}$$

$$\text{reakční doba} \dots\dots\dots t = 0,6 \text{ s}$$

$$\text{Ujeté dráhy } s_1 = v_1 \cdot t = 19,44 \cdot 0,6 = 11,664 \text{ m}$$

$$s_2 = v_2 \cdot t = 13,9 \cdot 0,6 = 8,34 \text{ m}$$

Př. 2

Chodec vyjde ze startu společně se svým kamarádem – cyklistou rychlostí 5 km/h. Vzdálenost ze startu do cíle je 20 km. V polovině trasy cyklista zrychlí na 12 km/h s tím, že v cíli počká. Jak dlouho bude čekat ? ( Vyřešte početně i graficky)

$$s = v \cdot t$$

$$s = v \cdot t$$

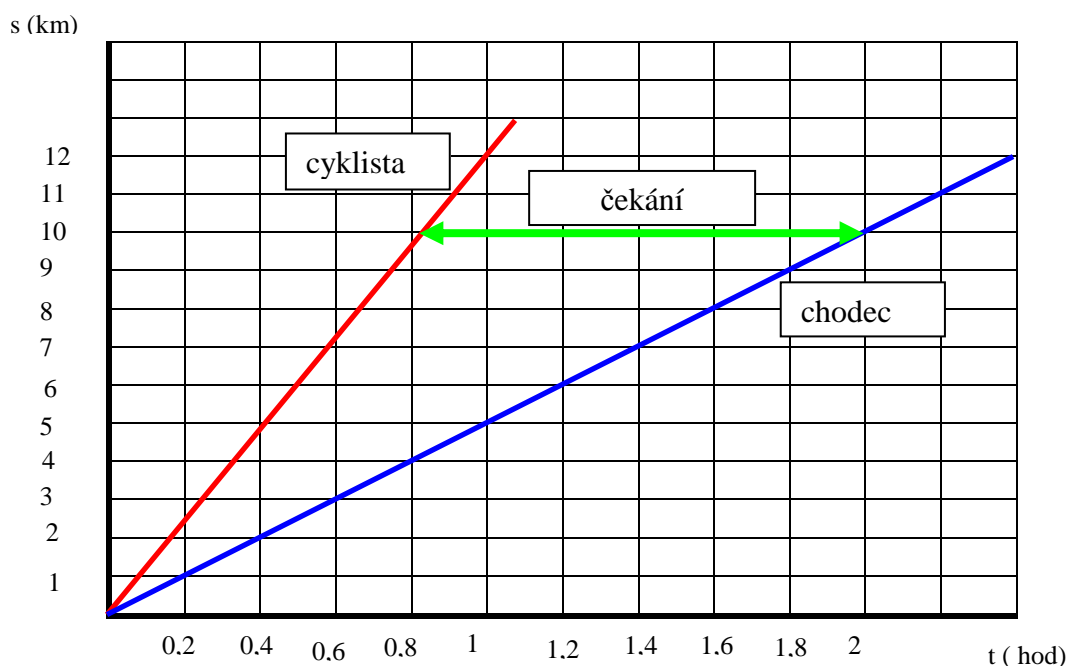
$$\text{Cyklista : } 10 = 12 \cdot t$$

$$\text{Chodec : } 10 = 5 \cdot t$$

$$t = \frac{5}{6} \text{ hod} = 50 \text{ min}$$

$$t = 2 \text{ hod}$$

Cyklista čekal na chodce 1hodinu a 10 minut.



Př. 3

Z Prahy vyjede po dálnici nákladní vůz rychlostí 75 km/h. Po 1 hodině za ním vyjede osobní automobil se vzkazem rychlostí 100 km /h. Na kterém kilometru dálnice se setkají ?

Řešte graficky :



Setkají se po 4 hodinách od výjezdu nákladního automobilu na 300 km.

Vyřešit z učebnice příklady :

Str. 20 / cv. 3, 5 , 6, 7

Téma : Rychlost a dráha rovnoměrného pohybu – příklady  
DÚ : učebnice str. 25 / 7

Příklady str. 20 / cv. U3, 5,6, 7

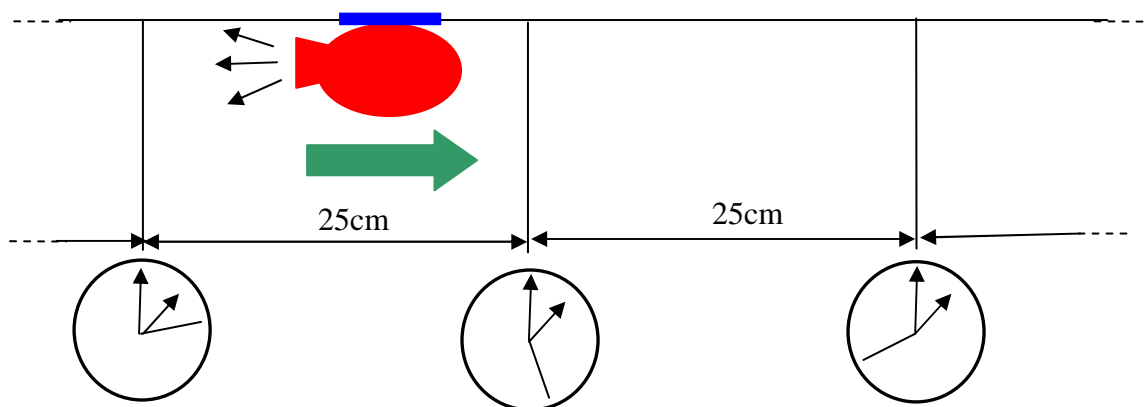
Příklady str. 24 / cv. U 2-6

Téma : Průměrná rychlost nerovnoměrného pohybu tělesa

DÚ :---

Př.

Změřte čas a vypočítejte rychlost nafukovacího míčku dle obrázku. Rychlost vypočteme po úsecích 25cm.

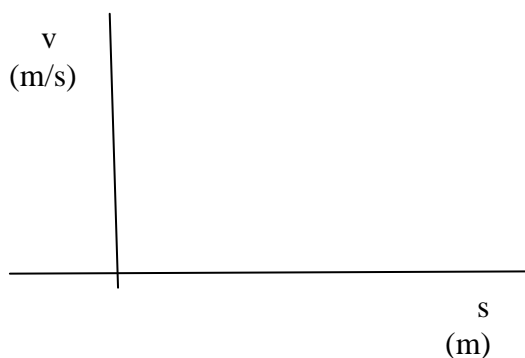


Pro naměřené hodnoty sestavte tabulku a pro každý úsek vypočítejte rychlost

| Úsek číslo              | 1    | 2    | 3    | 4    |
|-------------------------|------|------|------|------|
| Jméno měřitele          |      |      |      |      |
| Délka úseku (m)         | 0,25 | 0,25 | 0,25 | 0,25 |
| Čas na hodinkách (s)    |      |      |      |      |
| Doba pohybu úsekem (s)  |      |      |      |      |
| Rychlost na úseku (m/s) |      |      |      |      |

Všimneme si, že míček se pohyboval tak, že za stejný čas urazil různou dráhu. V tomto konkrétním případě sledujeme, že stejné úseky za různý čas. Pohyboval se tedy **nerovnoměrným pohybem**.

Sestrojte graf závislosti rychlosti na dráze.



Z grafu je patrné, že při nerovnoměrném pohybu není žádná jedna rychlost, kterou budeme uvádět tak, jak tomu bylo u pohybu rovnoměrného.

U nerovnoměrného pohybu mluvíme o průměrné rychlosti a značíme ji  $v_p$ . Průměrná rychlost je taková, kterou by těleso urazilo stejnou dráhu, za stejný celkový čas, jakoby se pohybovalo pohybem rovnoměrným.

Musí tedy platit :

**Průměrná rychlost = celková dráha : celkový čas.**

$$v_p = \frac{s}{t}$$

$$v_p = s : t$$

Vypočtete průměrnou rychlost v našem příkladě

**Okamžitá rychlost** je taková, kterou naměříme v daném okamžiku např. tachometrem u automobilu

Jakou rychlost jsme vypočítali na jednotlivých úsecích. ( Nápověda, každý úsek se dá ještě rozdělit na menší).

Sestrojte graf závislosti dráhy a času v našem příkladě, do téhož grafu zakreslete, jak by se těleso pohybovalo při vypočtené průměrné rychlosti.

Téma : Průměrná rychlost – příklady

DÚ :

Dokončení příkladu z minulé hodiny

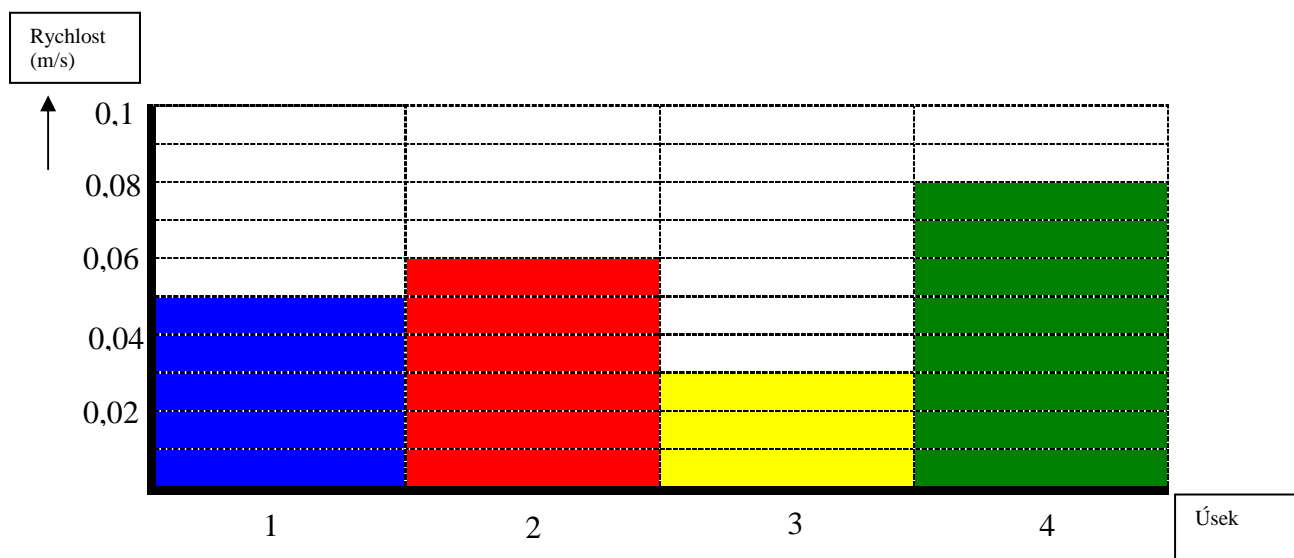
Př.

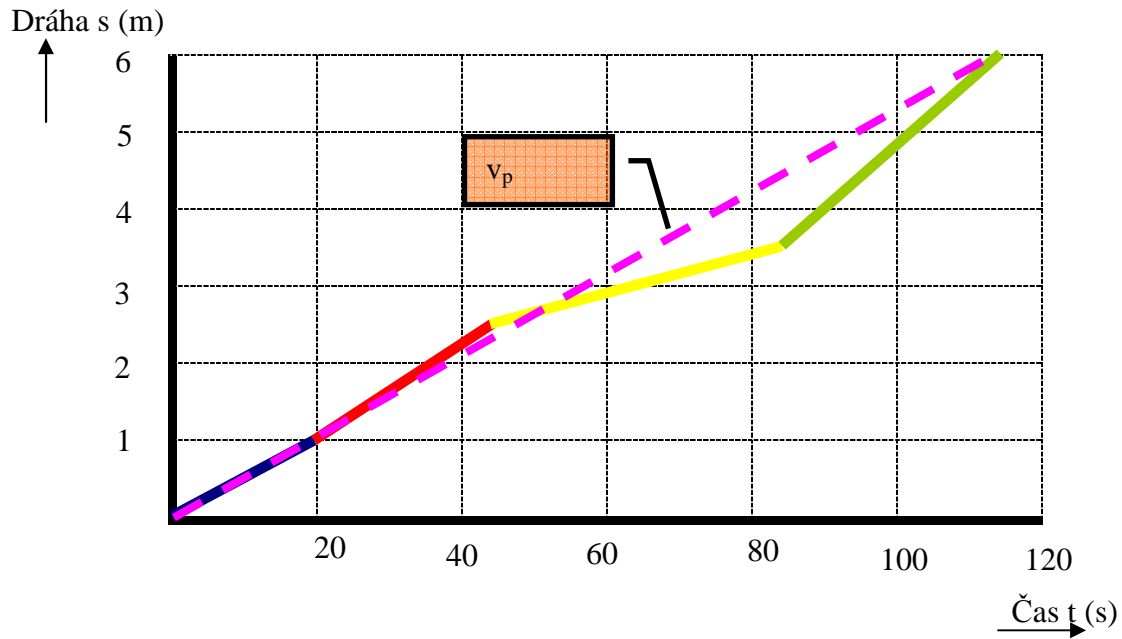
Těleso se pohybovalo dle ve 4 měřených úsecích dle tabulky

- Sestrojte sloupcový graf rychlostí pro jednotlivé úseky
- Vypočtete průměrnou rychlost
- Sestrojte graf závislosti dráhy na čase
- Do toho samého grafu zanešte situaci, kdy by se těleso pohybovalo rovnoměrným pohybem průměrnou rychlostí na všech úsecích.

| Úsek                   | 1           | 2           | 3           | 4           |
|------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Délka úseku (m)        | 1           | 1,5         | 1           | 2,5         |
| Čas na úsek (s)        | 20          | 25          | 40          | 30          |
| Rychlost v úseku (m/s) | <b>0,05</b> | <b>0,06</b> | <b>0,03</b> | <b>0,08</b> |

$$v_p = \frac{1 + 1,5 + 1 + 2,5}{20 + 25 + 40 + 30} = \frac{6}{115} = 0,0522 \frac{m}{s}$$





Dokážete na základě tohoto grafu říct svými slovy, o je to průměrná rychlost ? ( V grafu označena čárkovaně).

**Pokud vypočteme průměrnou rychlost nerovnoměrného pohybu znamená to, že touto rychlostí urazí těleso stejnou dráhu za stejný čas, jakoby se pohybovalo rovnoměrným pohybem.**

**Průměrnou rychlost tedy nelze vypočítat z průměru rychlostí v jednotlivých úsecích, ale vždy jako podíl celkové dráhy a celkového času.**

Téma : Síla

DÚ : ---

Př. 1

Těleso se pohybovalo rychlostí 40 km/h po dobu 2 hodiny a potom ještě rychlostí 90 km/h po dobu 0,5 hodiny. Vypočtete průměrnou rychlost.

$$s_1 = 40 \cdot 2 = 80 \text{ km}$$

$$s_2 = 90 \cdot 0,5 = 45 \text{ km}$$

$$v_p = \frac{80 + 45}{2 + 0,5} = \frac{125}{2,5} = 50 \frac{\text{km}}{\text{h}}$$

Př. 2

Těleso se pohybovalo celkem 1,5 hod. a to tak, že první část své dráhy jelo rychlostí 12 m/s jednu hodinu a potom ještě pokračovalo 500m.

$$s_1 = 12 \cdot 60 \cdot 60 = 43200 \text{ m}$$

$$s_2 = 500 \text{ m}$$

$$v_p = \frac{43200 + 500}{1,5 \cdot 60 \cdot 60} = 8,09 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

---

## Síla

Proč se vlastně tělesa začnou pohybovat ?

Proč se při pohybu těleso zabrzdí ?

Je možné zabrzdit ( rozpohybovat ) těleso bez působení tělesa jiného ?

Proč funguje kyvadlo hodin ?

Kolik těles potřebujeme na to, aby se kyvadlo pohybovalo ?

**Síla je vzájemné působení těles.**

Téma : Síla

DÚ : ---

## Síla

Proč se vlastně tělesa začnou pohybovat ?

Proč se při pohybu těleso zabrzdí ?

Je možné zabrzdit ( rozpohybovat ) těleso bez působení tělesa jiného ?

Proč funguje kyvadlo hodin ?

Kolik těles potřebujeme na to, aby se kyvadlo pohybovalo ?

**Síla je vzájemné působení těles.**

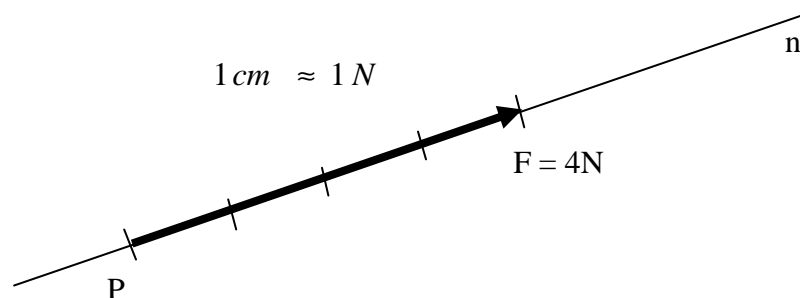
Jak nejlépe znázornit sílu ?

**Síla je vektorová veličina. Znamená to, že k jejímu přesnému popisu je nutno znát nejen její velikost, ale také směr, orientaci a často i místo působení.**

**Skalární veličina (např. teplota) závisí pouze na velikosti, žádný směr nemá.**

**Jednotkou síly je jeden newton, značíme 1 N.**

**Vektorovou veličinu znázorňujeme orientovanou úsečkou.**



Přímka, po které se síla pohybuje je **nositelkou síly** ( $n$ ). Bod, ve kterém síla působí ( $P$ ) je její **působíště**.

Měření síly pomocí siloměru.

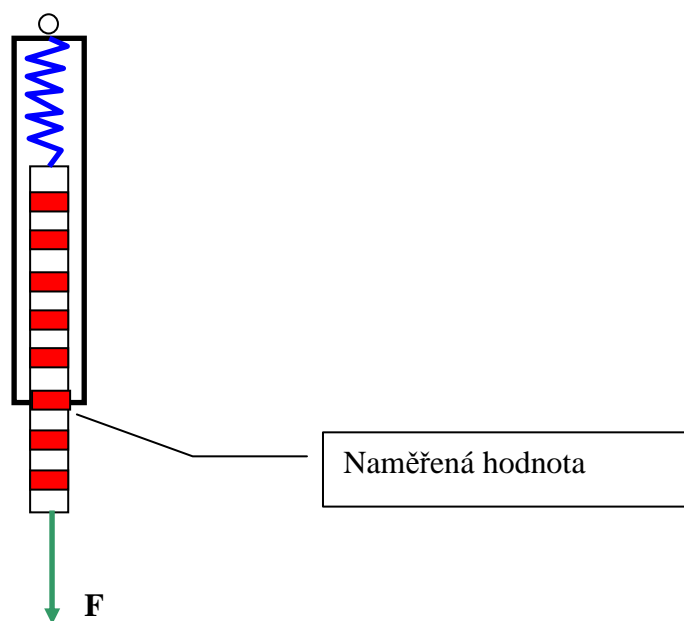
Téma : Gravitační síla, měření síly

DÚ :---

Změřit sílu lze tak, že zkoumáme její účinky. Jednotkou velikosti síly je **newton**, značíme **N**.

### Siloměr

Účinky síly se projeví natažením pružiny siloměru. Na stupnici lze pak přečíst velikost síly v N. Siloměr však není jediný přístroj, kterým lze sílu měřit. Promysleme případ domácí váhy, jak funguje ?



