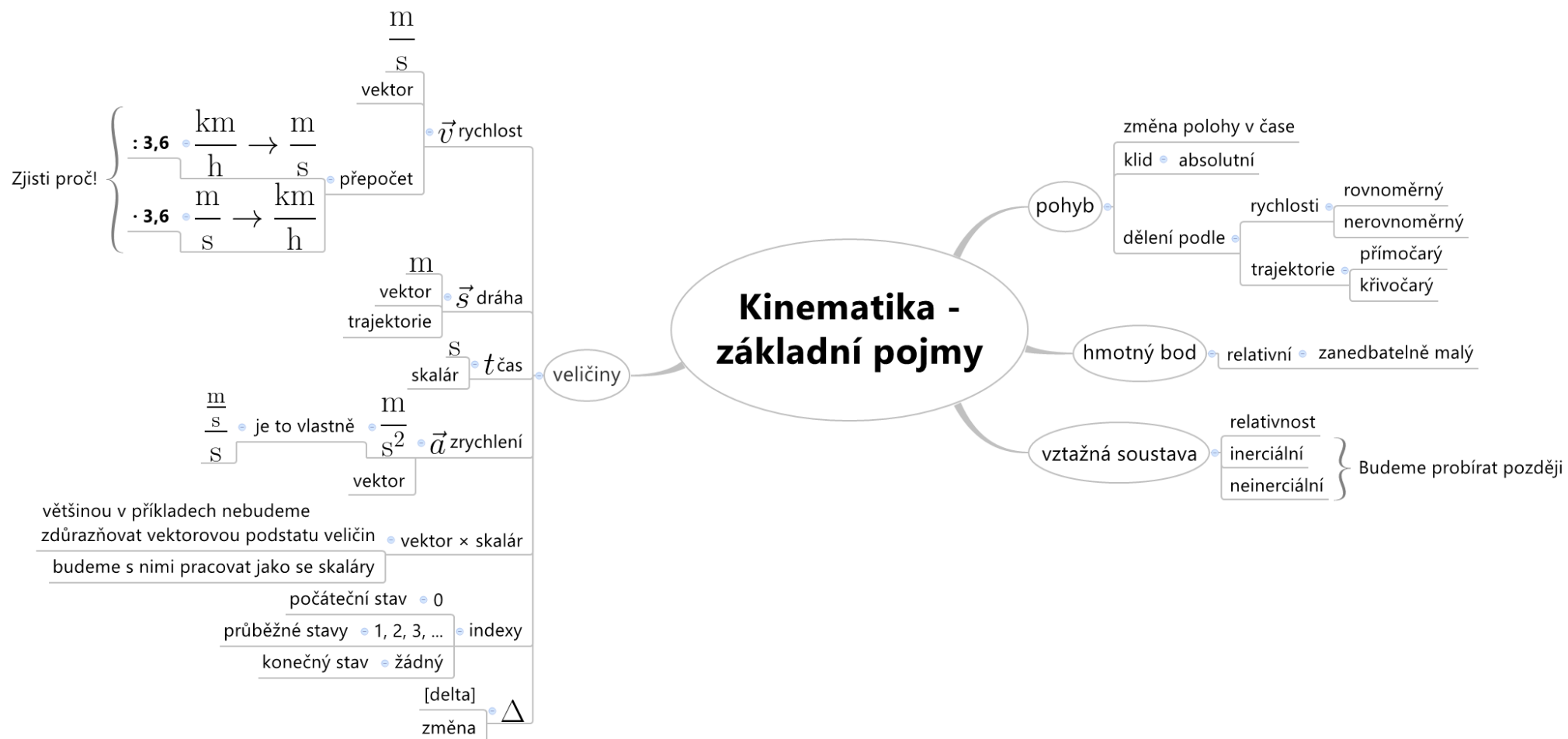




Kinematika

Fyzika jako taková je hodně velká a proto se dělí na spoustu menších částí. Jednou takovou částí je kinematika. Je to část fyziky, která a popisuje, **jak** se tělesa pohybují. Slovíčko „jak“ je důležité, ale proč, to zjistíme až časem.

V každé nové části se potkáme s novými pojmy, veličinami a vzorci. Pojdme se podívat, co pro nás má kinematika.

Pojmy

Pohyb – jde o změnu polohy hmotného bodu (vysvětlíme později) v čase. Tzn., máme těleso a to se z místa A přesune do místa B a trvá mu to nějaký čas.

