2. Mechanika - kinematika

2.1 Co je pohyb a klid

Klid nebo pohyb těles zjišťujeme pouze vzhledem k jiným tělesům, proto mluvíme o **relativním klidu** nebo **relativním pohybu**.
Jak poznáme, že je těleso v pohybu nebo klidu?
Přesvědčíme se o tom tak, že sledujeme, zda mění svou polohu vzhledem k ostatním tělesům.
Př: Automobil je ve veliké vzdálenosti a my sledujeme jeho polohu k okolním stromům.

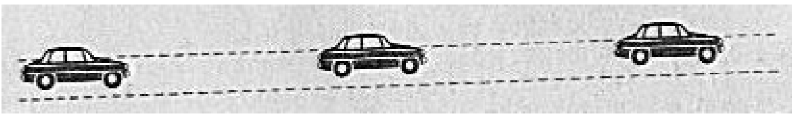
2.1.1 Vztažná soustava

Vezmeme těleso na něm určíme vztažný bod (od kterého budeme měřit) a soustavu souřadnic. Počátek soustavy souřadnic je ve vztažném bodě. Dále si musíme zvolit okamžik, v němž začneme měřit.
Definice: Spojením vztažného tělesa se soustavou souřadnic a určením měření času dostáváme **vztažnou soustavu**.

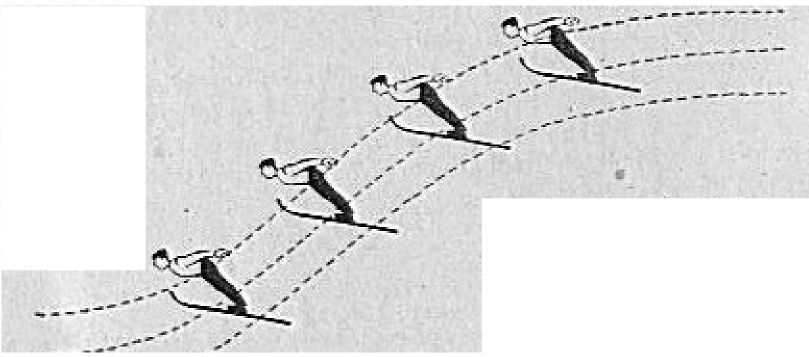
2.1.2 Posuvný pohyb

Základním typem pohybů je pohyb posuvný. Tělese se sune (postupně posouvá) po trajektorii (dráze). Podívejme se na tři základní případy:

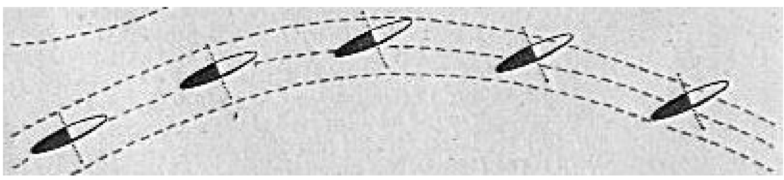
a) přímočarý



b) lyžař při krátkém skoku



c) osa disku



Pozor na případ disku. Osa disku vykonává pohyb posuvný, protože osa disku se posouvá po určité dráze (trajektorii). Disk sám o sobě provádí kolem osy **pohyb otáčivý**.

2.1.3 Druhy pohybů podle tvarů dráhy

Podle tvaru dráhy rozeznáváme pohyby přímočaré a křivočaré.
Přímočaré – těleso se pohybuje po přímce (auto).
Křivočaré – těleso se pohybuje po křivce (skokan).

Délka trajektorie, kterou opíše těleso za určitou dobu, nazýváme **dráha tělesa**. Dráhu ozn. s a její jednotka je 1 m.

2.2 Rovnoměrný pohyb

Nejjednodušším rovnoměrným pohybem je rovnoměrný přímočarý pohyb.

Rychlost rovnoměrného přímočaré pohybu jste na ZŠ určovali takto: $v = \frac{s}{t}$

My si tento vztah lehce upravíme: $v = \frac{\Delta s}{\Delta t}$. V praxi to znamená toto: **rychlost = $\frac{\textbf{změna dráhy}}{\textbf{změna času}}$**

Určíme jednotku rychlosti: $[v] = \frac{1m}{1s} = 1m \cdot s^{-1}$

Z historie se v praxi používá i jednotka $km \cdot h^{-1}$. Měří se v ní rychlost dopravních prostředků, používá se v meteorologii k měření rychlosti větru. Nás nejvíce bude zajímat převod mezi těmito jednotkami.