V dnešní době měříme sílu také pomocí různých typů snímačů z nich nejpřesnější pracují na principu změny elektrického odporu. Působící sílu tedy dokážeme uvnitř snímače převádět na elektrické signály, které měříme.

Isaac Newton

Narozen: 4. 1. 1643

Zemřel: 31. 3. 1727

**Isaac Newton** se narodil 4. ledna 1643 ve vesnici Woolsthorpe nedaleko Granthamu (asi 200 km severně od Londýna) v roce 1643. Do svých 11 let Isaac Newton navštěvoval vesnickou školu a od roku 1654 pak pokračoval ve studiu na *King's school* v Granthamu. Po čtyřech letech Newton školu opustil a vrátil se zpět ne vesnici, kde pomáhal matce živit své dva mladší sourozence. V roce 1661 začal Isaac Newton studovat *univerzitu v Cambridgi*.

Je důležité si uvědomit, že 17. století bylo obdobím silného náboženského citění, zvláště ve Velké Británii. Isaac Newton byl velmi pobožný.

### Newton génius

Newton byl géniem v experimentování i matematice, a právě tato kombinace mu umožnila založit kopernikovský systém ([Mikoláš Koperník](#)) a novou mechaniku. Jeho metoda byla jednoduchá: na základě pohybových jevů prozkoumat přírodní síly a pak použít těchto sil k vysvětlení

dalších jevů. Newtonova genialita ho vedla při výběru zkoumaných jevů a vytvoření nového a základního matematického prostředku - matematické analýzy (současně objevená Gottfriedem Leibnizem) - což mu umožnilo provádět výpočty s odvozenými silami. Výsledkem byla kniha *Philosophiae Naturalis Principia Mathematica* (Matematické základy přírodní filosofie), která byla vydána v r. 1687. Zde byla obsažena nová fyzika, použitelná stejně dobře pro pozemská i nebeská tělesa. Newtonova analýza sil dala za pravdu vědcům, jako byli např. [Koperník](#), [Kepler](#) a [Galilei](#).

## Gravitační síla

Z nižšího ročníku víme, že Země přitahuje tělesa gravitační silou. Právě I. Newton objevil, že tělesa se vzájemně přitahují gravitační silou, jejíž velikost závisí na hmotnosti obou těles a na jejich vzdálenosti.

Pokud za jedno těleso zvolíme Zemi, potom získáme známý vztah :

$$\mathbf{F}_g = \mathbf{m} \cdot \mathbf{g}$$

m .....hmotnost tělesa ( kg)

g.....tíhové zrychlení ( 9,81 N/kg)

Př.

Jak velká gravitační síla působí na člověka o hmotnosti 100 kg ?

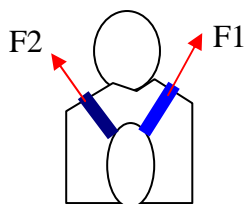
Př. 2

Pokud siloměr, na kterém je zavěšeno závaží, ukazuje velikost gravitační síly  $F_g = 49,05 \text{ N}$ , jak velkou hmotnost má závaží ?

Téma : Skládání sil

DÚ : ---

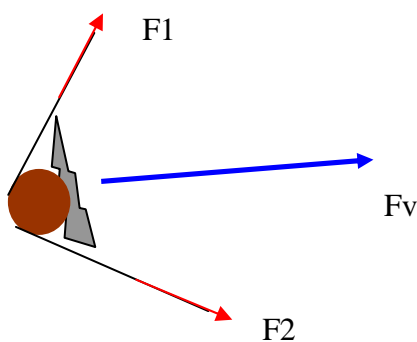
Představme si batoh na zádech studenta, je nepochybné, že gravitační síla působí na batoh směrem dolů, jak je tedy možné, že žádná ze sil v popruzích nepůsobí svisle nahoru a přesto je batoh na zádech v klidu ?



Je pravda, že žádná ze sil ( $F_1, F_2$ ) nepůsobí přímo proti gravitační síle batohu, ale pokud si představíme jejich společné působení, jejich výsledkem je síla působící svisle vzhůru, která batoh na zádech drží. Této výsledné síle říkáme výslednice sil.

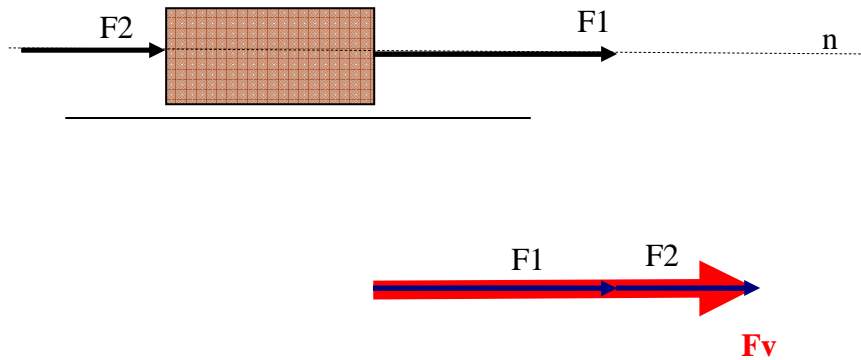
**Výslednice sil je síla, která dokáže nahradit působení soustavy sil tak, že s ní má stejné účinky.**

Př. Kácení  
stromu



## Výslednice sil působících na jedné nositelce za sebou

a) Grafické řešení



b) Početní řešení

**Výslednice sil, které působí na jedné nositelce stejným směrem má směr shodný jako obě síly a její velikost je dána součtem velikostí obou sil.**

*Platí, že velikost ani směr výslednice se nezmění, posuneme-li síly libovolně po jejich nositelce.*

Téma : Skládání sil  
DÚ : V závěru hodiny

b) Výslednice sil působících na stejné nositelce proti sobě

Skutečnost :

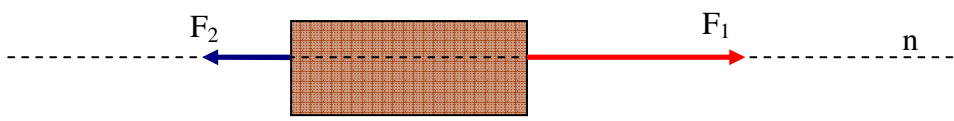


Schéma :

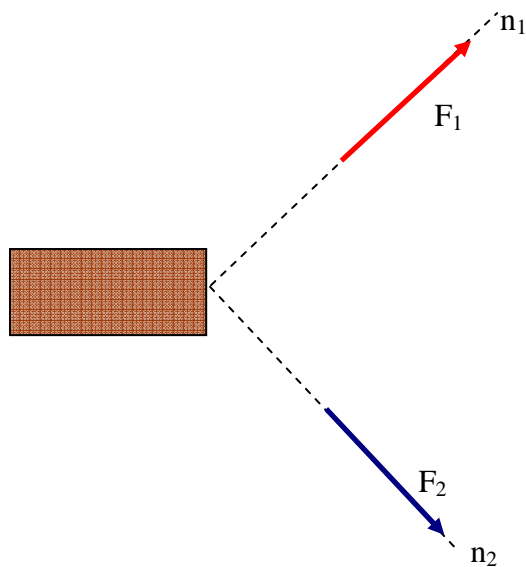


Výslednice dvou sil opačného směru na společné nositelce má velikost rovnou rozdílu obou sil a její směr je shodný se směrem větší síly.

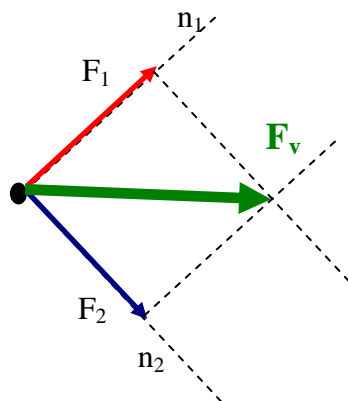
$$\mathbf{F}_v = \mathbf{F}_1 - \mathbf{F}_2$$

### c) Výslednice sil na kolmých nositelkách

Skutečnost



Schéma



Graficky sestrojíme rovnoběžník sil kde platí, že výslednice je tvořena jeho úhlopříčkou.

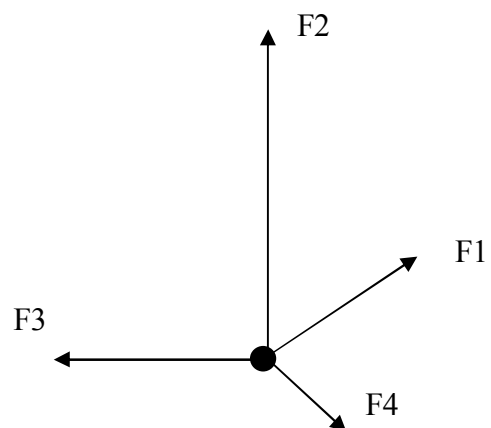
Pro početní řešení si uvědomme, že síly v tomto případě tvoří pravoúhlý trojúhelník a tak platí Pythagorova věta :

$$F_v^2 = F_1^2 + F_2^2$$

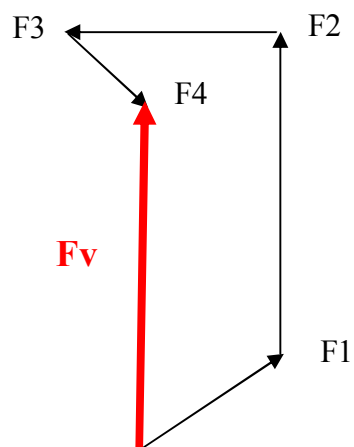
Téma : Skládání sil

DÚ : ----

Skládání sil působících ve společném působišti :



Síly zakreslíme postupně za sebou a výsledná síla směřuje od začátku první do konce poslední :

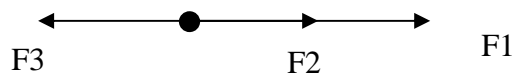


Téma : Výslednice sil – příklady

Př. 1

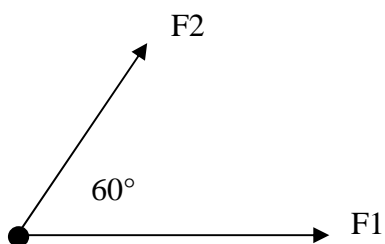
Zjistěte graficky i početně výslednici tří sil působících na jedné nositelce dle obrázku.

$F_1 = 60 \text{ N}$  ,  $F_2 = 30 \text{ N}$  ,  $F_3 = 40 \text{ N}$



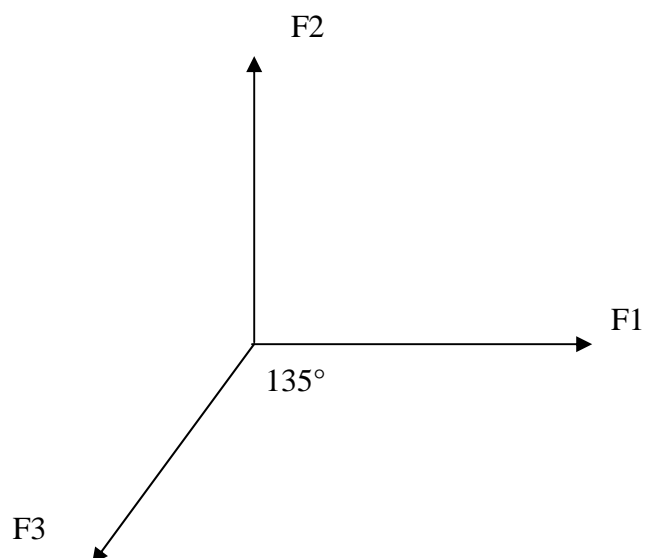
Př. 2

Zjistěte výslednici sil dle obrázku. Velikosti sil jsou shodné jako v předchozím příkladě.



Př. 3

Zjistěte výslednici sil podle obrázku.  $F_1 = F_2 = 50 \text{ N}$  ,  $F_3 = 70,7 \text{ N}$

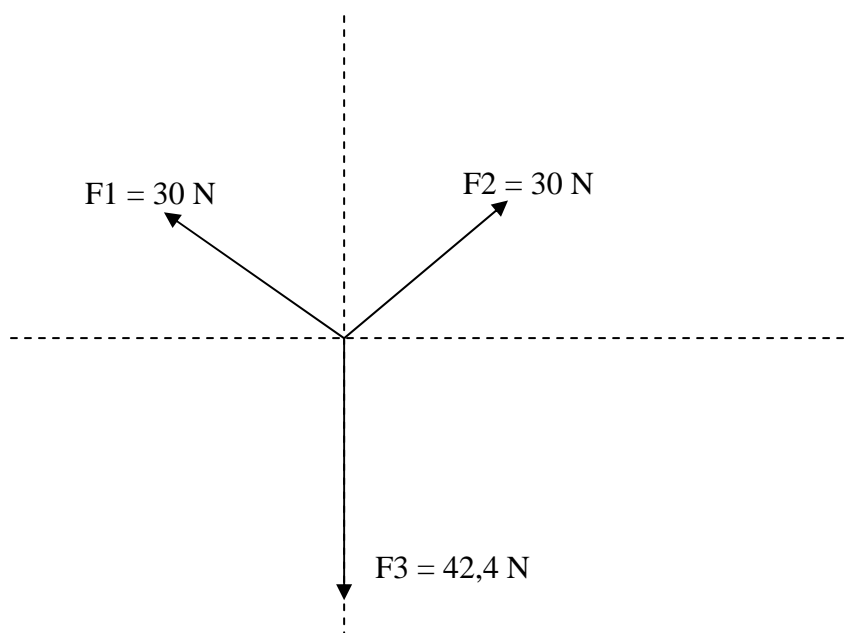


V případě, že celková výslednice sil působících v jednom bodě je nulová vzniká **rovnováha sil**. Jak poznáme rovnováhu sil, co se s tělesem v takovém případě děje ? ( nepohybuje se)

Téma : Těžiště

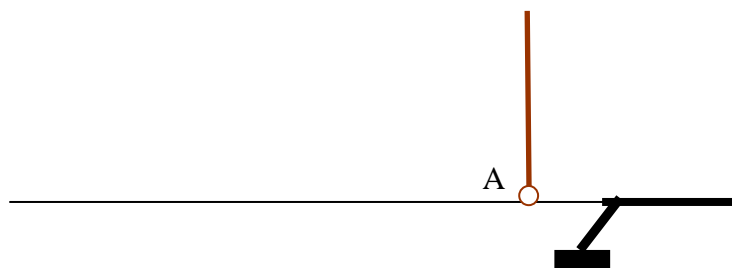
DÚ :-----

Zjistěte výslednici sil v příkladě dle obrázku :



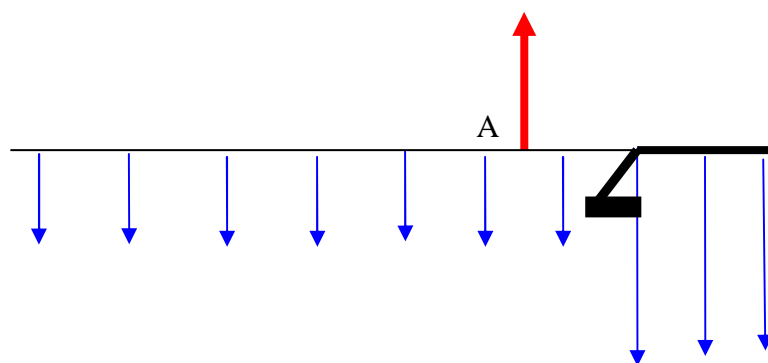
Rovnováha sil – výslednice sil je nulová, těleso se nepohybuje.

Je možné najít i rovnováhu takových sil, které nepůsobí v jednom bodě ? V jakém bodě zavěsit rybářský prut na stěnu ?



Proč právě v bodě A ? Co je v tomto bodě tak zvláštní ?

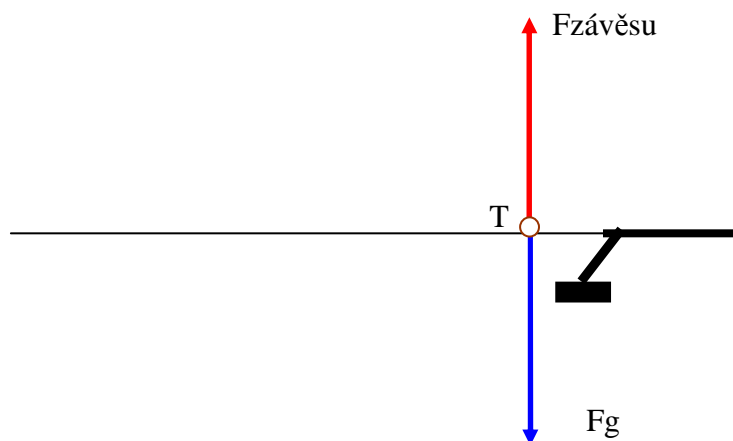
Odpověď zkusme hledat tak, že si představíme prut rozřezaný na malé kousky. Každý kousek potom působí gravitační silou.



Co se tedy stalo v bodě A. Jak velká je červená síla působící v bodě A ? Kde liží výslednice všech modrých sil ?

**V bodě A je těžiště tělesa. V něm působí a do něj zakreslujeme výslednou gravitační sílu. Pokud v tomto bodě těleso podepřeme a nebo zavěšíme, vznikne rovnováha sil ( červená a modré). Těleso tak bude v klidu, nebude se pohybovat.**

Zjednodušeně se tento případ dal zakreslit takto :



Síly jsou v rovnováze, těleso zavěšené v těžišti je v klidu.

Zamyšlení :

Jak bude vypadat podobný obrázek, pokud těleso nezavěšíme přesně v těžišti ?

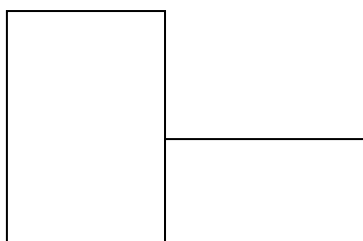
Téma : Vlastnosti těžiště a stabilita

DÚ : -----

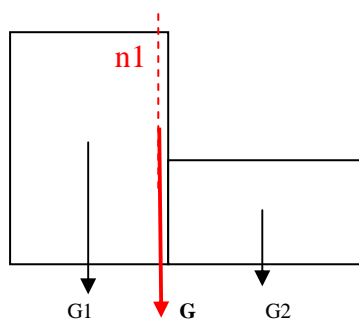
Využití vlastnosti, že tělesa zavěšená nad a nebo podepřená pod těžištěm se nepohybují.

Odvození :

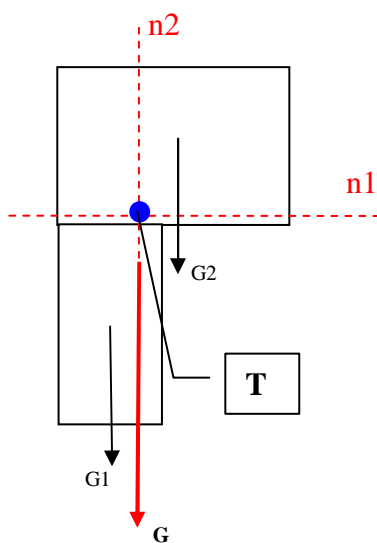
Představme si neznámé těleso, jehož těžiště chceme najít :



Těleso si představíme rozdělené na menší části



Na každou část působí gravitační síla, všechny gravitační síly mají svojí výslednici.(G). **Ta prochází těžištěm.**

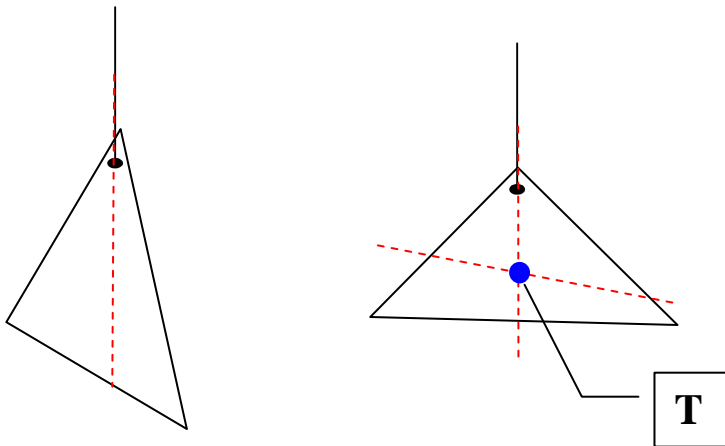


Když těleso otočíme a znovu najdeme výslednou gravitační sílu, která musí ležet v těžišti, kde se protínají nositelky obou těchto sil ?