Klid – opak pohybu. Těleso nemění svou polohu. Stejně jako u pohybu bychom měli říct vzhledem k čemu se těleso nehýbe. Vždy můžeme najít těleso, které se vůči našemu tělesu pohybuje. Proto nikdy a nic nemůže být v absolutním klidu.

Hmotný bod – pro fyziky je někdy složitější pracovat se skutečnými předměty, proto se snaží si to co nejvíc zjednodušit. Hmotný bod (HB) je takové zjednodušení. Je to bod, aby se dal dobře zakreslit tečkou a dalo se s tím dobře počítat. Také má hmotnost. Podobně jako spousta jiných věcí ve fyzice, tak ani HB vlastně neexistuje. Abychom o tělese mohli prohlásit, že je to HB (nebo s ním aspoň tak pracovat), tak musí mít zanedbatelné rozměry aspoň vzhledem ke vzdálenostem.

Pokud se budeme bavit o tom, že mravenec má ujít 0,25 mm, tak to nebude hmotný bod. Protože záleží, jestli to budeme měřit od tykadel po zadeček nebo jakkoliv jinak. Na druhou stranu



pokud slon poletí ze Země na Měsíc, tak je jedno jestli jej budeme měřit od chobotu nebo od ocasu.

Vztažná soustava – klid nebo pohyb je relativní, to znamená, že záleží na tom, **vzhledem, k čemu** budeme tento klid / pohyb určovat. No a to „vzhledem k čemu“ je právě naše vztažná soustava. Můžeme říct, že vztažná soustava je soustavou těles, se kterou porovnáváme naše těleso. Pokud ji neuvedeme, tak automaticky myslíme Zemi. Ke vztažné soustavě se ještě váží pojmy jako inerciální a neinerciální. Teď se jimi nebudeme zabývat, ale pokud by tě to zajímalo, tak jsou na straně 31.

Jedu vlakem a mám u sebe propisku. Propiska se vzhledem ke mě nepohybuje. Pokud sedím, tak se nepohybuje ani vzhledem k vlaku, ale vzhledem ke krajině se pohybuje.

Veličiny

Čas – jako fyzikální veličina se značí písmenkem ***t***. Jednotkou času je sekunda a její značka je ***s*** (pozor 1 min = 60 s a 1 h = 60 min = 3 600 s atd.). Někdy se potkáme s pojmem změna nebo přírůstek času Δt . Pro nás v tom není žádný rozdíl, pro fyziky (a matematiky) v tom rozdíl je.

Řekněme, že auto jelo 10 minut. Pro nás bude čas $t = 10$ min. Pro fyzika to bude změna času (od okamžiku, kdy vyjel do okamžiku, kdy zastavil). Jako je jasné, že na hodinkách se čas posune o 10 minut, ale většina lidí řekne, že čas je 10 minut a tím se liší od fyziků, matematiků a jiných vědců.

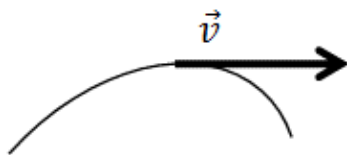
Dráha – přesněji délka dráhy (protože nás většinou zajímá jenom délka, ale to jestli je to doleva, doprava nebo po spirále je nám šumák). Označuje se písmenem s (nebo h, l, x, y – prostě a jednoduše, jak se to hodí) a jako jednotku má metr (m).

Trajektorie – na rozdíl od dráhy je trajektorie křivkou (čárou), kterou těleso při pohybu opíše. Je jasné, že střízlivý člověk půjde domů po jiné trajektorii než člověk opilý.

Rychlost – jak jste si už všimli z myšlenkové mapy, tak rychlosti máme vlastně dvě.

Průměrná rychlost – nemůžeme ji přesně změřit, jen ji vypočítat. Většinou s ní pracujeme jako se skalárem (a správně bychom pak měli říkat „velikost rychlosti“).

Okamžitá rychlost – je to rychlost v konkrétním okamžiku. Většinou s ní pracujeme jako s vektorem. Směr okamžité rychlosti dostaneme tak, že uděláme tečnu k trajektorii v místě, kde zrovna jsme.