Převod z $m \cdot s^{-1}$ na $km \cdot h^{-1}$

$$1\frac{m}{s} = \frac{\frac{1}{1000}km}{\frac{1}{3600}h} = 3{,}6\,km \cdot h^{-1}$$

Závěr: Výsledkem tedy je, že když převádíme z $m \cdot s^{-1}$ na $km \cdot h^{-1}$ tak převáděnou hodnotu (hodnotu v $m \cdot s^{-1}$**)** vynásobíme 3,6.

Převod z $km \cdot h^{-1}$ na $m \cdot s^{-1}$

$$1\frac{km}{h} = \frac{1000\,m}{3600\,s} = \frac{1}{3{,}6}m \cdot s^{-1}$$

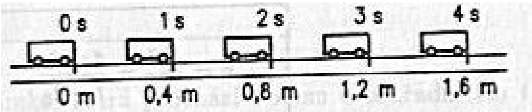
Závěr: Výsledkem tedy je, že když převádíme z $km \cdot h^{-1}$ na $m \cdot s^{-1}$ tak převáděnou hodnotu (hodnotu v $km \cdot h^{-1}$**)** vydělíme 3,6.

Dráhu vypočítáme: $s = v \cdot t$, jednotka m

Čas vypočítáme: $t = \frac{s}{v}$, jednotka s

2.2.1 Základní grafy

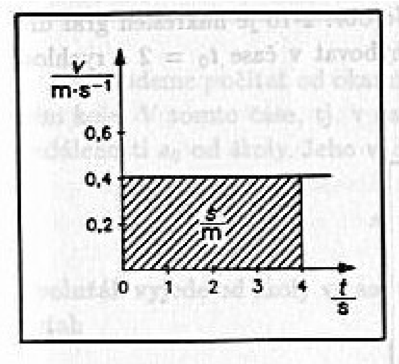
Přímočarý pohyb koná vozík (viz. obrázek). Vozíku jsme naměřili tyto hodnoty:



$\frac{t}{s}$	0	1	2	3	4
$\frac{s}{m}$	0	0,4	0,8	1,2	1,6

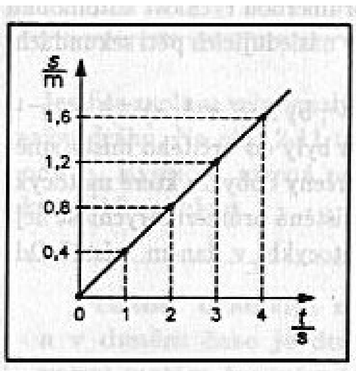
Vysvětlení: vozík ujede za každou sekundu dráhu 0,4 m. Tudíž změna dráhy je 1,6m a změna času je 4 s.

Graf závislosti v na t (rychlosti na čase)



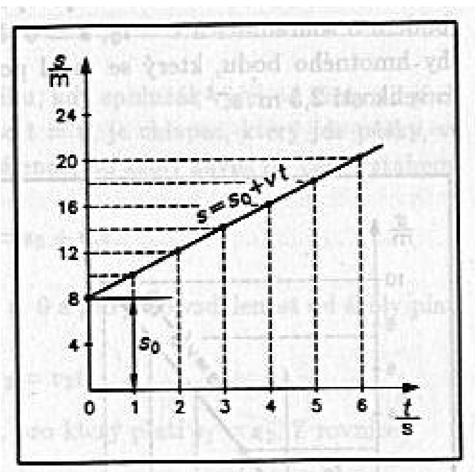
Vysvětlení: Rychlost je v rovnoměrném přímočarém pohybu konstantní a je to vlastně polopřímka rovnoběžná s osou časovou.

Graf závislosti s na t (dráhy na čase)



Vysvětlení: Polopřímka začínající v počátku soustavy souřadnic.

Graf závislosti s na t (dráhy na čase) s počáteční dráhou



Než si uvedeme graf nejprve musíme do vzorečku pro dráhu zakomponovat uraženou dráhu a to takto: $s = s_0 + vt$, kde s_0 – uražená dráha na počátku.