**Průsečík těchto nositelek je v těžišti.**

Je možné této vlastnosti nějak využít při hledání polohy těžiště ?

Každý student si vezme svojí vlastnoručně vyrobenou plochu a zavěsí na provázek, jak lze takt zjistit polohu těžiště při využití předchozích informací ?



Promyslete :

Pokud budeme těleso zavěšovat stále na další libovolně zvolené body, proč se budou přímky vzniklé jako prodloužení provázku protínat v těžišti ?

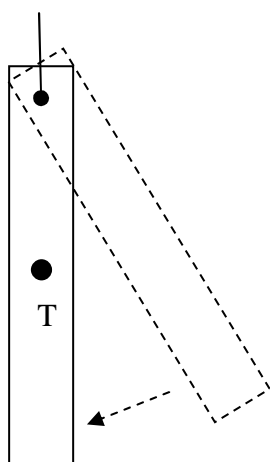
Téma : Rovnovážná poloha tělesa

DŮ :

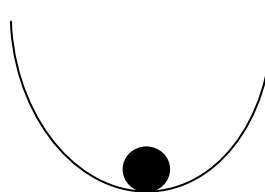
Jestliže síly, které působí na těleso jsou v rovnováze, jejich výslednice je nulová. V takovém případě se těleso buď pohybuje stále stejnou rychlostí i směrem a nebo je v klidu. V klidu těleso zaujme **rovnovážnou polohu**.

Rovnovážná poloha může být trojího druhu :

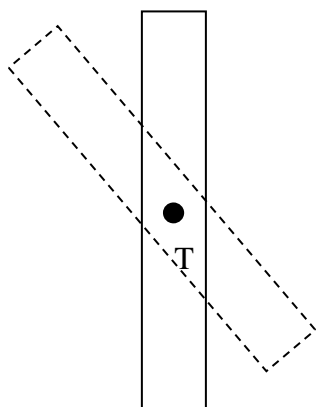
1) Těleso zavěšeno nad těžištěm



Po vychýlení z rovnovážné polohy se těleso do ní opět vrátí. Říkáme, že těleso je ve **stálé rovnovážné poloze – stabilní**.



2) Těleso zavěšeno v těžišti

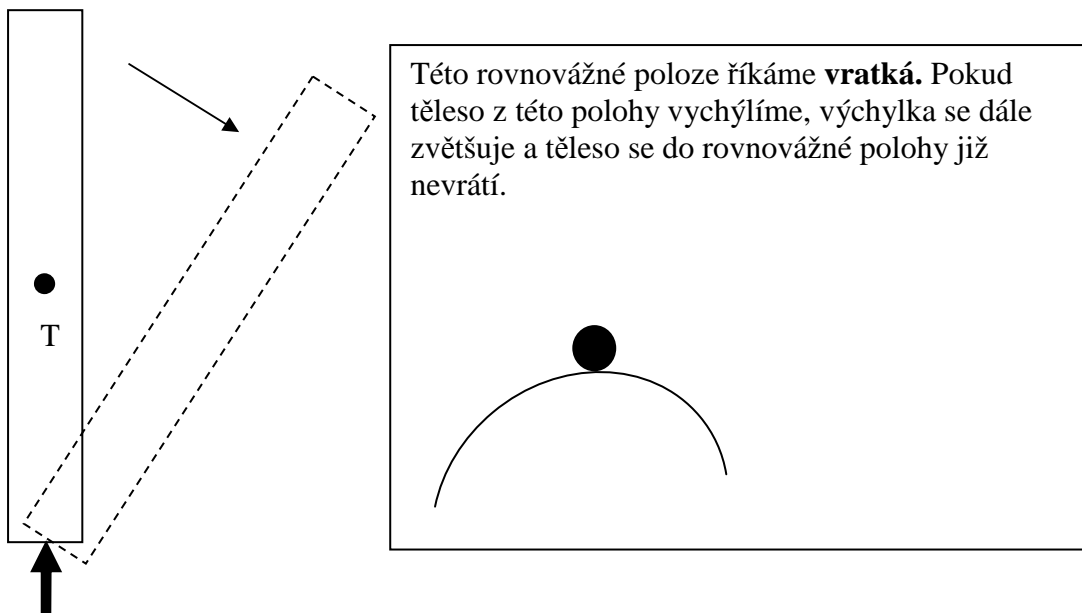


Této rovnovážné poloze říkáme **volná – indiferentní**.

Těleso se již do původní polohy nevrací, ale dále se nevychyluje. Jeho nová poloha je opět rovnovážná.



3) Těleso je podepřeno pod těžištěm



Téma : Účinky síly, Newtonovy zákony  
DÚ : ----

Jak poznáme, že na těleso působí síla :

Síla mění pohyb tělesa. Těleso se začne pohybovat a pohybující se těleso změní svojí rychlost, směr pohybu. Těmto účinkům síly říkáme **posuvné účinky**.

### Posuvné účinky síly

Při posuvných účincích síla dokáže těleso urychlovat, tedy zvětšovat jeho rychlost, jestliže působí ve směru pohybu. Při této souvislosti mluvíme o fyzikální veličině zvané **zrychlení**, ta vyjadřuje, ‚jak moc rychle‘ se rychlost tělesa skutečně změnila.

Zrychlení se tedy vypočte jako změna rychlosti dělená časem.

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t}, [a] = \left[ \frac{m}{s^2} \right]$$

( Trojúhelníček čteme jako delta a znamená změnu rychlosti za daný čas)

Př. 1

Vypočtete zrychlení automobilu, který při rozjezdu změní svojí rychlost z 0 km/h na 100 km/h za dobu 5s.

100 km/h .....27,8 m/s

$$a = \frac{27,8 - 0}{5} = 5,56 \frac{m}{s^2}$$

Kromě zrychlování (akceleraace) je možné, že síla působí proti směru pohybu tělesa, v takovém případě těleso síla **brzdí**. Při brzdění mluvíme o zpomalení. Někdy se jako zpomalení mluví o záporném zrychlení.

Př. 2

Automobil rovnoměrně zpomalil z rychlosti 60 km/h na rychlost 20 km/h za dobu 10s. Jaké bylo zpomalení.

60 km / h .....16,7 m/s

20 km/h .....5,6 m/s

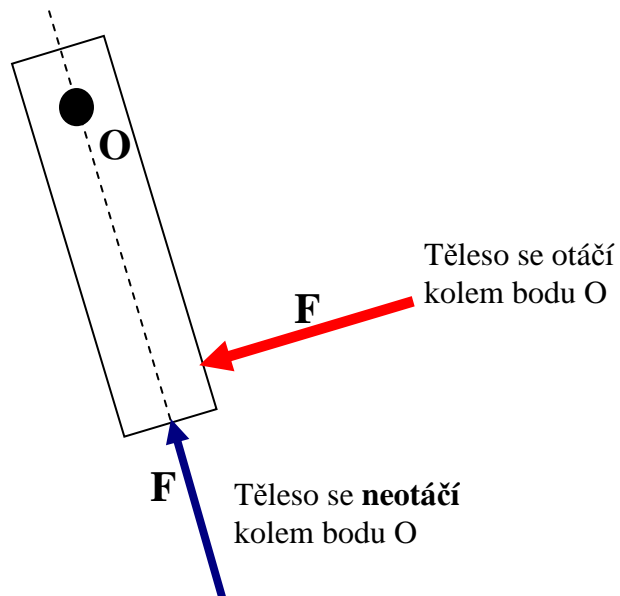
t = 10 s

$$a = \frac{5,6 - 16,7}{10} = -1,11 \frac{m}{s^2}$$

Pokud síla působí kolmo k směru pohybu tělesa, dojde pouze ke změně směru pohybu.

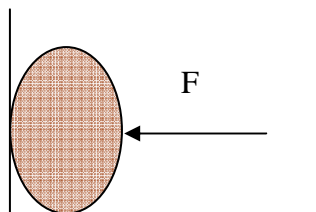
### Otáčivé-rotační- účinky síly

Kromě posouvání může síla s tělesem otáčet. Tento případ nastane tehdy, když těleso je otočně spojeno jedním bodem s pevnou podložkou a síla působí jiným směrem, než do středu otáčení.



### Deformační účinky síly

Představíme-li si těleso, které se nemůže pohybovat i když na něj působí síla, v takovém případě dochází k jeho **deformaci**.



Téma : Newtonovy pohybové zákony

DÚ : ----

### První Newtonův zákon **Zákon setrvačnosti**

Těleso je v klidu a nebo se pohybuje rovnoměrným přímočarým pohybem, pokud na něj nepůsobí vnější síla nebo jsou síly v rovnováze.

### Druhý Newtonův zákon **Zákon síly**

Jestliže na těleso působí síla, pak se těleso pohybuje se zrychlením, které je přímo úměrné působící síle a nepřímo úměrné hmotnosti.

$$\mathbf{F} = \mathbf{m} \cdot \mathbf{a}$$

### Třetí Newtonův zákon **Zákon akce a reakce**

Každá akce vyvolá reakci stejně velkou, ale opačného směru.

Téma : Newtonovy pohybové zákony – dokončení minulé hodiny  
DÚ : -----

Téma : Newtonovy pohybové zákony – příklady

DÚ : -----

Zákon síly – příklady

Př. 1

Jak velká síla  $F$  působí na vozidlo tíhy  $G = 3000 \text{ N}$  a jaké bude jeho zrychlení, jestliže za dobu  $t = 20 \text{ s}$  dosáhne rychlosti z nuly na  $100 \text{ km/h}$ .

$$G = 3000 \text{ N}$$

$$t = 20 \text{ s}$$

$$\Delta v = 100 : 3,6 = 27,78 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{27,78}{20} = 1,389 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

$$m = \frac{G}{g} = \frac{3000}{9,81} = 305,81 \text{ kg}$$

$$F = m \cdot a = 305,81 \cdot 1,389 = 424,77 \text{ N}$$

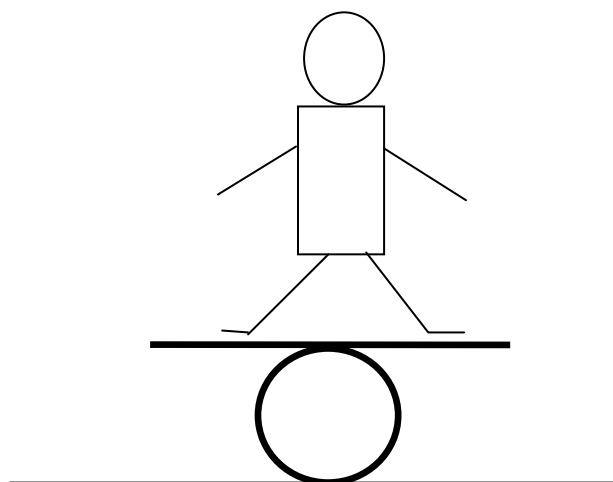
Př. 2

Jak velké síly působí v nohách 4 nohé židle, jestliže na ní sedí člověk o hmotnosti  $80 \text{ kg}$ . Jakou silou působí židle na člověka ? Jakou silou působí na zem.

Př. 3

Vysvětlete rozložení sil o artisty balancujícím na válci dle obrázku

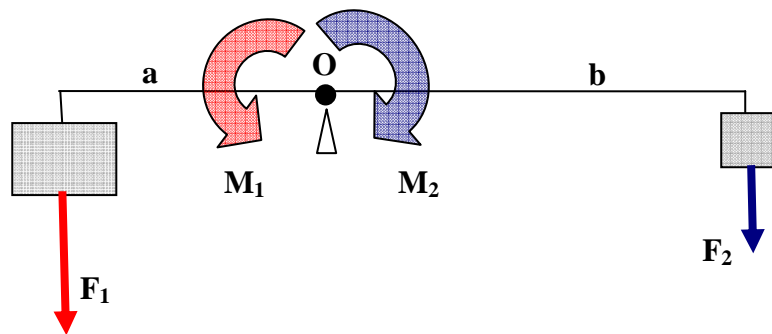
:



Téma : Otáčivé účinky síly

DÚ : -----

Páka je tyč otočně spojená se zemí či jinou konstrukcí. Otočnému uložení někdy také říkáme rotační vazba. Bod , kolem kterého se tyč otáčí je střed otáčení a jím prochází kolmo na poloměr otáčení osa rotace.



Ze zkušenosti víme, že to, na kterou stranu se páka natočí nezáleží pouze na velikosti sil  $F_1$  a  $F_2$  , ale také na vzdálenostech a a b.

Vzdálenosti a i b se nazývají **ramena síly**. **Rameno síly je tedy kolmá vzdálenost od středu otáčení na nositelku síly.**

Otáčivé účinky síly charakterizuje veličina nazývaná moment síly. Velice zjednodušeně můžeme říct, že moment síly znamená, jak moc se chce těleso daným směrem otáčet. Odborně řečeno , **moment síly je mírou jejího otáčivého účinku.**

Moment síly vypočteme jako sílu krát rameno, tedy platí :

$$M = F.a \quad [N.m]$$

Pokud má být **páka** na obrázku **v rovnováze** – neotáčet se na žádnou stranu – musí sřejmě platit , že se ,chce na každou ze stran otáčet stejně“. Tedy platí :

$$M_1 = M_2$$

$$F_1.a = F_2.b$$

Téma : Užití rovnováhy na páce – příklady

DÚ : -----

Písemka

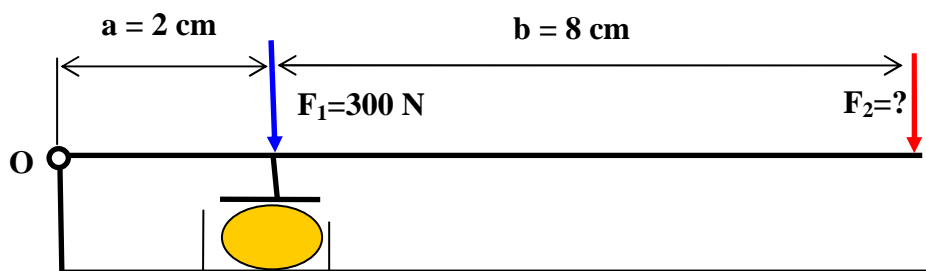
---

Užití rovnováhy na páce

Upozornit že rovnováha sil nastala tehdy, když se těleso nepohybuje, ale i tehdy, když se pohybuje rovnoměrným pohybem.

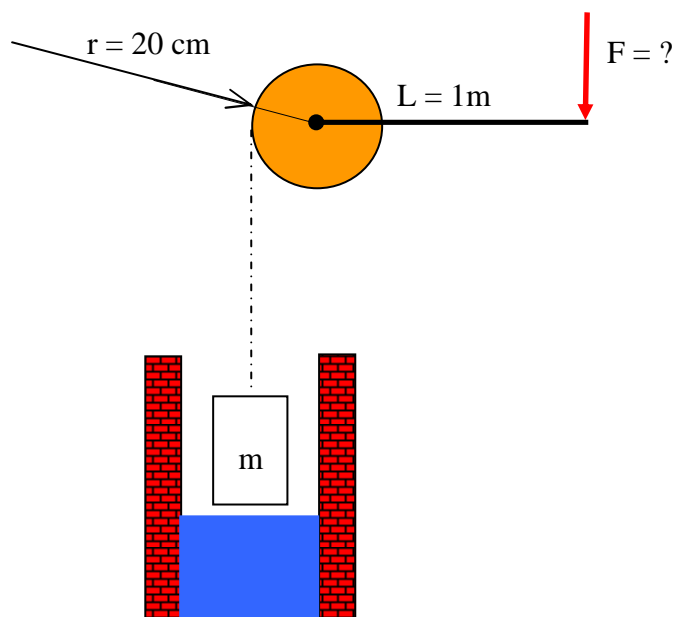
Př. 1

Jak velkou silou  $F$  působíme na louskáček ořechů podle obrázku, jestliže potřebujeme získat sílu 300 N.



Př. 2

Jak velkou silou  $F$  budeme zvedat kbelík s vodou o hmotnosti  $m = 10 \text{ kg}$ , zařízením dle obrázku.



Téma : Kladka

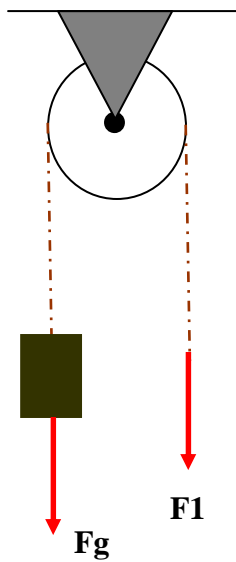
DÚ :-----

Dokončení příkladů z minulé hodiny

Kladka

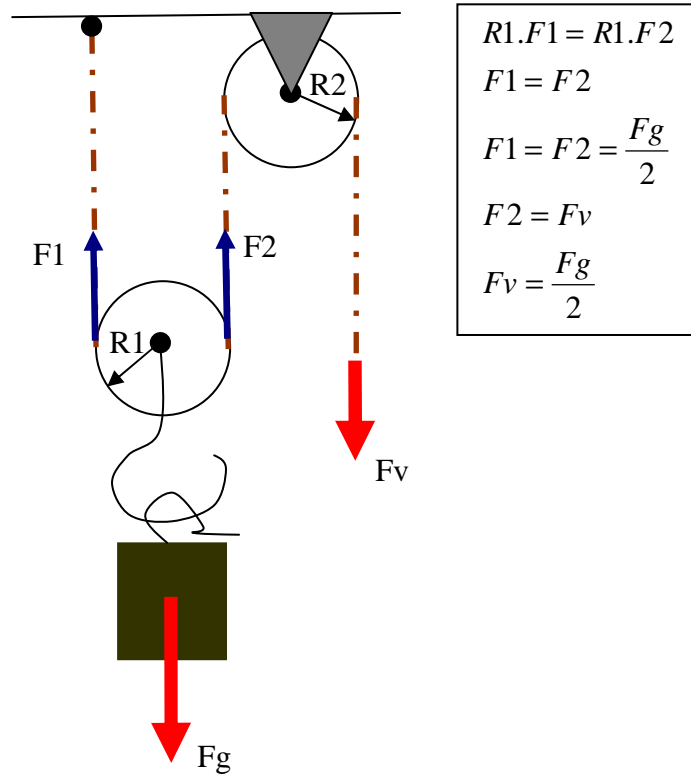
Kladky používáme při zvedání těles.