Obě rychlosti mají značku v (u okamžité je to ale vektor) a jednotku metr za sekundu. To můžeme zapsat buď jako $\frac{\text{m}}{\text{s}}$ nebo ms^{-1} matematicky vzdělanější ví proč. Pro ostatní můžeme laicky říct, že pokud dáme do exponentu (to, čím mocníme) **mínus**, tak číslo ve zlomku převedeme ze spodu nahoru nebo naopak (ze jmenovatele do čitatele a naopak).

Druhy pohybu

Kinematika je o pohybu, pojďme se tedy na pohyb podívat podrobněji. Tak jako téměř všechno, i pohyb si můžeme nějak rozdělit nebo rozškatulkovat. Pohyb nejčastěji rozdělujeme podle dvou hledisek.

Rozdělení pohybu podle tvaru trajektorie

Přímočarý pohyb – je takový, kde trajektorie má tvar úsečky (rovné čáry).

Křivočarý pohyb – trajektorie má tvar jakékoli křivky.



Takže bychom mohli říct, že u přímočarého pohybu směřuje rychlost pořád stejným směrem a u křivočarého pohybu se směr rychlosti mění.

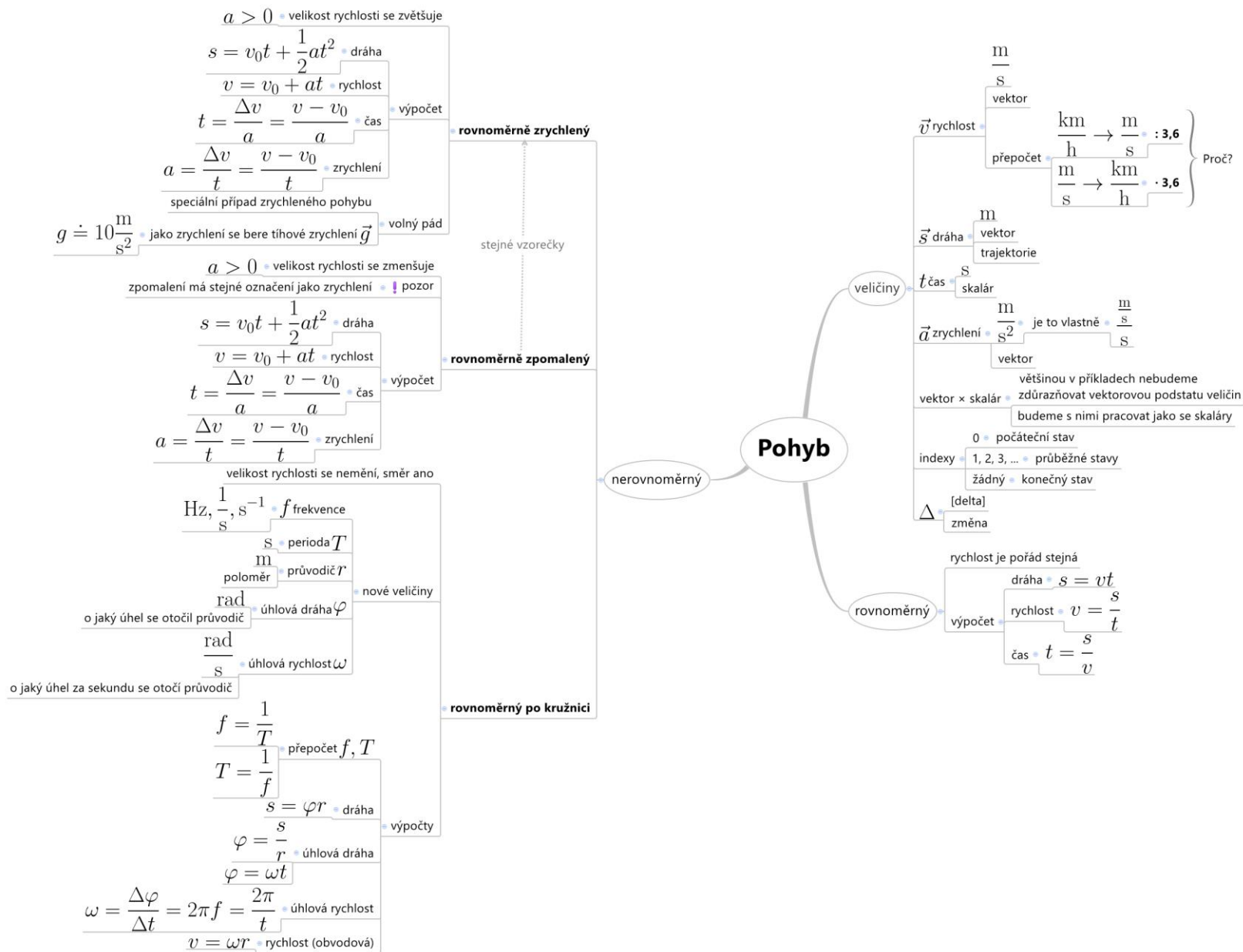
Rozdělení pohybu podle velikosti rychlosti