2.3 Základní převody grafů

2.3.1 Převod grafu závislosti rychlosti na čase na graf dráhy na čase

2.3.2 Převod grafu závislosti dráhy na čase na rychlost na čase

2.4 Základní typy úloh na rovnoměrně přímočarý pohyb

2.4.1 Dopravní prostředky jedou proti sobě

Z bodu A vyjel osobní automobil rychlostí $v_1 = 70\,km \cdot h^{-1}$ směrem k bodu B. Současně z bodu B vyjel směrem k bodu A cyklista rychlostí $v_2 = 30\,km \cdot h^{-1}$. Vzdálenost obou bodů je 60 km. Určete v jaké vzdálenosti a od jakého bodu se oba potkají?

2.4.2 Jeden dopravní prostředek dohání druhý dopravní prostředek.

Z bodu A vyjel osobní automobil rychlostí $v_1 = 70\,km \cdot h^{-1}$ směrem k bodu B. Současně z B v témže směru vyjel cyklista rychlostí $v_2 = 30\,km \cdot h^{-1}$. Kde se potkají je-li vzdálenost obou bodů 60 km?

2.4.3 Dopravní prostředky jedou proti sobě s časovým zpožděním

Z bodu A vyjel v 8:00 osobní automobil rychlostí $v_1 = 70 km \cdot h^{-1}$ směrem k bodu B. V 8:20 vyjel z bodu B směrem k bodu A cyklista rychlostí $v_2 = 30 km \cdot h^{-1}$. Vzdálenost obou bodů je 60 km. Určete v jaké vzdálenosti a od jakého bodu se oba potkají?

2.4.4 Jeden dopravní prostředek dohání druhý dopravní prostředek s časovým zpožděním

Z bodu A vyjel v 8:00 osobní automobil rychlostí $v_1 = 70 km \cdot h^{-1}$ směrem k bodu B. V 8:20 vyjel z B v témže směru cyklista rychlostí $v_2 = 30 km \cdot h^{-1}$. Kde se potkají je-li vzdálenost obou bodů 60 km?

2.5 Průměrná rychlost

Průměrná rychlost je podíl celkové dráhy, kterou urazil hmotný bod a celkového času, za který byla uražena.

$$v_p = \frac{celková\,dráha}{celkový\;čas} \quad ; \quad [v_p] = m \cdot s^{-1}$$

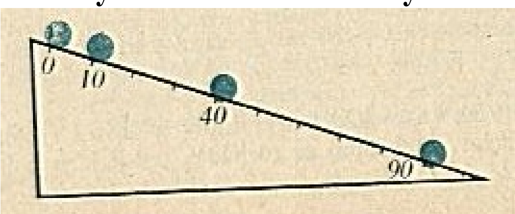
2.5.1 Příklad na průměrnou rychlost:

Cyklista jede na kole do kopce rychlostí $10\,km \cdot h^{-1}$ a z kopce stejnou cestou rychlostí $50\,km \cdot h^{-1}$. Jakou má cyklista průměrnou rychlost?

2.6 Rovnoměrně zrychlený přímočarý pohyb

Nejjednodušší nerovnoměrný pohyb je pohyb rovnoměrně zrychlený. Koná ho např. střed kuličky, padající na nakloněné rovině.

2.6.1 Rychlost rovnoměrně zrychleného pohybu



Rychlost vzrůstá ve stejných intervalech a o stejné hodnoty. Tyto stejné hodnoty nazveme zrychlením.

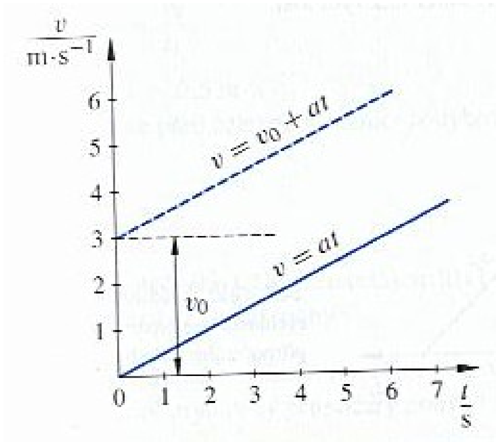
$$v = a \cdot t$$

2.6.2 Rychlost rovnoměrně zrychleného pohybu s počáteční rychlostí

počáteční rychlost: v_0

Výsledný vztah pro rychlost upravíme do této podoby: $v = v_0 + a \cdot t$

Graf závislosti velikosti rychlosti rovnoměrně zrychleného pohybu na čase



Velikost rovnoměrně zrychleného pohybu je lineární funkcí času.