**A) Pevná kladka**



Pevná kladka bude v rovnováze,  
pokud  $F_g = F_1$

## B) Volná kladka



Na volné kladce působíme pro rovnováhu pouze poloviční silou, oproti zátěži  $F_g$ .

Téma : Tlak, tlaková síla

DÚ : ----

Jaký je rozdíl, mezi působením na dřevěnou podlahu chodidlem a špičkou nože. Proč se nůž do podlahy zabodne a chodidlo ne ?

Proč se tentýž člověk s lyžemi do sněhu boří méně než, když jde pěšky ?

Zvolme fyzikální veličinu, která je tím větší, čím větší je působící síla, ale také tím větší, čím menší je plocha, na kterou tato síla působí :

$p = \frac{F}{S}$  , veličinu nazýváme tlak, jednotkou je pascal, značíme Pa.

Jak velkým tlakem působí na stůl těžítka tvaru krychle o hraně = 5 cm a hmotnosti 0,2 kg ?

V některých případech je tlak známou veličinou a počítáme sílu. Tu potom nazýváme tlaková síla a platí :

$$F = p \cdot S$$

Př.

Jak velká síla působí na obdélníkové okénko ponorky , které má rozměry 20 cm na 10 cm. Tlak pod hladinou vody je 100 KPa.

Téma : Třecí síla

DÚ :

Př. 1

Vypočtete tlakovou sílu, která působí na špunt ve vaně, jestliže jeho průměr je  $d = 5 \text{ cm}$  a výška vodního sloupce ve vaně  $20 \text{ cm}$ . Jak velký tlak na povrch špuntu působí ?

### Tření, třecí síla

Tření patří do skupiny tzv. pasivních odporů proti pohybu. Znamená to, že stejně jako např. odpor větru se i tření snaží pohybu zabránit a nebo jej brzdit.

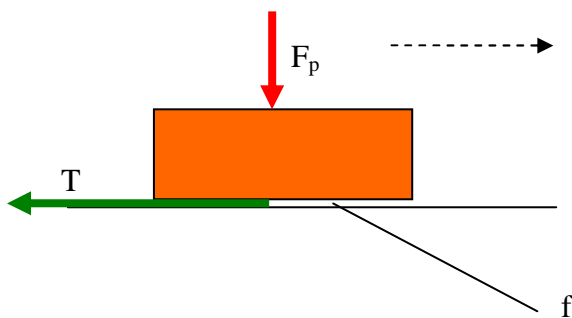
Tření pozorujeme při posouvání tělesa po podložce. Jeho velikost závisí na :

- Drsnosti stykových ploch
- Přítlačné síle ( síla kolmá na podložku tělesa)
- Na druhu materiálů, mezi kterými ke tření dochází

Tření je možné obecně pozorovat kromě smýkání tělesa po nějaké ploše také např. při táčení tělesa na hřídeli.

My se zde budeme podrobněji zabývat pouze **třením smykovým**.

Smykové tření lze nejnadhěji vysvětlit nerovností ploch, které se vzájemně pohybují.



T ..... třecí síla

$F_p$  .....přítlačná síla

f.....součinitel smykového tření

Jak již bylo řečeno, velikost třecí síly závisí na přítlačné síle ( $F_p$ ), ale také na materiálu, mazání, drsnosti ploch, všechny tyto vlastnosti vyjadřuje jediná hodnota nazývaná **součinitel smykového tření** ( $f$ ). Jeho velikost najdeme v tabulkách. Platí, že :

$T = f \cdot F_p$ .....**třecí síla v N působí vždy proti směru pohybu**

|           |              |          |       |                  |
|-----------|--------------|----------|-------|------------------|
| Hodina    | Třída        | Předmět  | Datum | ID               |
| <b>33</b> | <b>2.ABC</b> | <b>F</b> |       | <b>33-2ABC-F</b> |

Téma : Třecí síla – výpočty

DÚ : -----

Z minulé hodiny víme, že pro výpočet velikosti třecí síly je nutné znát součinitel smykového tření. V tabulkách jej lze najít pro daný materiál a mazání. Všimněte si, že součinitele smykového tření máme dva.

Pokud se těleso již pohybuje, stačí k zachování rovnoměrného pohybu menší síla a naměříme tak menší součinitel tření než v případě, že je těleso v klidu. V takovém případě naměříme součinitel smykového tření větší (mluvíme o efektu odtržení) a tento součinitel se nazývá součinitel klidového tření.

Příklady viz. tabulka:

| Dvojice materiálů | Mazání | Součinitel smykového tření $f$ | Součinitel klidového tření $f_0$ |
|-------------------|--------|--------------------------------|----------------------------------|
| Ocel - ocel       | suché  | 0,06                           | 0,15                             |
| Ocel - dřevo      | suché  | 0,3                            | 0,5                              |
| Ocel - led        | suché  | 0,01                           | 0,03                             |
| Dřevo - dřevo     | suché  | 0,3                            | 0,5                              |

### Př. 1

Jak velkou silou musíme tlačit sánky s ocelovou skluznicí po ledu, aby se začaly pohybovat. Sánky mají hmotnost 10 Kg a sedí na nich člověk o hmotnosti 60 kg.

$$T = f_0 \cdot F_p$$

$$T = 0,03 \cdot 70 \cdot 9,81 = 20,601 \text{ N}$$

Sánky se začnou pohybovat, jestliže budeme tlačit silou větší než 20,601N

### Př. 2

Jak velkou silou je nutné tyto sánky táhnout, aby se pohybovaly stálou rychlostí ?

$$T = 0,01 \cdot 70 \cdot 9,81 = 6,867 \text{ N}$$

Je nutné táhnout silou 6,867 N

### Př. 3

Bude stačit síla o velikosti 300 N na to, abych dokázal posunout dřevěnou bednu o hmotnosti 70 kg z klidu po dřevěné podlaze ?

$$T = 0,5 \cdot 70 \cdot 9,81 = 343,35 \text{ N}$$

Síla 300 N stačit nebude.

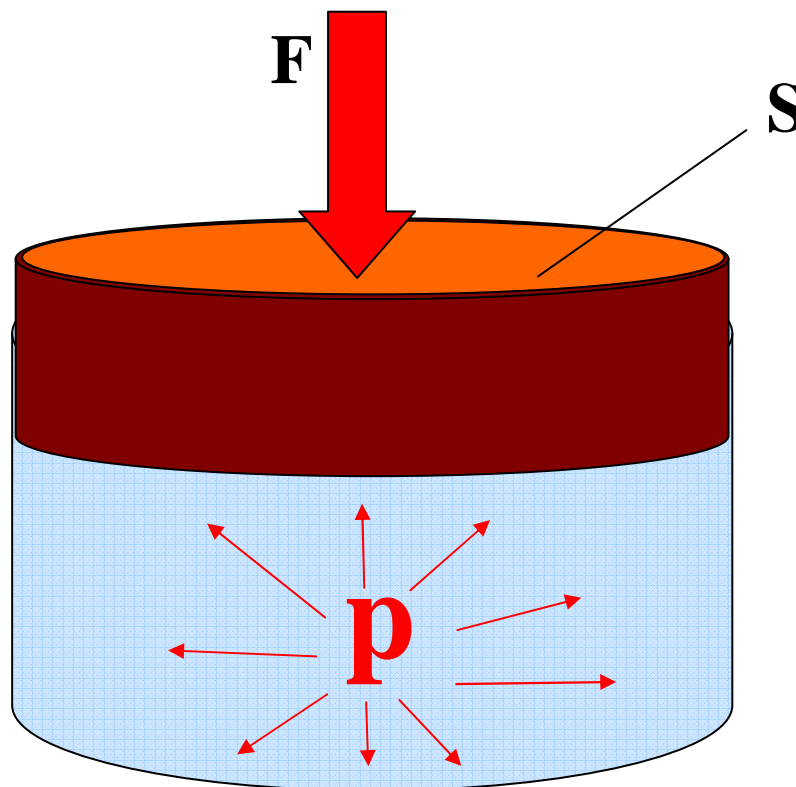
Téma : Tlak v kapalině

DÚ : -----

Základní vlastnosti kapalin :

- Vodorovná hladina
- Tvar podle nádoby
- Téměř nestlačitelné
- Snadno dělitelné
- Tekuté

Pokud působíme na kapalinu v uzavřené nádobě silou, budeme měnit tlak uvnitř kapaliny.



**Pascalův zákon – působením vnější tlakové síly na povrch kapaliny v uzavřené nádobě vznikne ve všech místech kapaliny stejný tlak.**

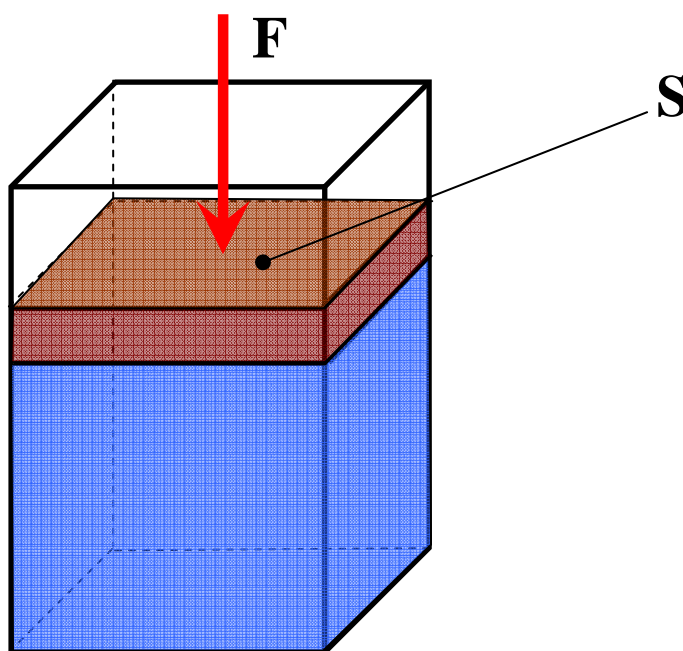
**Tento tlak lze vypočítat ze známé plochy  $S$  a síly  $F$ .**

Téma : Spojené nádoby

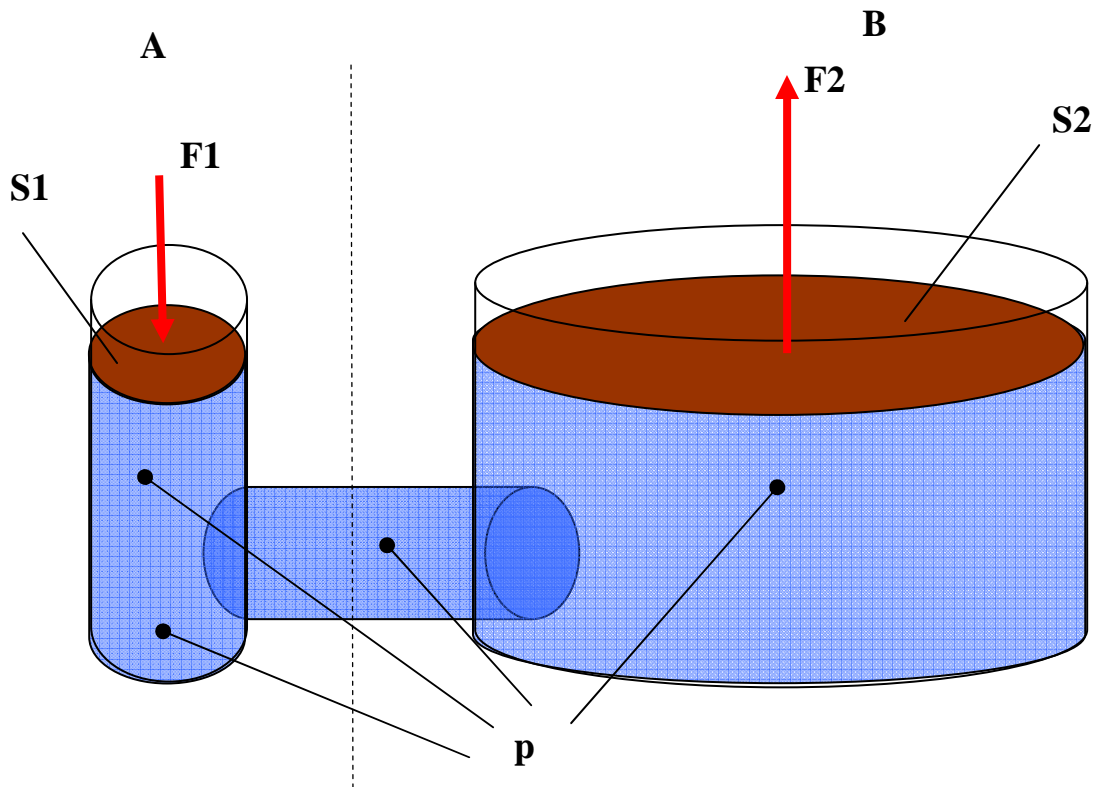
DÚ : ----

Podle Pascalova zákona jistě platí, že tlak v uzavřené nádobě je ve všech místech stejný ( od vnější síly). Není tedy důležité, jaký tvar má nádoba. Pokud velikost tlaku vypočteme ze známé vnější síly, dostaneme i pro nádobu na obrázku vztah :

$$p = \frac{F}{S} \quad \text{nebo také :} \quad p = F : S$$



Co se tedy stane s tlakem, jestliže spojíme dvě nádoby. Na nádobu označenou jako A působíme silou  $F_1$  na víko o ploše  $S_1$ . Jak velká bude síla  $F_2$ , působící na víko o ploše  $S_2$  u nádoby B ? Vycházíme z faktu, že ve všech místech i v této nádobě musí být stejně veliký tlak.



Všimněme si, že tedy platí :

$$\text{V nádobě A ..... } p = \frac{F_1}{S_1}$$

$$\text{V nádobě B ..... } p = \frac{F_2}{S_2}$$

Nádoby jsou ale spojené a tlak je tedy stejný, musí platit :

$$\frac{F_1}{S_1} = \frac{F_2}{S_2}$$

$$F_2 = F_1 \frac{S_2}{S_1}$$

Co když ale nádoby vyrobíme tak „šikovně“, že plocha  $S_2$  bude mnohonásobně větší, než plocha  $S_1$ . To by potom znamenalo, že malou silou  $F_1$ , dokážeme vyvodit velkou sílu  $F_2$  na druhé nádobě. Známe tedy princip **hydraulických strojů**.

Ve zbytku času příklady.

Téma : Hydrostatický tlak

DÚ : ----

Př. 1

Jak velkou silou udržíme v rovnováze automobil o hmotnosti 700 kg, jestliže zvedák pracuje na principu spojených nádob a plochy pístů jsou  $5 \text{ cm}^2$  a  $2 \text{ m}^2$ .

$$S_1 = 5 \text{ cm}^2$$

$$S_2 = 2 \text{ m}^2 = 20000 \text{ cm}^2$$

$$\frac{F_1}{S_1} = \frac{F_2}{S_2}$$

$$F_2 = \frac{S_2}{S_1} \cdot F_1$$

$$F_2 = \frac{5}{20000} \cdot 700 \cdot 9,81$$

$$F_2 = 1,717 \text{ N}$$

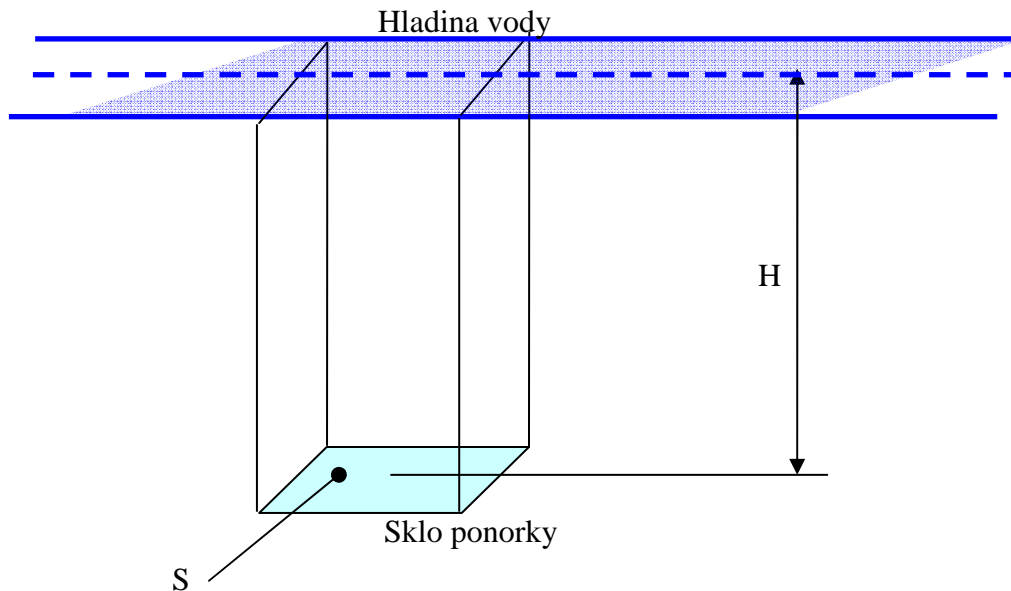
### Hydrostatický tlak

Tlak uvnitř kapaliny je kromě vnější síly způsoben také samotnou tíhou vodního sloupce. Mluvíme o hydrostatickém tlaku a hydrostatické tlakové síle, která je tímto tlakem způsobena. (hydro od slova voda a statický od slova v klidu).

Př.

Jak velký tlak a jak velká tlaková síla působí na okno ponorky o ploše  $S$ , jestliže je ponořena  $H$  metrů pod hladinou vody o hustotě  $\rho$ .

Situaci si snadno představíme na zjednodušeném obrázku :



1) Kolik vody se vejde nad sklo ponorky

( až k hladině ) .....  $V = S.H$

2) Jak velkou hmotnost bude tato voda mít ? .....  $m = \rho.V$

$$m = \rho.S.H$$

3) Jak velkou tíhou bude tlačit na sklo ? .....  $F_G = m.g$

$$F_G = \rho.S.H.g$$

**Všimněte si, že jsme vlastně vypočítaly tlakovou sílu, kterou tlačí voda na sklo. Ve výsledném vzorci jen změním pořadí některých násobených veličin tak, jak bývá zvykem vzorec psát :**

$$F_T = H . \rho . g . S$$

$$p = \frac{F_T}{S}$$

4) Jak velkým tlakem působí voda na sklo ponorky ? .....  $p = \frac{H . \rho . g . S}{S}$

$$p = H . \rho . g$$

$$p = H . \rho . g$$

Poznámka : 1) Dosazujeme-li do vzorců v základních jednotkách, tlaková síla vyjde v N, tlak v Pa.