Rovnoměrný pohyb – je takový, kde se velikost rychlosti nemění. Těleso ani nezrychluje, ani nezpomaluje.

Nerovnoměrný pohyb – velikost rychlosti se mění, tzn., těleso může zpomalovat nebo i zrychlovat.



[http://www.fyzikajinak.cz/
03-kinematika/](http://www.fyzikajinak.cz/03-kinematika/)



Vzorce a výpočty

Rovnoměrný pohyb

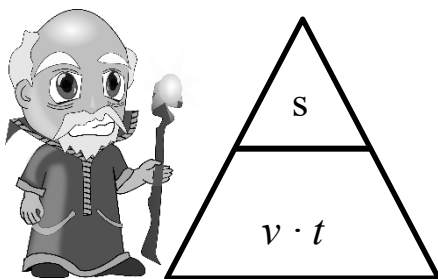
Pro rovnoměrný pohyb je jednoduchý vzorec, který nám poslouží na výpočet skoro všeho. A ten vzorec je

$$s = v \cdot t$$

Říká nám, že když známe velikost rychlosti a víme, jak dlouho se těleso pohybuje, tak dokážeme vypočítat délku ujeté dráhy. Vzoreček můžeme otočit (vytknout neznámou ze vzorce) a dostaneme jiný vzorec $v = \frac{s}{t}$. Ten nám říká, že pokud známe ujetou dráhu a dobu, za kterou těleso dráhu ujelo, tak můžeme spočítat jeho průměrnou rychlost. Stejně bychom to udělali i pro poslední veličinu a dostaneme $t = \frac{s}{v}$ a víme, že pokud známe dráhu a rychlost, pak můžeme vypočítat potřebný čas. Pokud náhodou zápasíš s matematikou a to co jsem napsal výš je pro tebe něco nepředstavitelného, tak mám pro tebe dvě zprávy: 1) honem se to douč, ve fyzice ti to hodně ulehčí práci. 2) zkuste použít „kouzelný trojúhelník“.

„Kouzelný trojúhelník“

Jak funguje? Jednoduše si prstem zakryj to, co potřebuješ vypočítat (=levá strana vzorečku) a zůstane ti tam, jak to máš vypočítat (= pravá strana vzorečku).



Pokud místo tohoto vzorečku použiješ jiný vzorec, kde *něco* = *něco* · *něco*, trojúhelník bude taky fungovat.

Automobil jede průměrnou rychlostí 36 kmh^{-1} , za jakou dobu ujede vzdálenost 20 km?

(z cvičných důvodů budeme i v těchto jednoduchých příkladech převádět na základní jednotky SI)

Vypíšeme si, co známe a co potřebujeme spočítat:

$$\text{známe:} \quad v = 36 \frac{\text{km}}{\text{h}} = 36 \frac{1000 \text{ m}}{3600 \text{ s}} = 10 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$s = 20 \text{ km} = 20\,000 \text{ m}$$

$$\text{potřebujeme: } t = ? \text{ s}$$

$$\text{Najdeme potřebný vzorec:} \quad t = \frac{s}{v}$$

$$\text{Dosadíme do vzorce a vypočítáme:} \quad t = \frac{s}{v} = \frac{20\,000 \text{ m}}{10 \frac{\text{m}}{\text{s}}} = 2\,000 \frac{\text{m}}{\frac{\text{m}}{\text{s}}} =$$

$$2\,000 \frac{\text{m}}{1 \frac{\text{m}}{\text{s}}} = 2\,000 \text{ s}$$

Odpovíme: Automobil urazí vzdálenost za 2 000 s, což je 33,333 minut a to je 0,555 hodin.