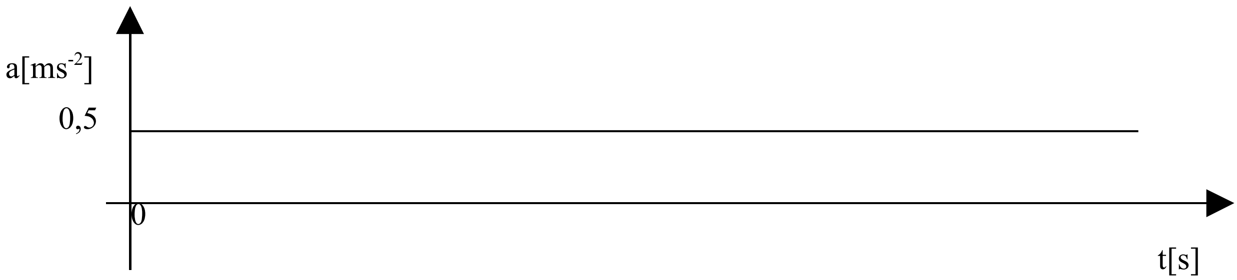
2.6.3 Zrychlení rovnoměrně zrychleného pohybu

Zrychlení a u pohybu rovnoměrně zrychleného je číselně rovno přírůstku rychlosti za 1 s a je konstantní:

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} \qquad ;[a] = \frac{\frac{m}{s}}{s} = \frac{m}{s^2} = m \cdot s^{-2}$$

Graf zrychlení v závislosti na čase

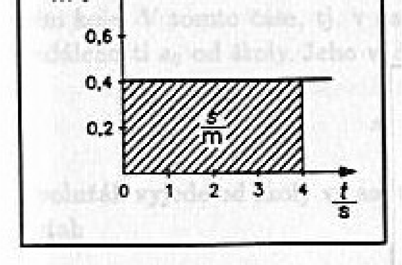
$$a = 0{,}5\ m \cdot s^{-2}$$



2.6.4 Dráha rovnoměrně zrychleného pohybu

Odvození:

Vyjdeme z grafu závislosti rychlosti na čase u rovnoměrného přímočarého pohybu.

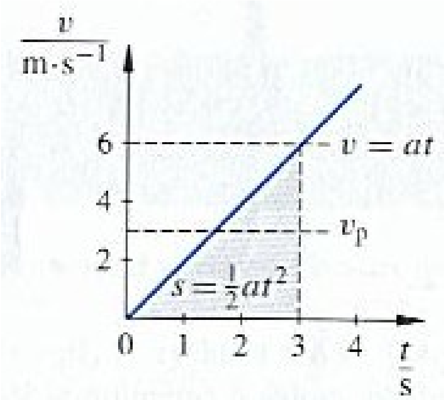


Vyšrafovaná plocha je číselně rovna dráze.

Pozor: zde bereme v úvahu pouze hodnotu toho čísla.

dráhu vypočítáme: s = v t

Analogii použijeme na graf rovnoměrně zrychleného pohybu.



Vyšrafovaná plocha je číselně rovna dráze.
Pozor: zde bereme v úvahu pouze hodnotu toho čísla.