2) Při dělení tlakové síly plochou došlo k tomu, že násobení a zároveň dělení plochou způsobí, že plocha se ve vzorci zkrátí :  $S : S = 1$

Téma : Výpočty hydrostatického tlaku a tlakové síly

DÚ : ----

Ve všech případech počítáme hustotu vody  $\rho = 1000 \frac{kg}{m^3}$  a  $g = 9,81 \text{ N/kg}$

Př. 1

Jak velký tlak bude 4 m pod hladinou vody ?

$$p_h = H \cdot \rho \cdot g$$

$$p_h = 4 \cdot 1000 \cdot 10 = 40000 \text{ Pa} = 40 \text{ KPa}$$

Př. 2

Jak velká tlaková síla působí na sklíčko  $S = 12 \text{ cm}^2$  hodinek potápěče, jestliže je ponořen 40m pod hladinou vody.

$$S = 12 \text{ cm}^2 = 0,0012 \text{ m}^2.$$

$$F_T = H \cdot \rho \cdot g \cdot S$$

$$F_T = 40 \cdot 1000 \cdot 10 \cdot 0,0012 = 480 \text{ N}$$

Př. 3

Jak hluboko je možné potopit hodinky, na kterých je vyznačen dovolený tlak 5 at (ATM)

**Přibližně platí .....1at = 1bar = 0,1MPa**

$$p_h = 5 \text{ at} = 0,5 \text{ MPa} = 500000 \text{ Pa}$$

$$p_h = H \cdot \rho \cdot g$$

$$H = \frac{500000}{1000 \cdot 10} = 50 \text{ m}$$

Př. 4

Jak velká tlaková síla působí na obdélníkové dveře automobilu o rozměrech 0,5m x 1m, jestliže je automobil ponořen v hloubce 1m.

$$F_T = H \cdot \rho \cdot g \cdot S$$

$$S = 0,5 \cdot 1 = 0,5 \text{ m}^2$$

$$F_T = 1 \cdot 1000 \cdot 10 \cdot 0,5 = 5000 \text{ N}$$

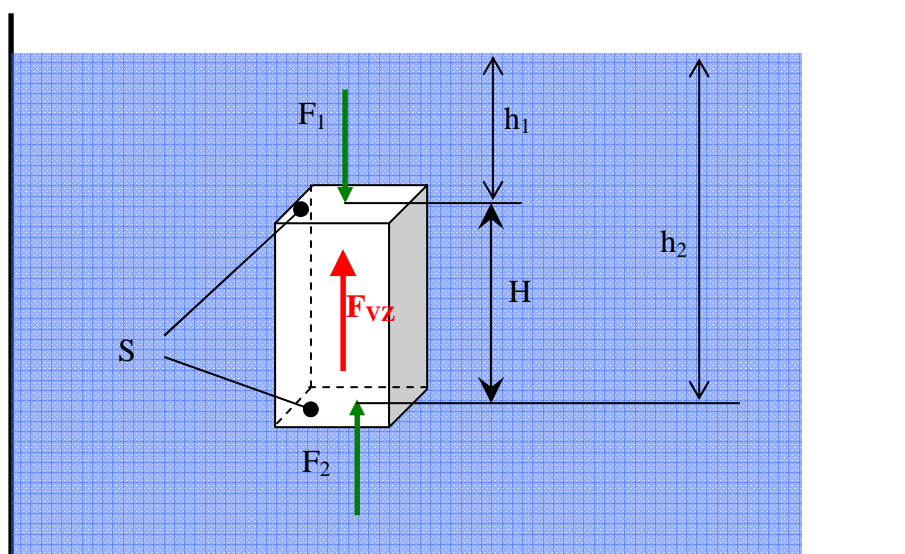
Téma : Vztlková síla

DÚ : ----

Všimněme si, že velikost tlakové síly je závislá na hloubce. Čím větší hloubka, tím větší tlaková síla :

$$F_T = H \cdot \rho \cdot g \cdot S$$

Jaké to má důsledky ?



Vzhledem ke stejným plochám podstav ( $S$ ) a závislosti tlakových sil ( $F_1$  a  $F_2$ ) na hloubce musí platit, že **tlaková síla ve větší hloubce  $F_2$  bude větší než síla v hloubce menší  $F_1$ .**

$$F_1 = h_1 \cdot \rho \cdot g \cdot S$$

$$F_2 = h_2 \cdot \rho \cdot g \cdot S$$

Výsledná síla bude působit směrem vzhůru a její velikost lze vypočítat :

$$F_{vz} = F_2 - F_1$$

$$F_{vz} = h_2 \cdot \rho \cdot g \cdot S - h_1 \cdot \rho \cdot g \cdot S$$

$$F_{vz} = (h_2 - h_1) \cdot \rho \cdot g \cdot S$$

$$F_{vz} = H \cdot \rho \cdot g \cdot S$$

$$F_{vz} = V \cdot \rho \cdot g$$

Znamená to tedy, že vztlakovou sílu, která vytlačuje těleso směrem vzhůru k hladině, lze vypočítat ze vztahu :

$$F_{VZ} = V \cdot \rho \cdot g$$

Jedná se o velmi zajímavý vztah, když si totiž uvědomíme, že  $V$  je objem ponořeného tělesa a  $\rho$  jeho hustota okolní kapaliny, potom součin těchto veličin dává hmotnost, ale hmotnost vlastně čeho ??

*Jedná se o hmotnost tělesa, pokud by bylo celé naplněno okolní kapalinou. Vztah  $F = m \cdot g$  by vlastně vypočítal gravitační sílu od tohoto tělesa. V této úvaze pokračuje Archimédův zákon :*

**Těleso ponořené do kapaliny je vytlačováno silou, která se rovná tíze kapaliny tělesem vytlačené.**

Nebo jinak :

Když ponoříme těleso do kapaliny bude ho vzhůru tlačit síla, která je stejně velká, jako gravitační síla stejného tělesa, ale naplněného okolní kapalinou.

Téma : Výpočty vztlakové síly

DÚ:-----

Př. 1

Jak velká vztlaková síla působí na těleso ponořené do vody o objemu  $20 \text{ cm}^3$ . Vlastní tíhu tělesa zanedbejte.

$$V = 20 \text{ cm}^3 = 0,00002 \text{ m}^3 \quad F_{vz} = V \cdot \rho \cdot g$$
$$F_{vz} = 0,00002 * 1000 * 10 = 0,2N$$

Př. 2

Jak velkou silou musíme zvedat ocelovou krychli o hraně  $h = 30 \text{ cm}$  na vzduchu a jak se tato síla změní, ponoříme-li ji do vody. ( Hustota oceli =  $7800 \text{ kg/m}^3$ ).

$$V = 0,3 * 0,3 * 0,3 = 0,027 \text{ m}^3$$
$$F_G = V * \rho * g = 0,027 * 7800 * 10 = 2106N$$
$$F_{vz} = V * \rho_{H_2O} * g = 0,027 * 1000 * 10 = 270N$$

Na vzduchu musíme zvedat silou  $F_g = 2106 \text{ N}$

Ve vodě zvedáme silou  $F_g - F_{vz} = 2106 - 270 = 1746 \text{ N}$

Př. 3

Jak se bude chovat těleso vyrobené z parafínu (  $\rho = 900 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$  ), jestliže jej ponoříme do vody.

Téma : Vztlková síla

DÚ : ----

Př. 1

Jak velká vztlková síla působí na těleso tvaru krychle o hraně  $h = 12 \text{ cm}$ , která je celá ponořená pod hladinu vody.

$$V = 0,12 * 0,12 * 0,12 = 0,001728m^3$$

$$F_{VZ} = V \cdot \rho \cdot g$$

$$F_{VZ} = 0,001728 * 1000 * 10 = 17,28N$$

Př. 2

Jak velká vztlková síla působí na bublinu vzduchu o poloměru  $1 \text{ cm}$ , jestliže je celá pod hladinou vody. Objem koule  $V = \frac{4}{3} * 3,14 * r^3$ .

$$V = \frac{4}{3} * 3,14 * 1^3$$

$$V = 4,18cm^3 = 0,00000418m^3$$

$$F_{VZ} = 0,000004187 * 1000 * 10 = 0,0418N$$

Př. 3

Jak velká výsledná síla vytlačuje těleso z parafínu směrem k hladině vody ?

$$\rho_{par} = 900 \frac{kg}{m^3}, \quad \rho_{H_2O} = 1000 \frac{kg}{m^3}, \quad \text{Objem tělesa } V = 0,25 \text{ m}^3.$$

$$F_{VZ} = V * \rho_{H_2O} * g$$

$$F_{VZ} = 0,25 * 1000 * 10 = 2500N$$

$$F_G = V * \rho_{par} * g$$

$$F_G = 0,25 * 900 * 10 = 2250N$$

$$F = 2500 - 2250 = 250N$$

Př. 4 – DÚ

Jakou hmotnost závaží musíme přidat k rybářskému splávku ze dřeva ( hustota  $500 \frac{kg}{m^3}$  ) o

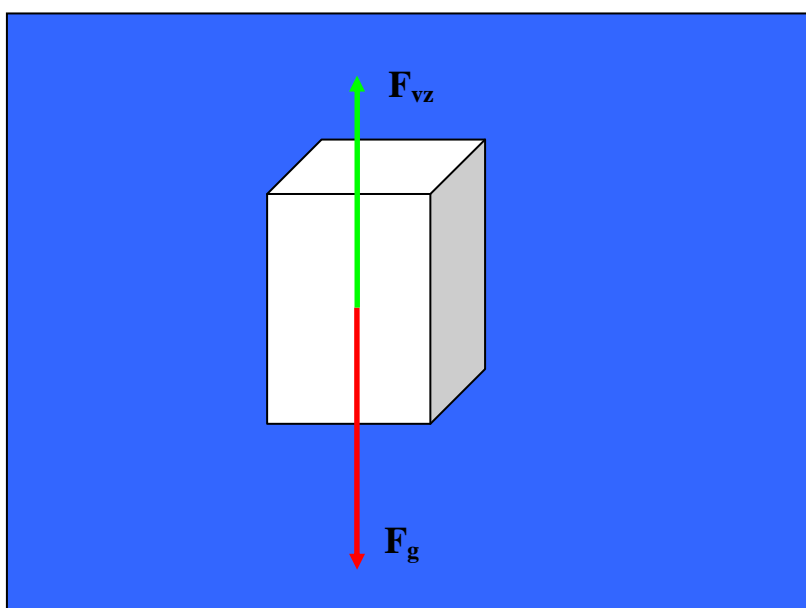
objemu  $V=3,925cm^3$ , který je zcela pod hladinou vody, jestliže jej chceme uvést do rovnováhy. ( Objem závaží zanedbejte). ( cca 4g)

Téma : Těleso v kapalině

DÚ : -----

Př. Jak velká celková síla působí na těleso o objemu  $0,1\text{m}^3$  a hustotě  $\rho_{tel} = 200 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$ , jestliže je zcela ponořeno v kapalině  $\rho_{kap} = 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$ .

Všimněme si, že platí :



$$F_{VZ} = V \cdot g \cdot \rho_{kap} = 0,1 \cdot 10 \cdot \rho_{kap} = 1 \cdot \rho_{kap}$$

$$F_g = V \cdot g \cdot \rho_{tel} = 0,1 \cdot 10 \cdot \rho_{tel} = 1 \cdot \rho_{tel}$$

Všimněte si, že v tomto případě bude velikost vztlakové, ale i gravitační síly závislá pouze na hustotách kapaliny a tělesa, zřejmě tedy platí následující tabulka :

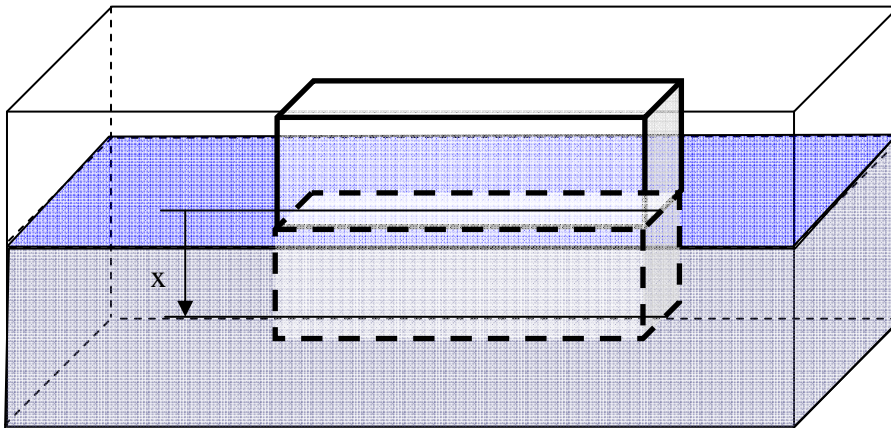
|   |                |                           |
|---|----------------|---------------------------|
| Těleso plove na hladině<br>(stoupá k hladině)   | $F_{VZ} > F_g$ | $\rho_{kap} > \rho_{tel}$ |
| Těleso se vznáší v kapalině<br>(nemění hloubku) | $F_{VZ} = F_g$ | $\rho_{kap} = \rho_{tel}$ |
| Těleso klesá ke dnu<br>(leží na dně)            | $F_{VZ} < F_g$ | $\rho_{kap} < \rho_{tel}$ |

Téma : Nestejnorodé těleso v kapalině

DÚ : ----

Př. Svaříme-li krychli o hraně 1m z plechů tak, že její objem vyplňuje vzduch, jak hluboko se ponoří do vody ?

$\rho_{kapaliny} = 1000 \frac{kg}{m^3}$  , hmotnost plechů  $m = 100$  kg , hmotnost vzduchu a objem ponořené části plechů zanedbáme.



Předpokládáme, že se krychle potopí do hloubky  $x$ . Víme, že :

- Těleso bude vytlačováno jen takovou vztlačovou silou, která odpovídá jen objemu ponořené části tělesa.
- Těleso je ponořováno silou, které odpovídá hmotnosti **celého tělesa**.

Vztlačková síla :  $V_{ponor} = 1.1 \cdot x$   
 $F_{VZ} = V_{ponor} \cdot g \cdot \rho_{kapaliny} = 1.1 \cdot x \cdot 10 \cdot 1000 = 10000 \cdot x$

Gravitační síla:  $F_g = m \cdot g = 100 \cdot 10 = 1000N$

$$10000x = 1000$$

Hloubka ponoření :  $x = 0,1m$

Otázky : Proč tedy lodě mohou plout po vodní hladině ?

Jak hluboko se loď ponoří a na jakých veličinách tento ponor závisí ?

Téma : Tlak vzduchu

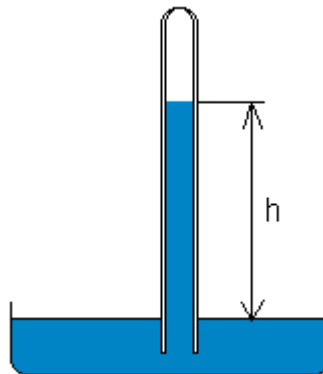
DÚ : -----

- Má okolní vzduch nějaký tlak ?
- Jak se to projevuje ?
- Lze tento tlak změřit ?

Měření tlaku vzduchu – Toricelliho pokus

## Toricelliho pokus

Tlustostěnnou skleněnou trubicí asi 1 m dlouhou a na jednom konci zatavenou naplníme rtuť. Otvor pevně uzavřeme prstem, trubicí převrátíme a ponoříme do nádoby se rtuť. Potom prst uvolníme a pozorujeme, že rtuť v trubici klesne a ustálí se ve výšce přibližně 75 cm. V horní části trubice nad rtuť je vakuum. Sloupec rtuť udržuje v uvedené výšce trubice atmosférická tlaková síla, která působí na volný povrch rtuť v nádobce. Proto je atmosférický tlak v rovnováze s hydrostatickým tlakem rtuťového sloupce. Dosadíme-li hustotu rtuť  $\rho = 13,6 \cdot 10^3 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$ , výšku sloupce  $h = 0,75 \text{ m}$ , tíhové zrychlení  $g = 9,81 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$ , dostáváme přibližnou hodnotu tlaku  $p_h = 10^5 \text{ Pa} = 1000 \text{ hPa}$ , která současně představuje hodnotu atmosférického tlaku  $p_a$ . Z pokusu vyplývá, že hodnota atmosférického tlaku se rovná hodnotě hydrostatického tlaku rtuťového sloupce v Toricelliho trubici.



- Jak vysoko by dosahoval sloupec vody, pokud by pan Torricelli použil místo rtuť vodu ?
- Co z toho vyplývá např. pro čerpání vody ?
- Na jakých veličinách závisí normální tlak vzduchu ?

Téma : Užití atmosférického tlaku a jeho měření

DÚ : -----

- Opakování z minulé hodiny

$P_n = 101,325 \text{ KPa}$  obvykle zaokrouhlujeme na 101 KPa.

- Torricelliho pokus

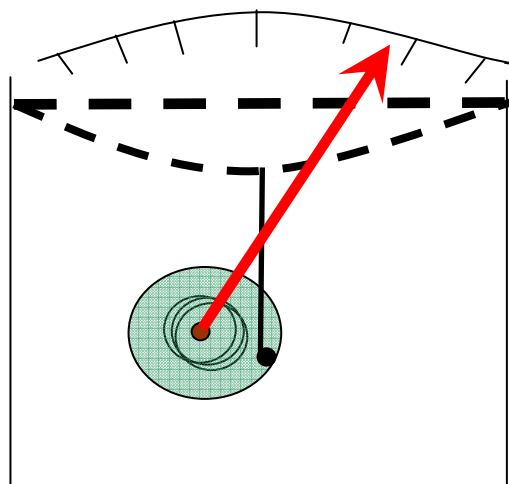
Velikost „normálního tlaku“ je definována nad hladinou moře při teplotě vzduchu  $15^\circ\text{C}$ . Atmosférický tlak  $p_a$ , která naměříme v libovolném místě se bude pohybovat blízko hodnoty normálního tlaku. Jak ale tlak v daném místě změřit ?

- 1) Kapalinový ( rtuťový) tlakoměr, který využívá stejného principu měření, jako Torr. pokus.

V meteorologické službě se používá velice přesných rtuťových tlakoměrů, které jsou vybaveny stupnicí a zvláštním zařízením (**nonius**) s malým pomocným měřítkem, které usnadňuje přesné čtení. Takto odečtený tlak je potřeba redukovat na teplotu  $0^\circ\text{C}$  (kvůli tepelné roztažnosti), k čemuž slouží tabulky a malý teploměr, který je součástí tlakoměru a udává teplotu trubice se rtutí.

- 2) Aneroid – pružinový tlakoměr

Při měření využíváme té skutečnosti, že tlak, který působí na danou plochu se projeví silou. Sílu lze měřit například deformací pružiny ( vzpomeňme na siloměr ). Čím větší deformace pružiny, tím větší tlak.



- 3) Barometr

Přístroj pro určování atmosférického tlaku k předpovědi počasí. ( Vyšší tlak – jasnější a teplejší počasí). Pracují na stejném principu jako oba předchozí.

#### 4) Barograf

Přístroj, který dokáže zaznamenávat měnící se tlak vzduchu během dne. Provedením se jedná o několik aneroidů spojených za sebou a k nim je připojeno zapisovací zařízení. Vidíme obvykle pisátko a otočný válec, na kterém je papír.

#### Využití atmosférického tlaku

Předpokládejme tlak vzduchu 100 KPa. Jak vysoko by sahala hladina vody v trubici podle Torricelliho pokusu ?

$$h * \rho_{H_2O} * g = p$$

$$h * 1000 * 9,81 = 100000$$

$$h = 100 : 9,81$$

$$h = 10,2m$$

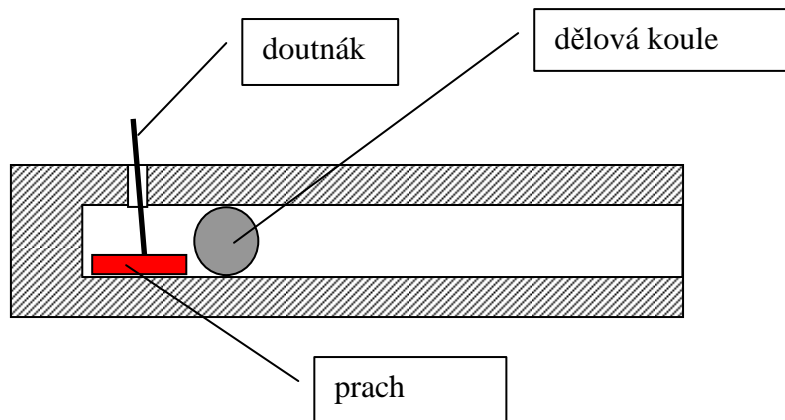
Jak lze tohoto faktu využít ??