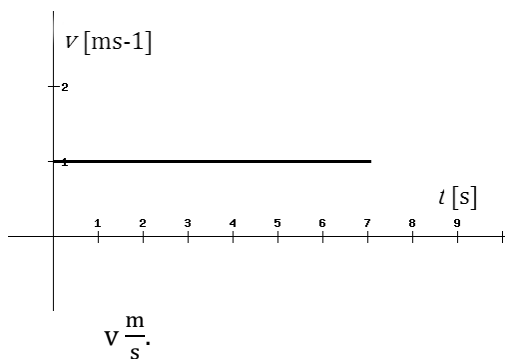
Grafy

Graf je vlastně jenom grafické znázornění nějakého průběhu nebo nějaké závislosti.

Zkusme do grafu zakreslit příklad, kdy budeme mít přímočarý rovnoměrný pohyb s velikostí rychlosti $v = 1 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ a dobou trvání 7 s. Můžeme nakreslit několik grafů, pojďme se na ně podívat. U pohybů to bude většinou závislost něčeho na čase.

Závislost rychlosti na čase:

Pojďme se podívat na to, co v grafu vidíme.



1. Máme tady dvě osy: **Osa x** (zleva doprava) je nadepsána jako $t [\text{s}]$, díky tomu víme, že tady najdeme čas v sekundách. **Osa y** (zespodu nahoru) je nadepsána jako $v [\text{m/s}]$ takže víme, že tady máme rychlost a to

2. Pohyb začal v čase 0 s a skončil v čase 7 s.

3. Velikost rychlosti se neměnila, byla $1 \frac{\text{m}}{\text{s}}$.

Když budeš muset náhodou nakreslit (nebo dokonce narýsovat ☺) graf, tak nezapomeň na:

Základní pravidla:

1. Každá osa musí být popsána, aby každý věděl, že se jedná o čas, rychlost, hrušky nebo třeba o velikost briket. Taky je potřeba uvést jednotku, jinak nevíme, jestli to je počet kusů hrušek nebo počet košů hrušek a podobně.
2. Označíme počátek. To jako nulu.
3. Na obou osách naznačíme velikost jednoho dílku. Pokud se vám nechce vypisovat všechny hodnoty. Tak napíšeme hodnotu pod první dílek a pak u těch dílků, kde se „něco děje“.

Závislost dráhy na čase:

Tady vidíme, že na začátku byla ujetá dráha 0 m, každou sekundu se o 1 m zvětšila ($v = 1 \frac{\text{m}}{\text{s}}$) a v čase $t = 7 \text{ s}$ byla 7 m.

Nerovnoměrný pohyb

Jak vidíme v myšlenkové mapě, můžeme si ho ještě dále rozdělit na pohyb rovnoměrně zrychlený a rovnoměrně zpomalený.

V obou případech budeme potřebovat novou fyzikální veličinu a tou je **zrychlení** (nebo zpomalení, ale klidně můžeme říct, že zpomalení je jenom zrychlení se znaménkem mínus nebo že je to zrychlení působící na opačnou stranu než rychlost). Zrychlení je stejně jako rychlost vektor.

Pozor: zatímco u aut se jako zrychlení udává doba, za kterou se auto rozjede z 0 kmh⁻¹ na 100 kmh⁻¹, ve fyzice je to něco jiného!

Zrychlení má značku $\vec{a}$ můžeme si to zapamatovat podle akceleraace. Zrychlení udává, jak rychle se mění rychlost, neboli o kolik metrů za sekundu se každou sekundu mění rychlost. Jednotkou zrychlení je $\frac{\text{m}}{\text{s}^2}$ nebo ms⁻².

Zrychlení vypočítáme podle vzorečku $\vec{a} = \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t}$ česky řekneme, že je to změna rychlosti za změnu času. Jak už jsme si řekli, tak místo Δt můžeme napsat t , pak máme srozumitelnější vzorec $\vec{a} = \frac{\Delta \vec{v}}{t}$ a když ještě řekneme, že změna rychlosti je *konečná rychlost – počáteční rychlost*, tak máme vzorec:

$$\vec{a} = \frac{\vec{v} - \vec{v}_0}{t}$$

Pokud nám zrychlení vyjde kladné, tak se rychlost zvyšuje a pokud záporné, tak se rychlost snižuje.