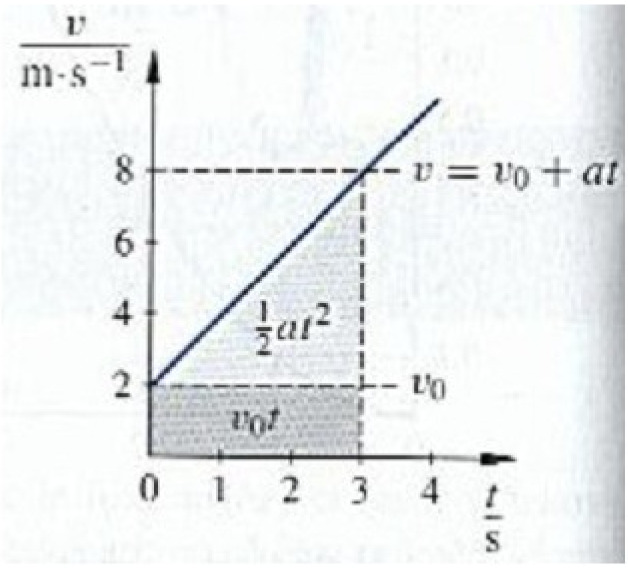
dráhu vypočítáme: $s = \frac{1}{2} v \cdot t$

za v dosadíme: $v = a \cdot t$

dráha rovnoměrně zrychleného pohybu: $s = \frac{1}{2} a \cdot t^2$

vztah pro dráhu se zrychlením a známou počáteční rychlostí:

Vyjdeme z následujícího grafu:
Graf dráhy rovnoměrně zrychleného pohybu s nulovou počáteční rychlostí



počáteční rychlost označíme: v_0

dráha, když známe počáteční rychlost: $s = v_0 \cdot t$

dráha rovnoměrně zrychleného pohybu: $s = \frac{1}{2} a \cdot t^2$

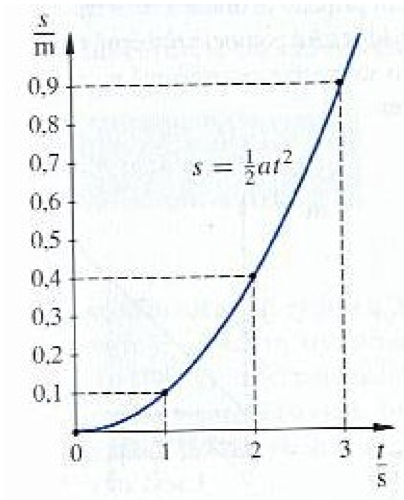
$$\boxed{s = v_0 \cdot t + \frac{1}{2} a \cdot t^2}$$

vztah pro dráhu se zrychlením, známou počáteční rychlostí a známou počáteční dráhou:

$$s = s_0 + v_0 \cdot t + \frac{1}{2} a \cdot t^2$$

Zajímavost:

Podívejme se jak vypadá graf dráhy rovnoměrně zrychleného pohybu:
Ukazuje se, že dráha tvoří část paraboly a bude to vypadat takto.:



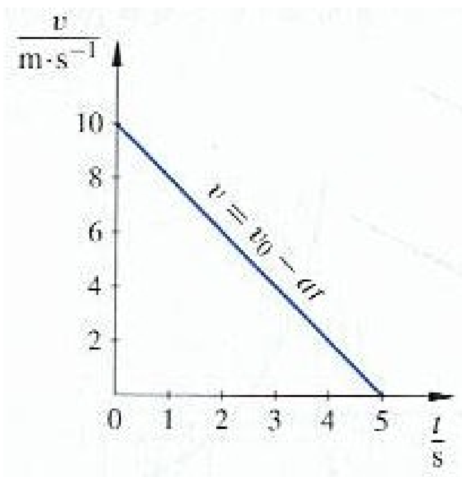
2.7 Rovnoměrně zpomalený pohyb

Hodnotu a má zápornou. Upravíme vzorce pro zrychlený pohyb:

$$v = v_0 - a \cdot t$$

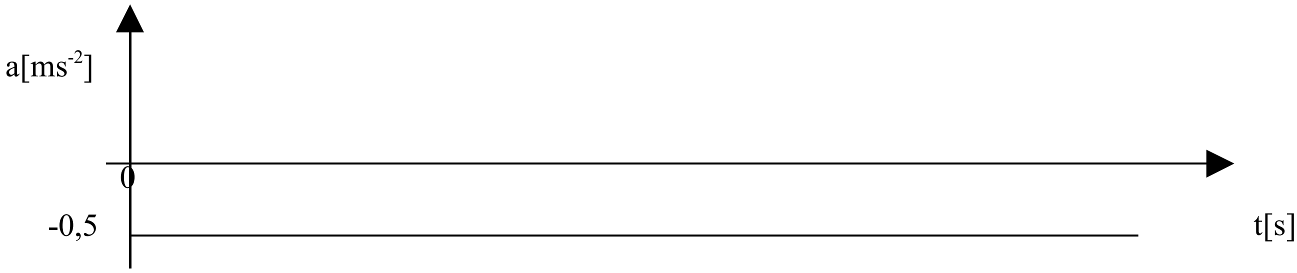
$$s = v_0 \cdot t - \frac{1}{2} a \cdot t^2$$

