

Pohyb hmotného bodu po kružnici

Pohyb po kružnici je nejjednodušším příkladem [křivočarého pohybu](#).

V praxi se s ním setkáváme velice často: rotující kulička na provázku, kolotoč, brusný kotouč, [pohyb CD](#) v [mechanice](#) přehrávače (resp. počítače), pohyb [Země](#) kolem vlastní osy i oběh kolem [Slunce](#), ...

Poloha [hmotného bodu](#) na kružnici je určena **průvodičem**, jehož velikost je rovna poloměru r kružnice, po níž se daný hmotný bod pohybuje. Přejde-li hmotný bod z bodu A do bodu B , opíše průvodič úhel φ (někdy se mu říká úhlová [dráha](#)). [Jednotkou](#) úhlové dráhy je [radián](#), $[\varphi] = \text{rad}$.

Rad je zkratka za radián - jednotka [rovinného úhlu](#). Ačkoliv se v praxi používají mnohem častěji úhly, ve fyzice se dává přednost radiánům (lépe vyhovuje jednotka, ...). Převody mezi radiány (tzv. míra oblouková) a stupni (tzv. míra stupňová) lze provádět pomocí trojčlenky, jejímž základem je fakt, že $2\pi \text{ rad} \approx 360^\circ$ (ve vztahu není rovnost!!!).

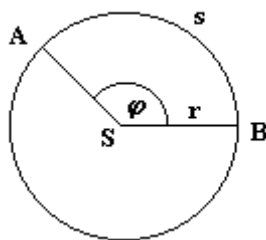
Hmotný bod při přechodu z bodu A do bodu B urazí dráhu s rovnající se délce oblouku AB . Pro velikost délky oblouku s platí: $s = r\varphi$.

Tento vztah je podobný vztahu pro obvod kružnice $o = 2\pi r$. 2π je ten úhel, který musíme po kružnici opsat, abychom ji oběhli celou, a r je její poloměr. Zajímá-li nás jen část obvodu kružnice, nebude ve vztahu vystupovat plný úhel 2π , ale jen jeho část - např. φ .

ÚHLOVÁ RYCHLOST SE DEFINUJE JAKO PODÍL VELIKOSTI ÚHLU $\Delta\varphi$, KTERÝ OPÍŠE POLOHOVÝ VEKTOR ZA DOBU Δt , A TÉTO DOBY: $\omega = \frac{\Delta\varphi}{\Delta t}$. JEDNOTKOU ÚHLOVÉ RYCHLOSTI JE RADIÁN ZA SEKUNDU: $[\omega] = \text{rad}\cdot\text{s}^{-1}$.

Při výpočtech se dosazuje „jen“ $[\omega] = \text{s}^{-1}$.

Úhlová rychlost je vektorová [fyzikální veličina](#). Její vektor je kolmý k rovině kružnice, po níž obíhá hmotný bod [rychlostí](#) \vec{v} , a umísťujeme ho do středu kružnice. Jeho směr určíme podle [pravidla pravé ruky](#): Položíme-li prsty ke kružnici tak, aby prsty ukazovaly směr vektoru rychlosti \vec{v} , pak vztyčený palec ukazuje směr vektoru úhlové rychlosti $\vec{\omega}$. Při [rovnoměrném pohybu](#) po kružnici se zachovává velikost i směr úhlové rychlosti $\vec{\omega}$. Dále v tomto textu budeme hovořit vždy jen o velikosti úhlové rychlosti ω .



Obr. 35

Je-li $\omega = \text{konst}$ jedná se o **rovnoměrný** pohyb po kružnici:

HMOTNÝ BOD KONÁ ROVNOMĚRNÝ POHYB PO KRUŽNICI, JESTLIŽE VE STEJNÝCH A LIBOVOLNĚ MALÝCH ČASOVÝCH INTERVALECH OPÍŠE JEHO PRŮVODIČ STEJNÉ ÚHLOVÉ DRÁHY φ .

Rovnoměrný pohyb po kružnici je pohyb periodický. Plný úhel $\varphi = 2\pi$ opíše hmotný bod vždy za stejnou dobu - [oběžnou dobu](#) (periodu) T .

PERIODA JE DOBA, ZA KTEROU HMOTNÝ BOD POHYBUJÍCÍ SE PO KRUŽNICI, VYKONÁ PŘÁVĚ JEDNU OTÁČKU.

Dosadíme-li periodu do vztahu pro definici úhlové rychlosti, dostaneme $\omega = \frac{\Delta\varphi}{\Delta t} = \frac{2\pi}{T}$. Místo periody můžeme pohyb po kružnici charakterizovat frekvencí f .

FREKVENCE U POHYBU HMOTNÉHO BODU PO KRUŽNICI UDÁVÁ POČET OTÁČEK ZA JEDNOTKU ČASU (VĚTŠINOU ZA SEKUNDU).