Porsche 911 Turbo S zrychlí z nuly na stovku za 3,3 s. Jaké má fyzikální zrychlení (pokud budeme brát, že zrychluje lineárně = pořád stejně).

Počáteční rychlost je $v_0 = 0 \text{ kmh}^{-1} = 0 \text{ ms}^{-1}$

Konečná rychlost je $v = 100 \text{ kmh}^{-1} = 27,8 \text{ ms}^{-1}$

Čas je $t = 3,3 \text{ s}$

Zrychlení je $a = ? \text{ ms}^{-2}$



$$a = \frac{v - v_0}{t} = \frac{27,8 \frac{\text{m}}{\text{s}} - 0 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{3,3 \text{ s}} = \frac{27,8 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{3,3 \text{ s}} = \frac{27,8}{3,3} \frac{\text{m}}{\text{s}} \div \frac{1}{\text{s}} = 8,4 \frac{\text{m}}{\text{s}} \frac{1}{\text{s}} = 8,4 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

Porsche zrychluje se zrychlením $8,4 \text{ ms}^{-2}$.

Další vzorce pro výpočet zrychleného (a zpomaleného) pohybu máme tady:

rychlost $v = v_0 + at$ bez poč. rychl. $v = at$

dráha $s = v_0 t + \frac{1}{2} at^2$ bez poč. rychl. $s = \frac{1}{2} at^2$

čas $t = \frac{\Delta v}{a} = \frac{v - v_0}{a}$

zrychlení $a = \frac{\Delta v}{t} = \frac{v - v_0}{t}$

Spousta žáků v této chvíli taktak zvládla vzorce pro rovnoměrný pohyb a tak je zkusí uplatnit i u pohybu nerovnoměrného. Proto si dej pozor! Pokud počítáš nerovnoměrný pohyb, tak musíš mít někde ve vzorci **a**!

Lokomotiva jede rychlostí 36 kmh^{-1} . Na přejezdu uvidí auto a začne brzdít se zpomalením $a = 0,5 \text{ ms}^{-2}$, stihne zabrzdit, když je přejezd ve vzdálenosti 500 m?

$$v_0 = 36 \text{ kmh}^{-1} = 10 \text{ ms}^{-1}$$

$$v = 0 \text{ kmh}^{-1} = 0 \text{ ms}^{-1} \quad (\text{protože na konci by měl vlak zabrzdit} = \text{stát})$$

$$a = -0,5 \text{ ms}^{-2} \quad (\text{mínus je tam proto, že se jedná o zpomalení})$$

Vypočítáme dráhu, na které vlak zabrzdí a porovnáme ji se vzdáleností přejezdu (500 m).

$$s = v_0 t + \frac{1}{2} a t^2 \quad \text{Ale neznám čas } t, \text{ tak jej budu muset vypočítat } t = \frac{4v}{a} = \frac{v-v_0}{a}$$

$$t = \frac{v - v_0}{a} = \frac{0 \frac{\text{m}}{\text{s}} - 10 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{-0,5 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}} = \frac{-10 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{-0,5 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}} = 20 \frac{\cancel{\text{m}} \text{s}^2}{\cancel{\text{s}} \cancel{\text{m}}} = 20 \text{ s}$$

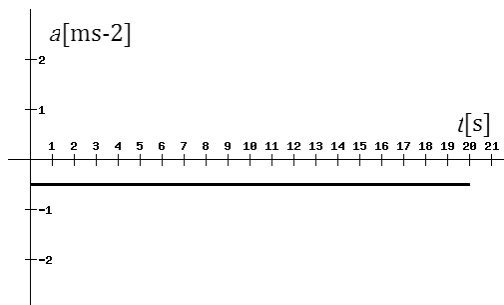
$$\begin{aligned} s &= v_0 t + \frac{1}{2} a t^2 = 10 \frac{\text{m}}{\text{s}} 20 \text{ s} + \frac{1}{2} (-0,5) \frac{\text{m}}{\text{s}^2} (20 \text{ s})^2 \\ &= 10 \cdot 20 \frac{\text{m}}{\text{s}} \text{s} + \frac{1}{2} (-0,5) 20^2 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \text{s}^2 = 200 \text{ m} - 100 \text{ m} \\ &= 100 \text{ m} \end{aligned}$$

Při porovnání zjistíme, že $s < s_{\max}$ a tak můžeme říct, že vlak to bez problémů ubrzdí.