Čerpání vody ze studny.

Téma : Přetlak

DÚ : -----

Jak pracuje středověké dělo ?



- Dělostřelec zapálí doutnák, ten hoří a zapálí prach

Co se ale vlastně stane potom ?

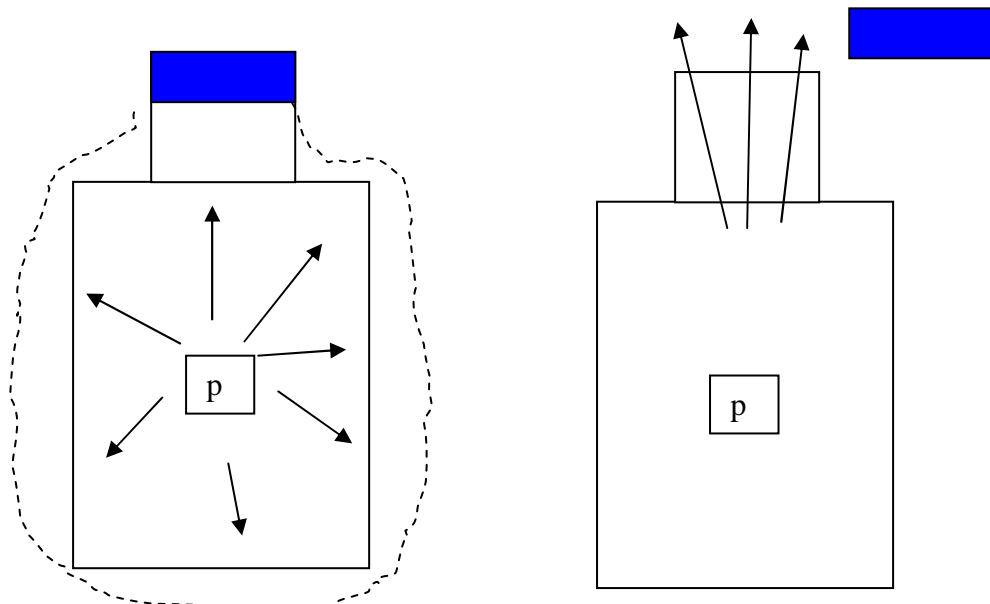
- Výbuch střelného prachu silně ohřeje okolní vzduch, ten se rozpíná a způsobí vysoký tlak.
- Tlak způsobí sílu na okolní stěny, ale také na kouli, která se může pohybovat.
- Dojde k výstřelu.

V momentě výbuchu vznikne velký tlak, jistě větší než je tlak okolního vzduchu mimo dělo.

**Je-li v uzavřené nádobě větší tlak, než v okolí, mluvíme o PŘETLAKU.**

Vlastnosti přetlaku :

- V uzavřené nádobě se přetlak projevuje silou na stěny nádoby tak, že se snaží zvětšit její objem.
- Po otevření nádoby uniká z nádoby plyn , **DOKUD SE TLAK V NÁDOBĚ NEVYROVNÁ S TLAKEM V OKOLÍ.**



Téma : Měření přetlaku

DÚ : -----

Pro měření přetlaku je nutné si uvědomit, co vlastně myslíme, pokud tvrdíme, že přetlak byl např. 5 MPa.

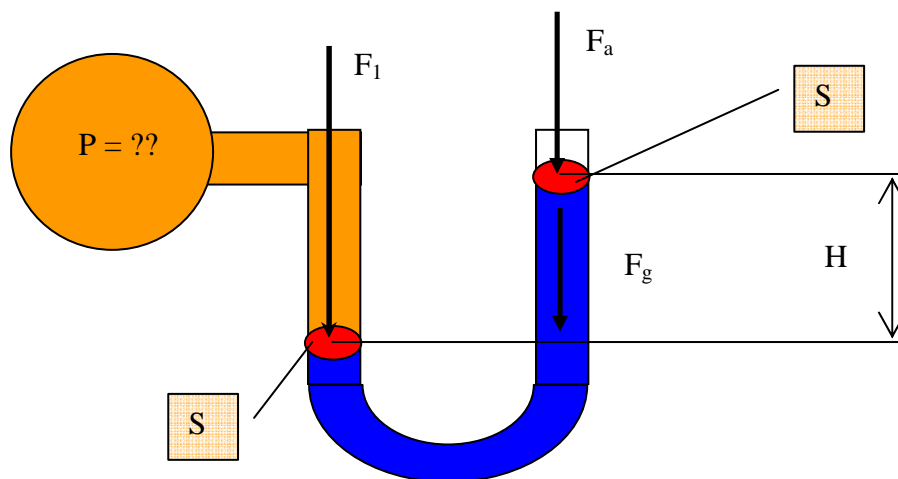
Výsledný tlak vzduchu v uzavřené nádobě lze napsat jako :  $p = p_a + p_p$

Přetlakem tedy míníme, o kolik  $p_a$  je tlak v nádobě vyšší, než tlak vzduchu v okolí.

Principem manometru ( tlakoměru) pro měření přetlaku je tedy zjištění, o kolik je tlak v nějakém místě vyšší, než v okolí.

### Kapalinový manometr

Všimněte si, co naměříme , pokud U trubici kapalinového manometru neuzavřeme na jednom konci. Necháme tak působit velikost atmosférického tlaku :



Kapalina v manometru je v klidu, nastala tedy rovnováha síly  $F_1$  se silami  $F_a$  a  $F_g$ . Platí tedy :

$$F_1 = F_a + F_g$$

$$p * S = p_a * S + h\rho g S$$

$$p = p_a + h\rho g$$

Protože dále víme, že :  $p = p_a + p_1$ , potom platí :

$$p_a + p_1 = p_a + h\rho g$$

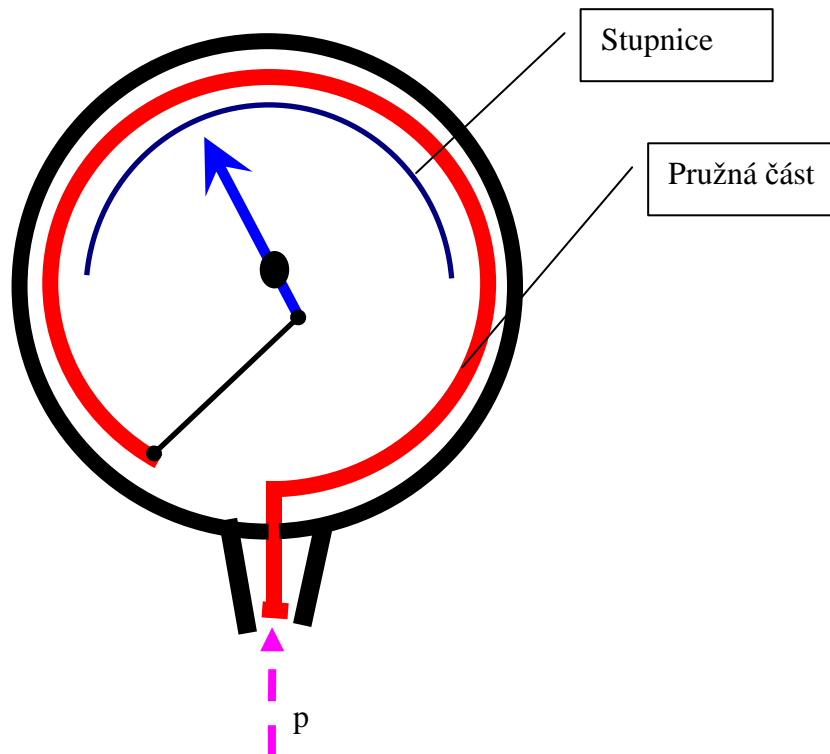
Z toho plyne, že **přetlak** v uzavřené nádobě lze zjistit pomocí vztahu :

$$p_1 = h\rho g$$

V trubici lze tedy změřit jen rozdíl hladin, správně dosadit hustotu kapaliny uvnitř trubice a dosadit do výše uvedeného vzorce.

### Kovový manometr

Skleněná U trubice naplněná kapalinou není vždy použitelný měřicí přístroj. Stačí si představit měření přetlaku v kapalinách. V takovém případě lze použít jiný typ manometru pracující na principu deformace některého pružného prvku uvnitř tohoto přístroje (např. pružiny). Tato deformace se měří a podle její velikosti zjišťujeme přetlak. Pro měření přetlaku platí, že přístroj za běžného atmosférického tlaku vzduchu ukazuje hodnotu 0.



Téma : Přetlak a podtlak – příklady

DÚ : -----

Ukázka manometru

Př. 1

Jak velký přetlak jsme naměřili U trubicí ( otevřeným manometrem) , jestliže rozdíl hladin

rtuti byl 10 cm. (  $\rho = 13500 \frac{kg}{m^3}$  )

$$p_p = h * \rho * g$$

$$p_p = 0,1 * 13500 * 9,81 = 13243,5 Pa$$

Př. 2

Jak velká síla působí na čtvercové víko nádoby o délce strany  $a = 30$  cm, jestliže je v této nádobě přetlak 20 KPa.

$$S = a^2$$

$$S = 0,3^2 = 0,09 m^2$$

$$p_p = \frac{F}{S} \Rightarrow F = p_p * S$$

$$F = 20000 * 0,09 = 1800 N$$

Př. 3

Přetlak v pneumatice vozidla je  $p_p = 0,216 MPa$ . Jak velká síla působí na uzávěr ventilku o ploše  $S = 13$  mm<sup>2</sup>.

$$S = 13 mm^2 = 0,000013 m^2$$

$$F = 216000 * 0,000013 = 2,808 N$$

V závěru hodiny :

- Další užití přetlaku a podtlaku – princip funkce některých strojů

Téma : Přetlak a podtlak – závěrečné shrnutí

DÚ : -----

Test

- Stroje pracující na principu přetlaku a podtlaku

### Světelné zdroje a rychlost světla

- Vidíme ty předměty, ze kterých do našeho oka přichází světlo.
- Světelný zdroj je těleso, ve kterém vzniká světlo.
  - Bodový zdroj je takový světelný zdroj, jehož rozměry lze vzhledem k okolí považovat za bod.
  - Plošný světelný zdroj, zdroj jehož rozměry jsou nezanedbatelné vzhledem k okolí.

Pokud světlo z nějakého zdroje dopadá na jiné těleso, potom pozorujeme že :

- Bílé a lesklé předměty většinu světla odrážejí.
- Černé předměty většinu světla pohlcují.

Světlo se do našeho oka dostává různým prostředím :

- Průhledné prostředí – světlo jím prochází velmi dobře a téměř se nepohlcuje
- Průsvitné – světlo se jím také šíří, ale rozptyluje se do různých směrů
- Neprůhledným prostředím se světlo nešíří, je pohlceno.

Nejrychleji se šíří světlo ve vakuu ( $c = 300\,000\text{ km/s}$ ), v jiných prostředích se světlo šíří pomaleji.

Ve stejnorodém prostředí se šíří světlo přímočaře.

Téma : Šíření světla

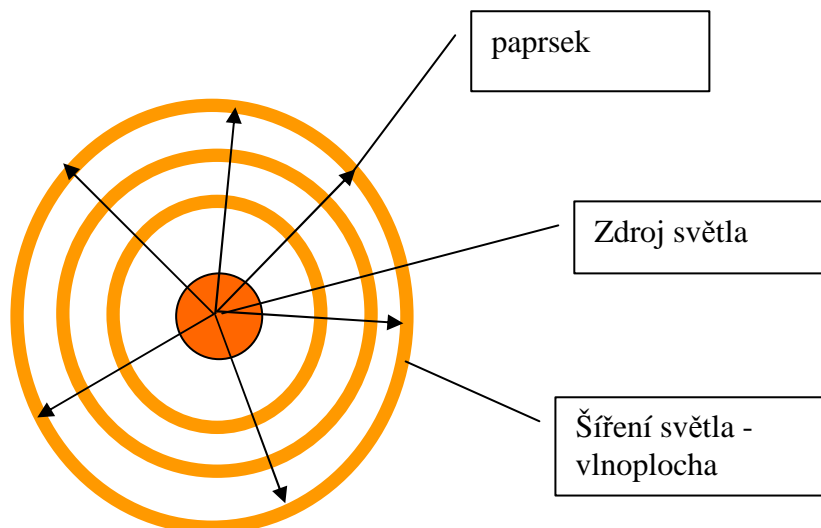
DÚ : ----

Pokud má prostředí , kterým se světlo šíří, všude stejné vlastnosti, říkáme, že je **opticky homogenní** neboli **stejnorodé**.

Nezávisí-li rychlost šíření světla v optickém prostředí ne směru, jde o prostředí **opticky izotropní**. Když rychlost šíření světla na směru závisí, jde o prostředí **anizotropní**.

V prostředí, které je opticky homogenní izotropní se světlo šíří všemi směry stejně.

V tomto ročníku bude vhodné si šíření světla představit podobně, jako např. šíření vln na hladině vody , do které hodíme kámen.



Směr šíření světla tak mohou udávat přímky kolmé na vlnoplochu. Tyto přímky nazýváme **světelné paprsky**.

Paprsky vycházejí ze zdroje všemi směry, ale navzájem se neovlivňují – **princip nezávislosti chodu světelných paprsků**.

**Ve stejnorodém prostředí jsou paprsky přímky – ve stejnorodém prostředí se světlo šíří přímočaře.**

Téma : Měsíční fáze

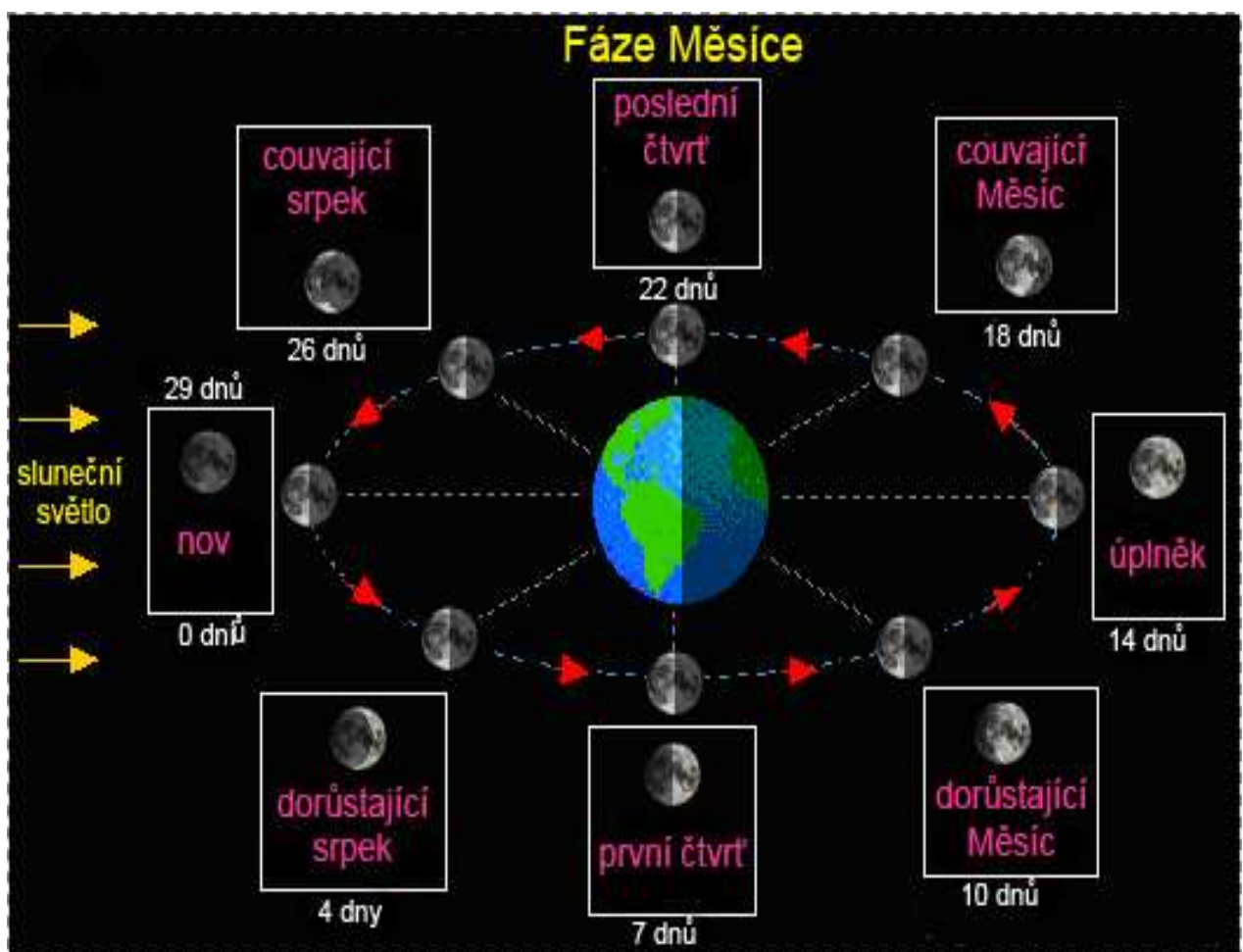
Stín

DÚ :----

### Měsíční fáze

Oběh Měsíce kolem Země trvá přibližně  $27\frac{1}{3}$  dne. Při tomto oběhu vzhledem k tomu, že

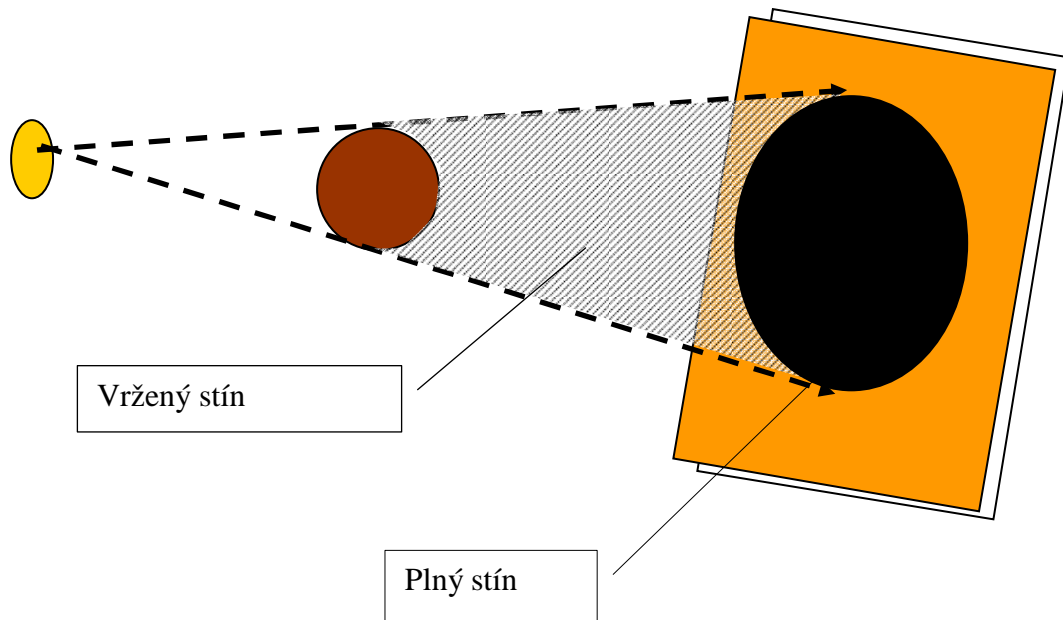
Měsíc sám nesvítí, je osvětlován Sluncem, můžeme pozorovat jeho jednotlivé fáze. Pro orientaci v obrázku je nutné si uvědomit, že jsme pozorovateli ze Země.