Mezi frekvencí f a periodou T platí vztah $f = \frac{1}{T}$. Jednotkou frekvence je s^{-1} . Lze též použít jednotku hertz, přičemž platí: $1s^{-1} = 1\text{Hz}$. Úhlovou rychlost lze také vyjádřit pomocí frekvence f : $\omega = 2\pi f$.

Velikost rychlosti lze určit pomocí vztahu $v = \frac{\Delta s}{\Delta t} = r \frac{\Delta\varphi}{\Delta t} = r\omega$. Velikost rychlosti je tedy přímo úměrná poloměru kružnice. Největší rychlostí se pohybují body na obvodu **kola**, nejmenší (nulovou) pak body na **ose otáčení**. Jedná-li se o rovnoměrný pohyb po kružnici, je velikost rychlosti v dané vzdálenosti od osy otáčení stále stejná (konstantní). Vektor rychlosti má v každém bodě kruhové **trajektorie** směr tečně ke kružnici v daném bodě.

Experimentální ověření faktu, že body vzdálenější od osy **rotace** se pohybují rychlostí o větší velikosti, lze provést pomocí deštníku s pestrým vzorem. Otevřete deštník, roztočte jej kolem osy, která je totožná s holí deštníku, a pozorujte vzor. V blízkosti osy otáčení vzor relativně dobře rozeznáte, zatímco na obvodu bude vzor nerozeznatelný díky velké rychlosti. Přitom všechny body na deštníku mají stejnou úhlovou rychlost!

Vzhledem k tomu, že nás bude zajímat většinou rychlost na obvodu kola, disku, ... říká se této rychlosti **obvodová rychlost**.

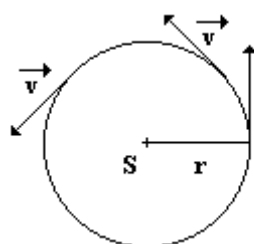
Při rovnoměrném pohybu po kružnici se tedy nemění velikost rychlosti hmotného bodu, ale mění se její směr. Z toho vyplývá, že **tečné zrychlení** hmotného bodu při pohybu po kružnici je nulové, zatímco **normálové zrychlení** nulové není (mění se směr rychlosti).

Změna vektoru rychlosti je $\Delta\vec{v} = \vec{v}_2 - \vec{v}_1$ (viz obr. 37). Vektory \vec{v}_1 a \vec{v}_2 svírají úhel $\Delta\varphi$, který svírá průvodič v bodě A a v bodě B.

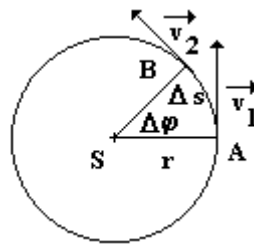
Vektor rychlosti je kolmý na průvodič. Svírají-li tedy průvodiče dvou bodů na kružnici určitý úhel, musí tentýž úhel svírat i vektory rychlosti sestavené v uvažovaných bodech.

Je-li úhel $\Delta\varphi$ malý (tj. pokud je možné nahradit oblouk Δs úsečkou), lze na základě podobnosti trojúhelníků psát: $\frac{\Delta v}{\Delta s} = \frac{v}{r}$, tedy $\Delta v = \frac{\Delta s}{r} \cdot v$.

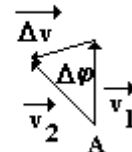
Velikost **zrychlení** pak určíme ze vztahu $a_d = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{\Delta s}{\Delta t} \cdot \frac{v}{r} = \frac{v^2}{r}$. Pro malý úhel $\Delta\varphi$ je **změna rychlosti** $\Delta\vec{v}$ kolmá k rychlosti \vec{v} . Zrychlení má směr změny rychlosti, je tedy také kolmé k **okamžité rychlosti**. U rovnoměrného pohybu po kružnici je tedy celkové zrychlení shodné s normálovým (dostředivým) zrychlením.



Obr. 36



Obr. 37



Je dobré si namalovat vlastní obrázek a zkusit si narýsovat vektor $\Delta\vec{v} = \vec{v}_2 - \vec{v}_1$. Splníte-li

podmínky popsané při odvozování (hlavně malý úhel $\Delta\varphi$), měl by mířit vektor $\Delta\vec{v}$ (přibližně) do středu kružnice. Splnění podmínek lze dosáhnout tak, že zvolíte kružnici s relativně velkým poloměrem a body, v nichž budete konstruovat vektory okamžité rychlosti, zvolíte blízko u sebe. Čím blíže, tím spíše bude vektor $\Delta\vec{v}$ mířit do středu kružnice.

© **Encyklopedie Fyziky** (<http://fyzika.jreichl.com>); **Jaroslav Reichl, Martin Všeticka**

Licence <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/> zakazuje úpravy a komerční distribuci.