Pojďme se podívat, co na to grafy

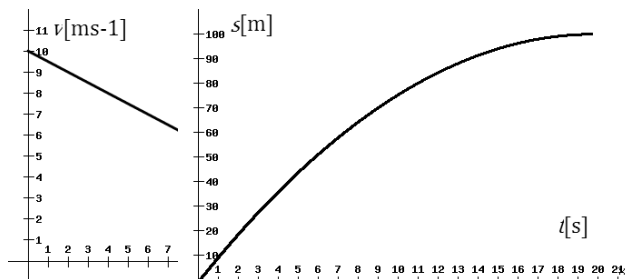
První graf udává zrychlení (v našem případě zpomalení) a to je pořád

$$-0,5 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}.$$



Druhý graf nám ukazuje rychlost, tady vidíte, že rychlost z původních $10 \frac{\text{m}}{\text{s}}$, klesla na $0 \frac{\text{m}}{\text{s}}$, a trvalo to 20 s.

Třetí graf nám ukazuje ujetou dráhu. Všimni si, že dráha na začátku rostla rychleji a postupně, jak klesala rychlost, dráha rostla pomaleji.



Pokud jsi matematicky založený člověk, tak si všimni, že jsou to funkce konstantní, lineární a kvadratická.

Volný pád

Je to druh rovnoměrně zrychleného pohybu, kde místo a dosadíme g . Možná víš, možná ne, že g je tíhové zrychlení (časem se k němu dostaneme). Pro naši zeměpisnou šířku je toto zrychlení zhruba $g = 9,8 \text{ ms}^{-2}$ nebo aby se nám počítalo líp, tak používáme $g \doteq 10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$. Všechny naše výpočty se budou odehrávat ve vzduchoprázdnu (někdy říkáme: „zanedbáme odpor vzduchu“), je to totiž jednodušší. Nemusíme počítat s odporem vzduchu a můžeme prohlásit, že všechna tělesa padají se stejným zrychlením.

Cihla spadne na zem z výšky 20 m. Jakou rychlostí dopadne a jak dlouho bude padat? (zanedbejme odpor vzduchu)

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

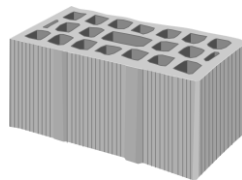
$$g = 10 \text{ ms}^{-2}$$

$s = v_0 t + \frac{1}{2} a t^2$; $v_0 = 0 \frac{\text{m}}{\text{s}}$; $a = g \Rightarrow s = \frac{1}{2} g t^2 \Rightarrow t = \sqrt{\frac{2s}{g}}$ Tím jsme získali vzorec pro dobu, za jakou těleso dopadne (pokud známe výšku, ze které padá).

$$t = \sqrt{\frac{2s}{g}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 20 \text{ m}}{10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}}} = \sqrt{\frac{40 \text{ m}}{10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}}} = \sqrt{4 \frac{\text{m s}^2}{1 \text{ m}}} = \sqrt{4 \text{ s}^2} = 2 \text{ s}$$

$$v = g t = 10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 2 \text{ s} = 20 \frac{\text{m s}}{\text{s}^2 1} = 20 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Míček dopadne za 2 s a dopadne rychlostí 20 ms^{-1} .



Rovnoměrný pohyb po kružnici

Jedná se o pohyb, kdy těleso opisuje trajektorii tvaru kružnice a velikost rychlosti je pořád stejná. S tímto pohybem si budeme muset zavést nové veličiny.

Perioda (T) – doba, za kterou těleso oběhne dráhu jednou dokola. Jednotkou je s. Pokud tedy bude v zadání „...těleso oběhne za xx...“, tak víme, že je to perioda.

Frekvence (f) – počet oběhů za jednotku času, pro nás za 1 s. Jednotkou je $\frac{1}{\text{s}}$, s^{-1} nebo Hz. Pokud někde v zadání uvidíme „... oběhne xx krát za...“, tak víme, že je to frekvence.