Graf závislosti rychlosti rovnoměrně zpomaleného pohybu s počátečný rychlostí



Graf zpomalení

$$a = -0{,}5\ m \cdot s^{-2}$$



2.8 Převody grafů s výpočtem celkové dráhy

2.8.1 Převod grafu závislosti rychlosti na čase na graf zrychlení na čase + výpočet celkové dráhy

2.8.2 Převod grafu závislosti zrychlení na čase na graf rychlosti na čase + výpočet celkové dráhy

2.9 Příklady na zrychlený pohyb a zpomalený pohyb (základní typy)

2.9.1 Z bodu A vyjely současně dva automobily. První automobil měl počáteční rychlost $v_0 = 5m \cdot s^{-1}$ a zrychlení $a_1 = 2m \cdot s^{-2}$. Druhý automobil měl počáteční rychlost $v_0' = 10m \cdot s^{-1}$ a zrychlení $a_2 = 1m \cdot s^{-2}$.
Za jak dlouho dosáhnou obě auta stejné rychlosti a jak daleko v tu chvíli budou od sebe?

2.9.2. Strojvedoucí řídí vlak, který jede rychlostí $v = 72\ km \cdot h^{-1}$. Ve vzdálenosti 200 m před sebou uvidí strojvedoucí padlý strom. Začne brzdit se zpožděním $a = 0,5 m \cdot s^{-2}$.
a) Zabrání strojvedoucí srážce?
b) Při jakém zpoždění zastaví vlak těsně u překážky?

2.9.3 Vlak, který vyjížděl ze zastávky rovnoměrně zrychleným pohybem, získal během 10 s rychlost $v_1 = 0{,}6 m \cdot s^{-1}$. Za jakou dobu získá rychlost $v_2 = 3 m \cdot s^{-1}$?

2.9.4 Automobil, který se rozjížděl rovnoměrně zrychleným pohybem, dosáhl rychlosti $v = 108\ km \cdot h^{-1}$ za 6 sekund. Určete dráhu kterou při tom urazil.

2.9.5 Vlak, který má rychlost $v = 108\ km \cdot h^{-1}$, lze použitím brzd zastavit za dvě minuty. V jaké vzdálenosti od stanice je třeba začít brzdit, aby se vlak ve stanici zastavil? Pohyb vlaku při brždění považujeme za rovnoměrně zpomalený.

2.9.6 Z míst A a B vzdálených od sebe 60 km vyjely současně v témže směru (vpravo) dva osobní automobily a oba rychlostí $v_0 = 20 m \cdot s^{-1}$. Automobil z bodu A má zrychlení $a_1 = 0{,}8\ m \cdot s^{-2}$. Automobil z bodu B má zrychlení $a_2 = 0{,}3\ m \cdot s^{-2}$. Dohoní automobil, který vyjížděl z bodu A automobil jedoucí z bodu B a případně v jaké vzdálenosti od bodu A a za jak dlouho?

2.9.7 Z míst A a B vzdálených od sebe 60 km vyjely současně proti sobě dva osobní automobily. Automobil z bodu A vyjel rychlostí $v_0 = 10 m \cdot s^{-1}$ a má zrychlení $a_1 = 1\ m \cdot s^{-2}$. Automobil z bodu B vyjel rychlostí $v_0 = 20 m \cdot s^{-1}$ a má zrychlení $a_2 = 0{,}5\ m \cdot s^{-2}$. Kde se oba automobily potkají?