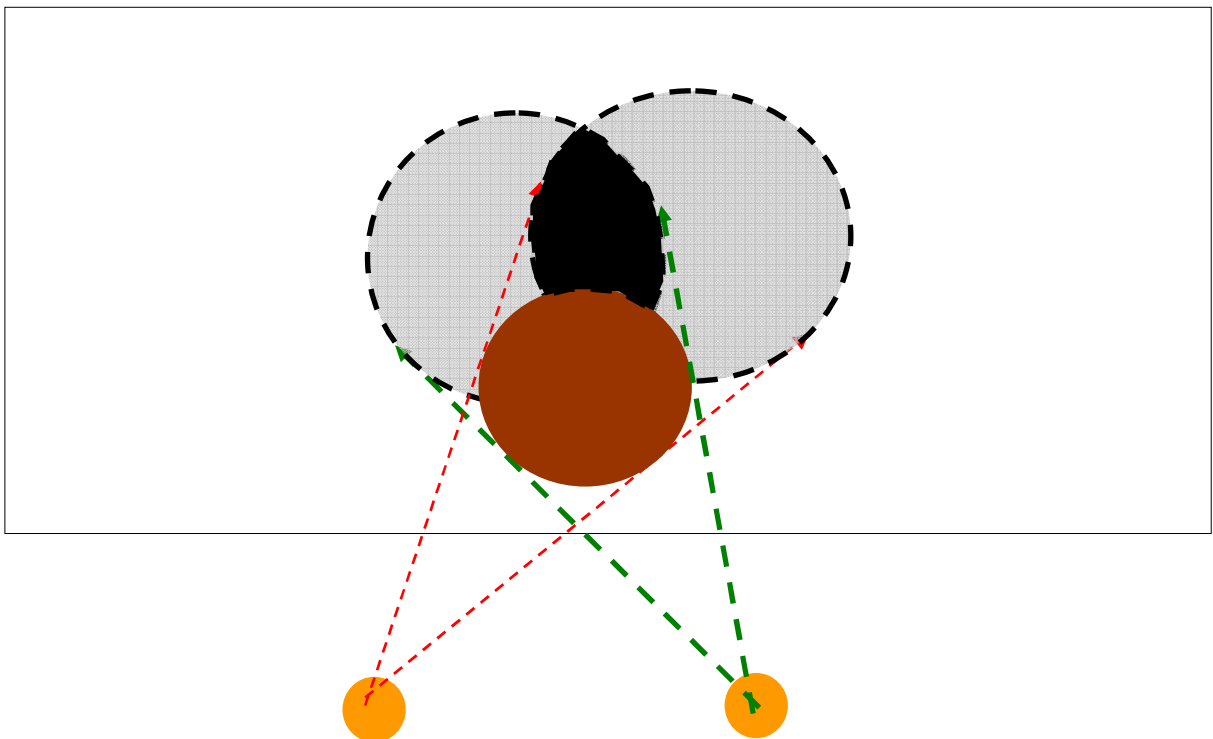
## Stín

Vložíme-li před neprůhledné těleso bodový světelný zdroj, pozorujeme za tělesem, v místě kam světlo neproniká **plný stín**.

Pokud za toto těleso vložíme stínítko, pozorujeme osvětlenou část a ostrou hranici, za kterou na stínítko světlo nedopadá. Neprůhledné těleso vrhá na stínítko **vržený stín**.



Pokud v podobném případě použijeme dva světelné zdroje, vznikne v místech, kam neproniká světlo z žádného zdroje plný stín a v místech, kam proniká světlo jen z jednoho zdroje vzniká **polostín**.



**DÚ :** Na papír A4 – zdůvodnit a graficky znázornit zatmění Slunce a Měsíce

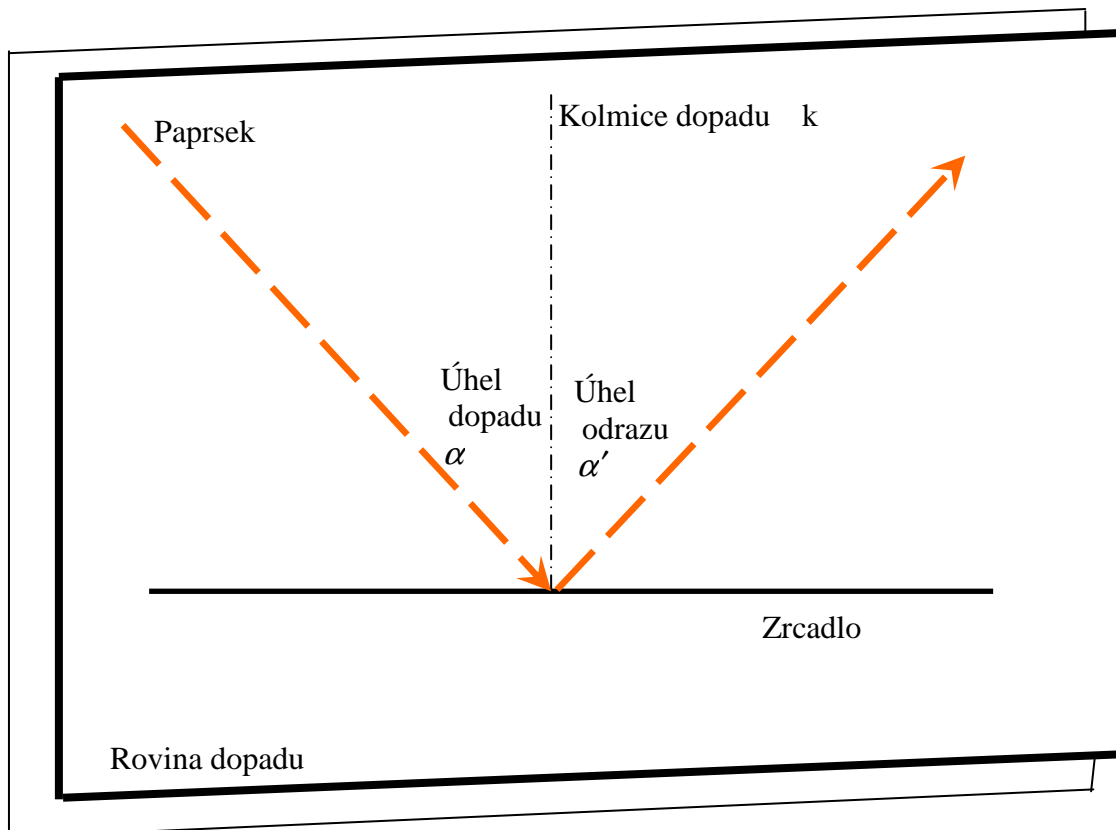
Téma : Odraz světla

DÚ : ---

Dopadá-li na těleso světlo, jeho část se pohltí a část světla se odrazí.

**Zrcadla** – tělesa, která velmi dobře odrážejí světlo.

**Rovinné zrcadlo** – velmi dobře vyleštěná plocha ta, aby co nejlépe odrazela světlo.



**Úhel odrazu se rovná úhlu dopadu, Odražený papřsek leží v rovině dopadu.**

Na nerovném povrchu se světlo **rozptyluje**. Znamená to, že na nerovnostech se světlo odráží do různých směrů.

- Příklady užití rozptylu světla.

Písemná práce :

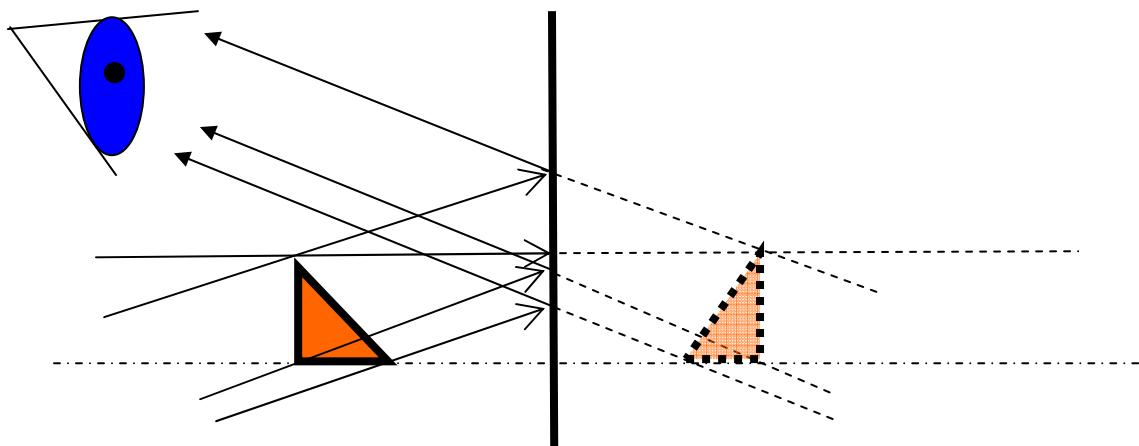
| A  | B   |
|--|---|
| 1) V nádobě je přetlak 10 KPa. Jak velká síla působí na víčko této nádoby o ploše $S = 0,05\text{m}^2$ ?   | 1) Načrtněte měření atmosférického tlaku otevřeným tlakoměrem U trubici a vysvětlete výpočet tlaku.                         |
| 2) Vysvětlete měření přetlaku pomocí U trubice a napište, jak naměřený tlak vypočteme.   | 2) V nádobě je vytvořen podtlak 20 KPa. Jak velkou silou je víko o ploše $S = 0,1\text{ m}^2$ na tuto nádobu přitlačováno ? |
| 3) Zapište hodnotu normálního atmosférického tlaku a vysvětlete Torricelliho pokus. Jak závisí výška kapaliny v trubici na velikosti atmosférického tlaku. |   |

Téma : Druhy zrcadel , zobrazení

DÚ : -----

### A) Rovinné zrcadlo

Platí zákon odrazu světelného paprsku.



Odražené paprsky čočka v našem oku opět spojí na sítnici a my vnímáme obraz v zrcadle. Všimněte si ale, že vzniká dojem paprsků, které se spojí za zrcadlem. To ale podle zákona odrazu není možné a naše oko nás tak klame.

Obraz, který vzniká v rovinném zrcadle je :

**Zdánlivý** – klamný dojem obrazu za zrcadlem

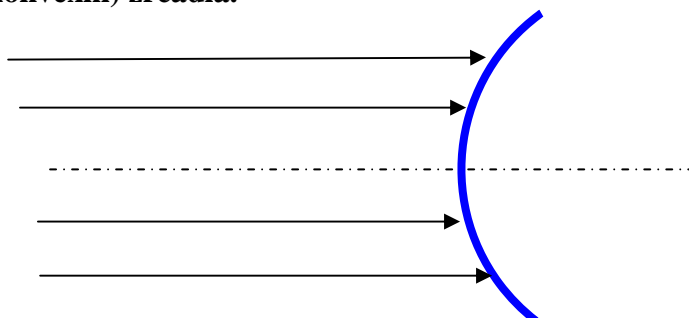
**Stranově převrácený**

**Stejně veliký jako zobrazovaný předmět.**

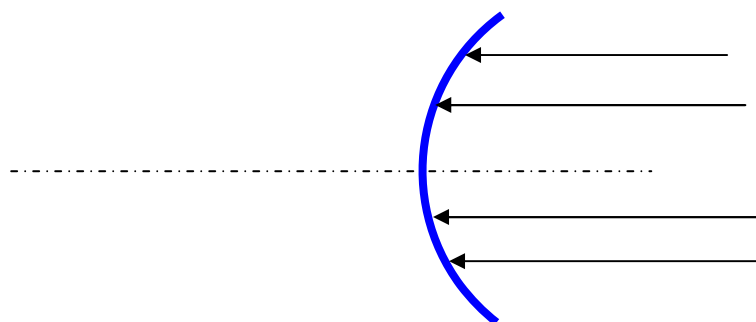
**Všimněte si, že obraz je souměrně sdružený podle roviny zrcadla.**

### B) Kulová zrcadla

Snadno si představíme, že část koule pokryjeme vrstvou, která dokáže snadno odrážet světlo. Na tuto plochu se budeme koukat buď z vnější strany - **vznikají vypuklá (konvexní) zrcadla.**

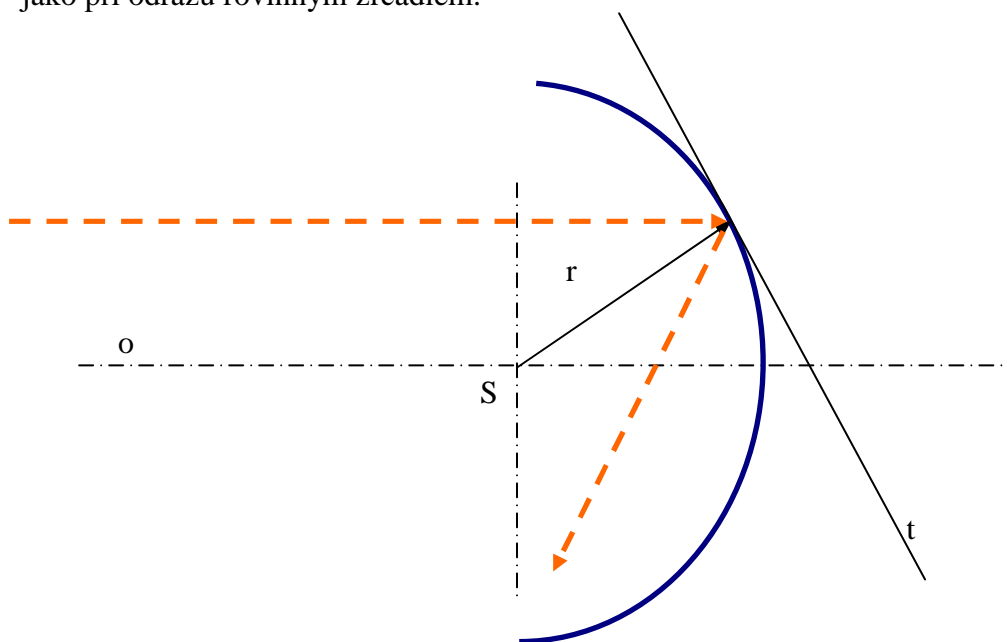


Nebo z vnitřní strany, kdy vznikají zrcadla **dutá ( konkávní)**.



Podle jakých zásad se zobrazuje obraz dutým a vypuklým zrcadlem ?

Odraz paprsku na rovinném zrcadle již známe, je tedy možné pro každý paprsek nejprve sestavit tečnu ke kulové ploše ( kružnici ) a vytvořit odraz na této tečně stejně, jako při odrazu rovinným zrcadlem.



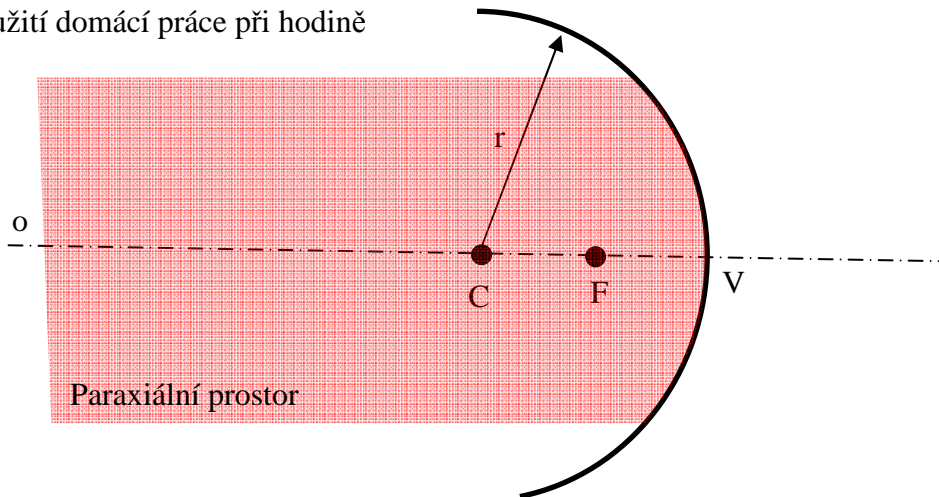
Domácí práce :

Sestrojte část dutého kulového zrcadla o poloměru  $r = 12$  cm. Narýsujte 6 paprsků rovnoběžných s osou  $o$  a sestrojte jejich odraz. Paprsky nevolte od osy o dál, než 3 cm. K jakému závěru docházíte ?

Téma : Zobrazení kulovým zrcadlem

DÚ : -----

Využití domácí práce při hodině



C .....střed kulové plochy ( obecně střed optické plochy)

F .....ohnisko ( pro kulová zrcadla  $/CF/ = /FV/$

V .....vrchol zrcadla

r .....poloměr křivosti zrcadla

o .....optická osa zrcadla

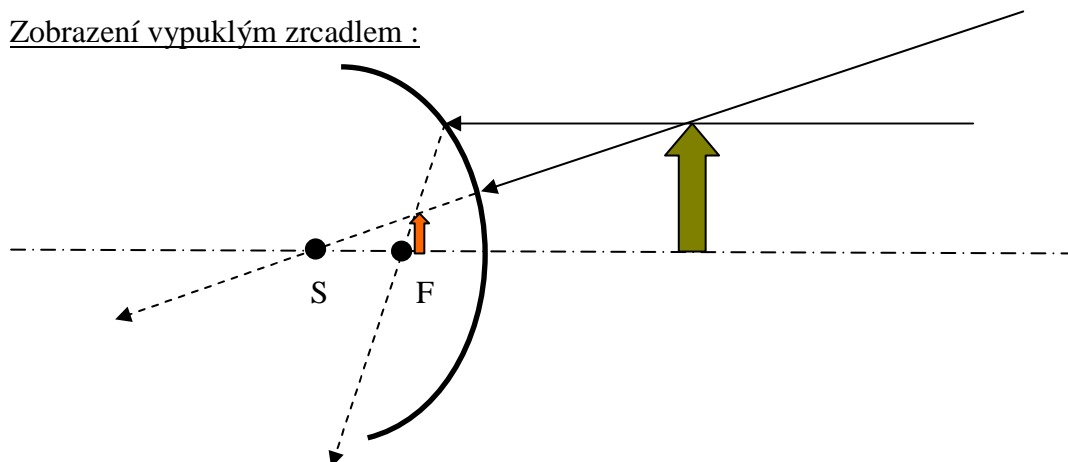
Obraz u dutého zrcadla sestrojíme podle následujících pravidel :

- Paprsek rovnoběžný s osou o se odrazí směrem do ohniska
- Paprsek vedený středem C se odrazí zpět do tohoto středu

**Tato pravidla platí pro paprsky v paraxiálním prostoru.** Tedy v blízkosti optické osy. Pro paprsky vzdálenější od osy se odrážejí s optickou chybou , tedy např. ne přesně do ohniska ( viz. DÚ).

Obraz sestrojíme pomocí výše zmíněných paprsků v paraxiálním prostoru. Těmto paprskům říkáme paraxiální paprsky.