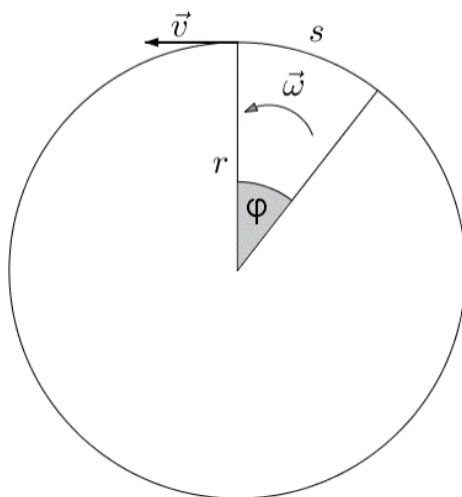
Obvodová dráha (s) – dráha, kterou těleso urazí. Jednotkou je m.

Obvodová rychlost (v) – rychlost, kterou těleso obíhá. Jednotkou je $\frac{\text{m}}{\text{s}}$, ms^{-1} .

Délka průvodiče (r) – je to například délka lanka, které nám drží předmět, aby neuletěl nebo vzdálenost tělesa od osy otáčení. Neboli poloměr kružnice, po které se předmět pohybuje. Jednotkou je m.

Úhlová dráha (φ) – úhel o který se průvodič otočí. Jednotkou je rad. Pro ty, kteří neví, tak úhly můžeme měřit ve stupních – kruh má 360° , nebo v radiánech (značka rad). Jenom pro připomenutí $2\pi \text{ rad} = 360^\circ = \text{celý kruh}$. Pokud tě tam rozčiluje to π , tak místo něho dej jeho číselnou hodnotu a kruh bude zhruba 6,28 rad.

Úhlová rychlost (ω) – udává, o jaký úhel se otočí průvodič každou sekundu. Takže jednotkou je $\frac{\text{rad}}{\text{s}}$, rad s^{-1} .



Možná máš zmatek z těch dvou drah a rychlostí. Pojďme si to vysvětlit, a to nejlíp na příkladu:

Určitě znáš kolotoč. Možná víš, že čím budeš dál od středu, tím se „točíš rychleji“. Pokud budeš měřit, za jakou dobu se kolotoč otočí dokolečka, tak je jedno, jestli budeš uprostřed, kde se to skoro neotáčí, nebo na okraji. Můžeš říct, že frekvence, ani perioda nezáleží na délce průvodiče. Stejně tak na něm nezáleží ani úhlová dráha, ani úhlová rychlost. Protože se vždy otočíš o stejný úhel. Na průvodiči záleží obvodová rychlost a obvodová dráha. Je ti totiž jasné, že když budeš dál od středu, tak musíš urazit větší dráhu, abys opsal celý kruh. A protože to musí být za stejnou dobu, tak k tomu budeš potřebovat větší obvodovou rychlost.

Potřebné vzorce

Přepoččet periody na frekvenci a naopak	$f = \frac{1}{T}$	$T = \frac{1}{f}$
Výpočet úhlové dráhy a úhlové rychlosti nebo $\omega = \frac{2\pi}{T}$	$\varphi = \omega \cdot t$	$\omega = 2\pi f$
Výpočet obvodové dráhy	$s = v \cdot t$	$s = \varphi \cdot r$
Výpočet obvodové rychlosti	$v = \omega \cdot r$	

Kolotoč se otočí jednou za 3 minuty, jakou má úhlovou rychlost a jakou bude mít obvodovou rychlost člověk, který je od osy otáčení vzdálen 2,5 m?

$$T = 3 \text{ min} = 3 \cdot 60 \text{ s} = 180 \text{ s}$$

$$r = 2,5 \text{ m}$$

$$\omega = ? \text{ rads}^{-1}$$

$$v = ? \text{ ms}^{-1}$$



$$\omega = \frac{2\pi}{T} = \frac{2\pi}{180 \text{ s}} = \frac{2 \cdot 3,14 \text{ rad}}{180 \text{ s}} = \frac{6,28 \text{ rad}}{180 \text{ s}} \doteq 0,035 \frac{\text{rad}}{\text{s}}$$

$$v = \omega \cdot r = 0,035 \frac{\text{rad}}{\text{s}} \cdot 2,5 \text{ m} = 0,0875 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Kolotoč se točí s úhlovou rychlostí $\omega = 0,035 \text{ rads}^{-1}$ a člověk ve vzdálenosti 2,5 m od osy otáčení se pohybuje obvodovou rychlostí $v = 0,0875 \text{ ms}^{-1}$.



[http://www.fyzikajinak.cz/
03-kinematika/](http://www.fyzikajinak.cz/03-kinematika/)