2. 10. Skalární a vektorové fyzikální veličiny

2.10.1 Skalární fyzikální veličina

Skalární fyzikální veličina (skalár) – je určena jen číselnou hodnotou a měřící jednotkou.
Př: hmotnost m = 2,5 kg

2. 10. 2 Vektorová fyzikální veličina

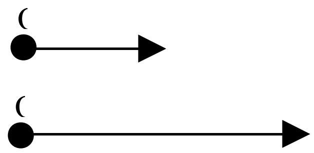
Vektorová fyzikální veličina (vektor) – je určena číselnou hodnotou, měřící jednotkou a směrem.
Př: síla - u ní musíme znát velikost síly, jednotku síly a hlavně směr kterým působí

Zápis vektorové veličiny: $\vec{F}$, velikost vektorové veličiny F = 2,5 N

Grafické zobrazujeme vektor orientovanou úsečkou, jejíž délka znázorňuje velikost vektoru, její orientace směr vektoru.

Př: $F = 2{,}5\,N$

$F = 5\,N$



2. 11 Volný pád

Volný pád je zvláštní případ rovnoměrně zrychleného pohybu s nulovou počáteční rychlostí.

2. 11. 1 Zrychlení u volného pádu

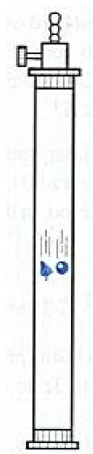
Jestliže se jedná o rovnoměrně zrychlený pohyb zajímá nás zrychlení padajících těles. Na základě přesných měření se zjistilo, že všechna tělesa padají na určitém místě Země se stejným zrychlením.

Zrychlení označujeme jako **tíhové zrychlení** a označujeme ho **g**. Jednotka g: $[g] = m \cdot s^{-2}$.

V naší zeměpisné šířce je tíhové zrychlení přibližně $g = 9{,}81\, m \cdot s^{-2}$.

Normální tíhové zrychlení je stanoveno pro 45° severní zeměpisné šířky při hladině moře a jeho hodnota je $g_n = 9{,}80665\, m \cdot s^{-2}$.

2. 11. 2 Newtonova trubice



Pomocí Newtonovy trubice se můžeme přesvědčit, že tíhové zrychlení je pro všechna tělesa padající ve vakuu stejné. Je-li v Newtonově trubici vzduch, dopadne kulička podstatně dříve než peříčko.

Jestliže vzduch vyčerpáme, padají obě tělesa se stejným zrychlením a dopadnou současně.

Jak je to možné?

Zkušenost podporuje názor, že těleso o vyšší hmotnosti padá k zemi rychleji než těleso o nižší hmotnosti. Rozdíl je způsoben odporem vzduchu, který je u lehkých těles znatelnější. Z toho plyne, že tíhové zrychlení nezávisí na hmotnosti tělesa.

2.11.3 Základní vztahy pro volný pád

Volný pád je rovnoměrně zrychlený pohyb se zrychlením g a s nulovou počáteční rychlostí.

Základní vztahy ze kterých vyjdeme:

rychlost volného pádu ve svislém směru: $v = g \cdot t$

doba pádu: $t = \frac{v}{g}$

dráha či výška: $s = \frac{1}{2} g \cdot t^2$, někdy se dráha s nahrazuje výškou a tu označíme pomocí h.

Pokročilejší vztahy: (Odvození provedeme v hodině)

pro dráhu či výšku: $h = \frac{v^2}{2 \cdot g}$

rychlost volného pádu ve svislém směru: $v = \sqrt{2 \cdot g \cdot h}$

2.11.4 Příklady na volný pád

2.11.4.1 Těleso padalo volným pádem z Černé věže v Českých Budějovicích 72,29m. Jak velikou rychlost mělo při dopadu. Odpor prostřední zanedbáme.

2.11.4.2 Z vrtulníku, který byl vzhledem k Zemi v klidu, bylo s nulovou počáteční rychlostí spuštěno těleso. Za dobu 1 s bylo z vrtulníku spuštěno druhé těleso, opět s nulovou počáteční rychlostí. určete vzdálenost obou těles za dobu 2s měřenou od začátku pádu prvního tělesa. Odpor vzduchu neuvažujeme.

2.11.4.3 Pozorovatel spustil na dno propasti kámen a uslyšel náraz za 7s. Jak hluboká je propast? Jak hluboká by byla v případě, že by kámen do propasti vhodil $v = 10 m \cdot s^{-1}$?

2.11.4.4 Těleso vykonalo v poslední sekundě volného pádu $\frac{1}{n}$ své dráhy. Z jaké výšky padá?