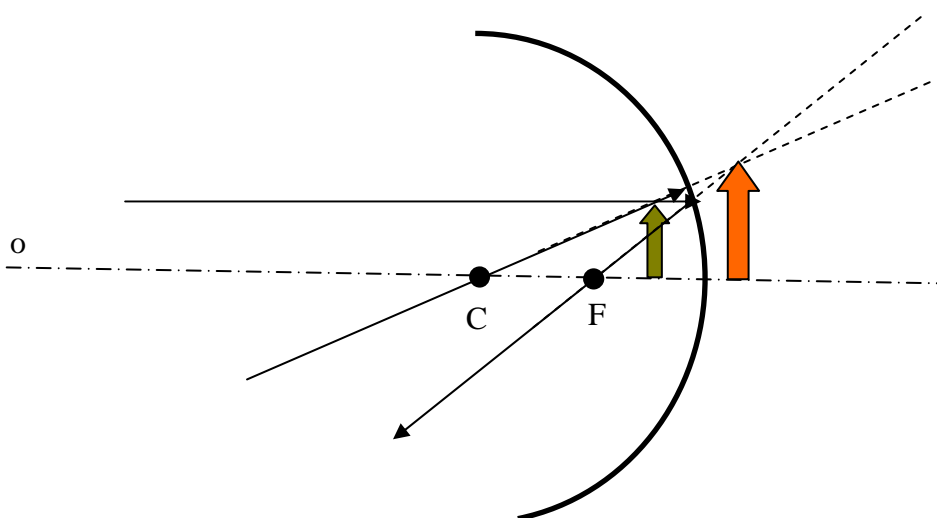
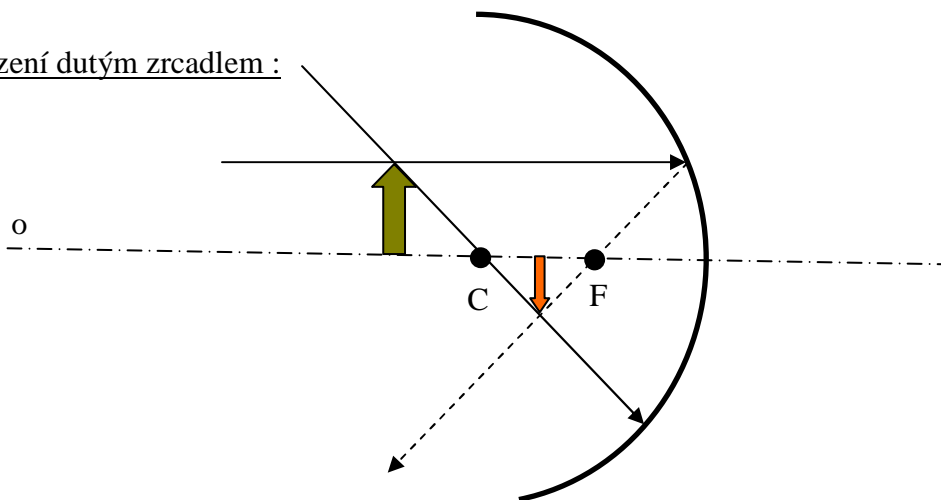
Zobrazení vypuklým zrcadlem :



Při zobrazení vypuklým zrcadlem vzniká obraz :

- Zdánlivý
- Přímý
- Zmenšený

Zobrazení dutým zrcadlem :



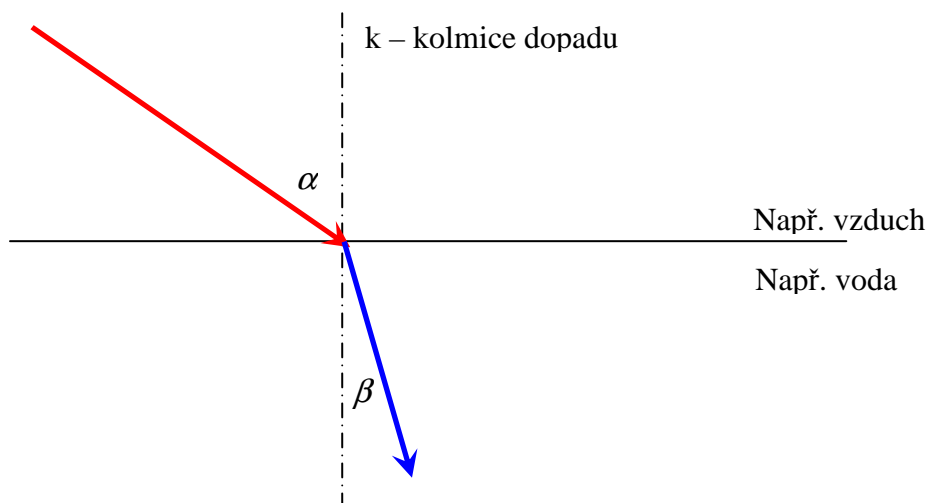
**Pro obraz zobrazený dutým kulovým zrcadlem platí, že jeho vlastnosti závisí na vzdálenosti předmětu od zrcadla.**

Téma : Lom světla

DÚ : -----

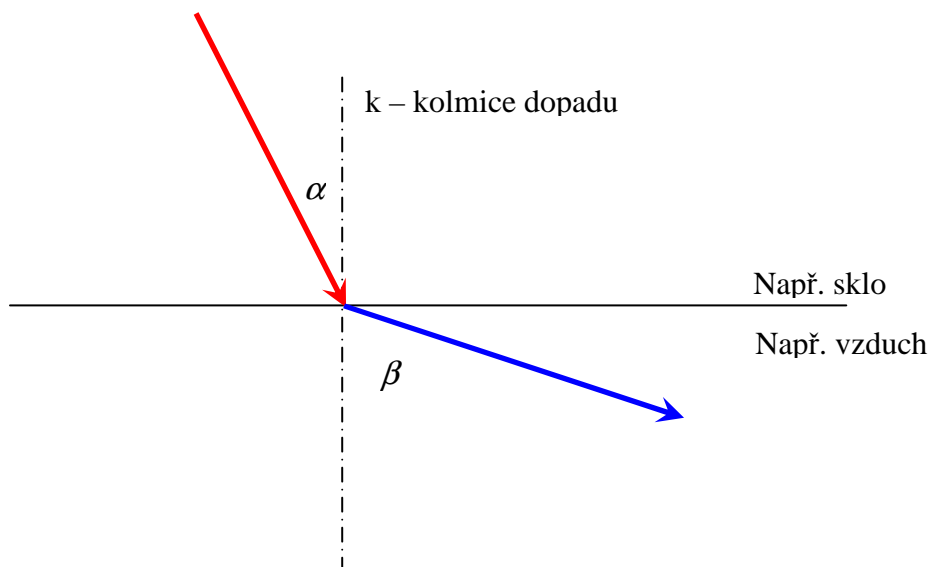
Na rozhraní dvou různých optických prostředí dochází částečně k odrazu i lomu světla. Pro lom světla šikmo dopadajícího paprsku je důležité, zda vchází do prostředí, ve kterém se šíří rychleji, či pomaleji.

Paprsek vstupující do prostředí, kde se světlo šíří pomaleji :



$\alpha > \beta$  ..... Vzniká lom ke kolmici.

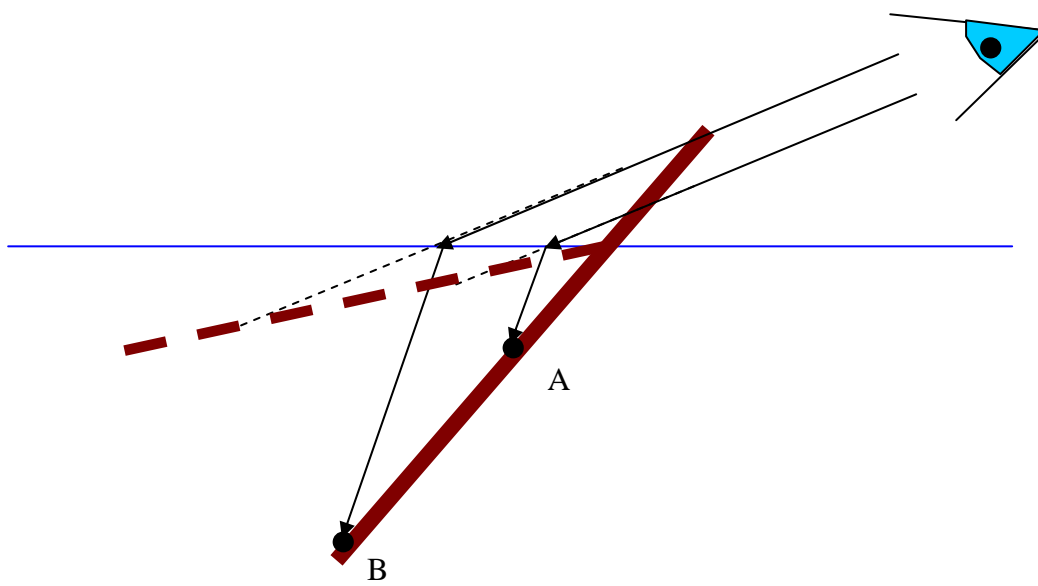
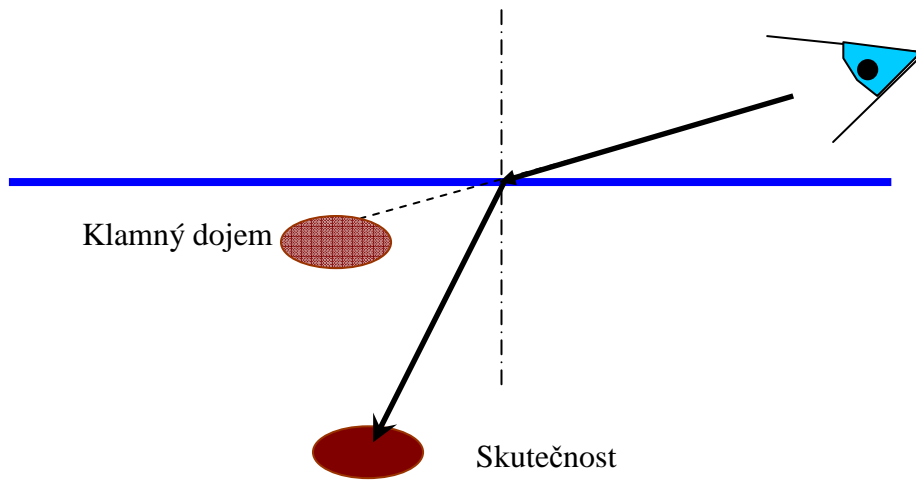
Paprsek vstupující do prostředí, kde se světlo šíří rychleji :



$\alpha < \beta$  ..... Nastává lom od kolmice.

Příklad :

Proč vidíme předmět ve vodě v jiné hloubce, než je skutečná ?



Rovná tyč ponořená pod hladinu vody

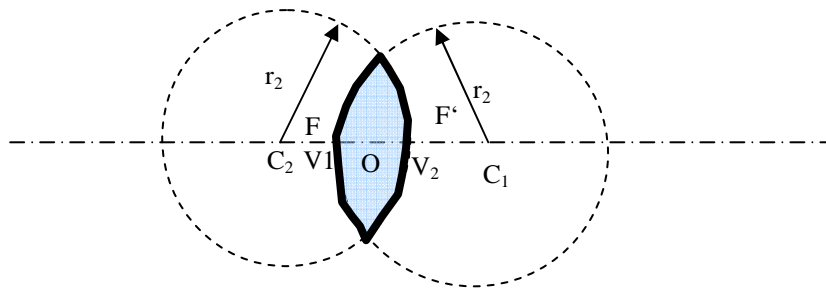
Téma : Čočky

DÚ :-----

Čočka je optická soustava centrovaných ploch sloužících k ovlivnění průchodu světla.

A) Spojná čočka – spojka

Tvar :



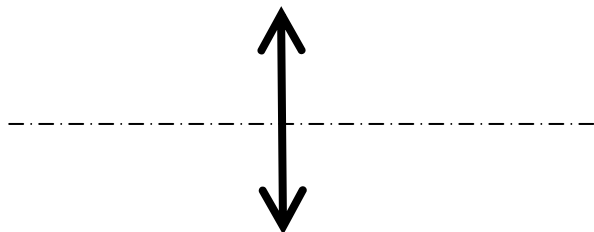
C1, C2 .....středy optických ploch

r1, r2 .....poloměry křivosti optických ploch

V1, V2.....vrcholy čočky

O.....optický střed čočky

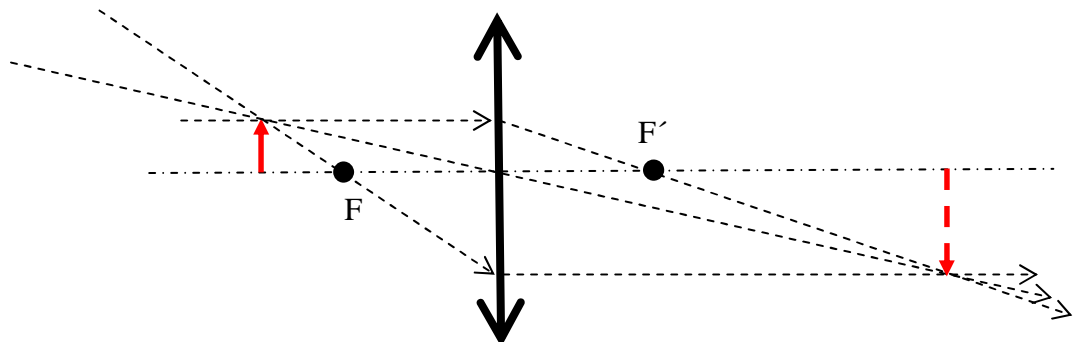
Schematická značka



Paraxiální paprsky

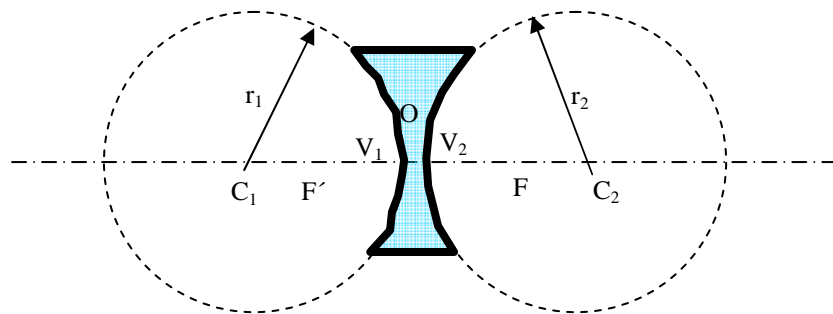
- Rovnoběžné s optickou osou se lámou do ohniska
- Procházející optickým středem nezmění směr
- Procházející ohniskem se lámou rovnoběžně s optickou osou

Příklad zobrazení předmětu

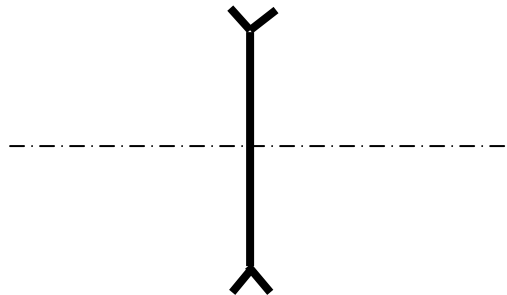


## B) Rozptylná spojka – rozptylka

Tvar :



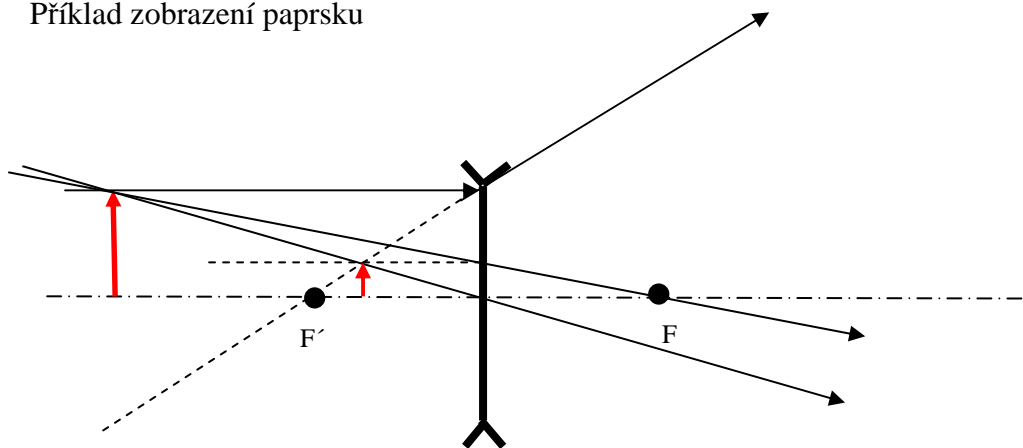
Schematická značka :



Paraxiální paprsky :

- Rovnoběžné s optickou osou se lámou od ohniska
- Procházející optickým středem nezmění směr
- Směřující do ohniska se lámou rovnoběžně s optickou osou

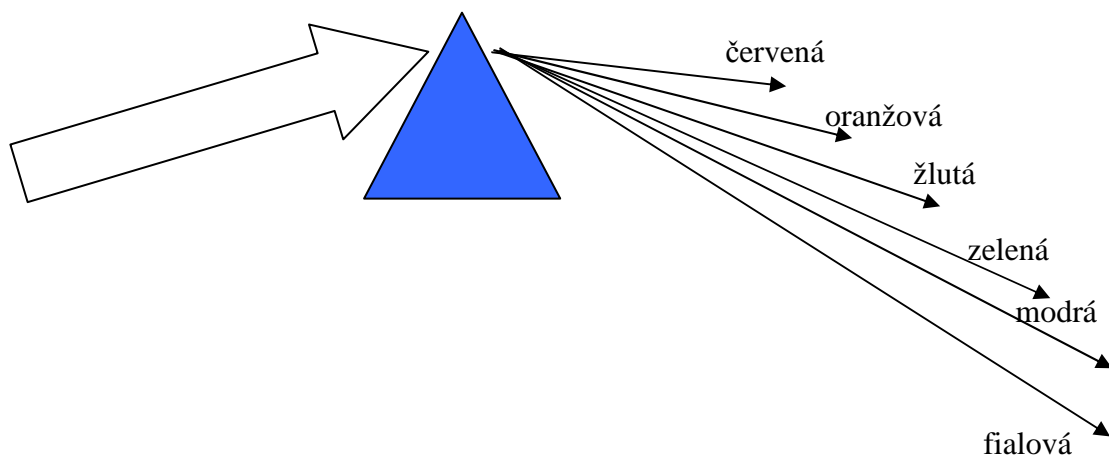
Příklad zobrazení paprsku



Téma : Rozklad světla, vnímání barev

DÚ : -----

Sluneční světlo, tak jak jej známe se skládá ze spektrálních barev. Pro zobrazení těchto barev je podstatné, že se ve skleněném hranolu šíří jinou rychlostí a tedy se i láme pod jiným úhlem. Sluneční světlo tak dokážeme rozložit na jednotlivé spektrální barvy, vzniká hranolové spojité spektrum.



Duha – světlo se láme na kapkách vody.

### Vnímání barev

Čiré prostředí propouští všechna barevná světla. Barevné průhledné prostředí propouští jen některé barvy, ty pak vnímáme jako barevné světlo. Barva na neprůhledném tělese vzniká tak, že toto těleso odráží jen některé barvy, ostatní pohlcuje. Odraženou barvu pak vnímáme jako barvu předmětu.