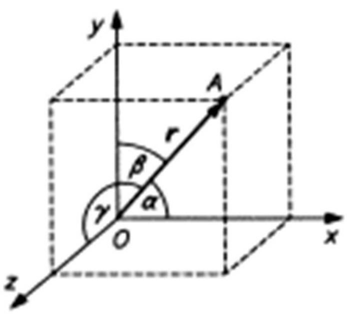
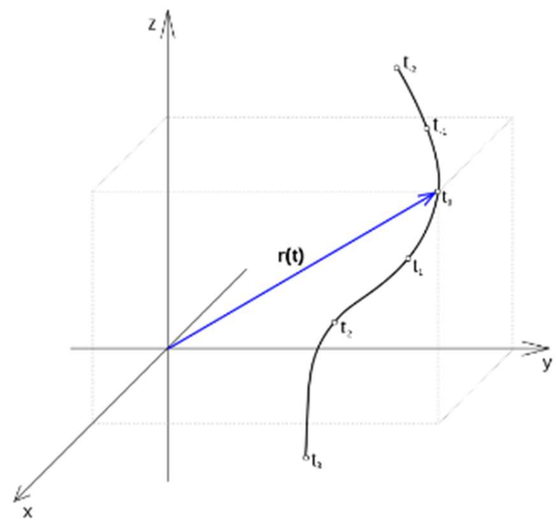
2.2 Kinematika

Zdroj: Fyzika v kostce, Vladimír Lank, Miroslav Vondra, Fragmentt, Praha 2008, ISBN 978-80-253-0228-6

Kinematika je část mechaniky, která se zabývá klasifikací a popisem různých druhů pohybu, ale nezabývá se jeho příčinami. Naproti tomu dynamika zkoumá pohyb z hlediska působení sil.
Kinematika se tedy zaměřuje na sledování polohy, rychlosti apod. Nesleduje však dynamické veličiny, jako např. hybnost a energii, kterými se zabývá dynamika.

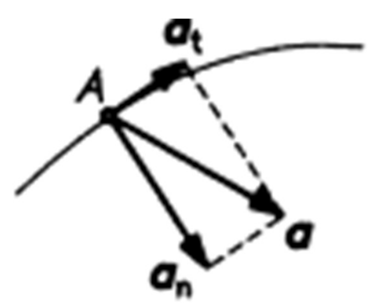


Důležitým kinematickým pojmem je hmotný bod. Jedná se o idealizaci, kdy libovolné těleso při popisu jeho pohybu nahrazujeme bodem s danou hmotností. Tento bod obvykle umísťujeme do těžiště tělesa. Poloha tělesa je údaj, vyjadřující umístění tělesa vzhledem ke vztažné soustavě. Jednou z možností, jak zadat polohu tělesa je polohový vektor neboli průvodič. Trajektorie je množina bodů, kterou hmotný bod prochází (přímka, kružnice, cykloida, …). Dráha (**s**) je délka trajektorie hmotného bodu.



Dělení pohybů:
dle tvaru trajektorie:
- **přímočarý** (vektor rychlosti **v** splývá s trajektorií)
- **křivočarý** (**v** mění směr, je tečnou k trajektorii)

dle okamžité rychlosti:
- **rovnoměrný** (vektor rychlosti **v**=konst.)
- **nerovnoměrný** (**v**≠konst.)



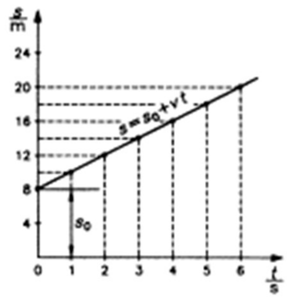
Pohyby a jejich zrychlení:

POHYB	*Tečné zrychlení*	*Normálové zrychlení*	*Celkové zrychlení*
Rovnoměrný přímočarý	$\boldsymbol{a}_t = 0$	$\boldsymbol{a}_n = 0$	$\boldsymbol{a} = 0$
Rovnoměrný křivočarý	$\boldsymbol{a}_t = 0$	$\boldsymbol{a}_n \neq 0$	$\boldsymbol{a} \neq 0$
Nerovnoměrný přímočarý	$\boldsymbol{a}_t \neq 0$	$\boldsymbol{a}_n = 0$	$\boldsymbol{a} \neq 0$
Nerovnoměrný křivočarý	$\boldsymbol{a}_t \neq 0$	$\boldsymbol{a}_n \neq 0$	$\boldsymbol{a} \neq 0$

Průměrná rychlost: **v = s / t** $[v]=m*s^{-1}$

Okamžité zrychlení (akcelerace): **a = v / t** $[a]=m*s^{-2}$

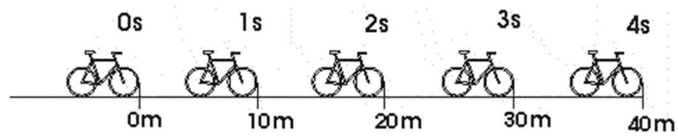
Rovnoměrný přímočarý pohyb je pohyb po přímce se stálou rychlostí. Pokud přímočarý pohyb není rovnoměrný, bývá také označován jako *nerovnoměrný přímočarý pohyb* (jde tedy o pohyb s proměnnou rychlostí). Pro rovnoměrný přímočarý pohyb platí následující rovnost:



Rychlost rovnoměrného přímočarého pohybu **je** z definice **konstantní**, tedy rovna počáteční rychlosti tělesa:

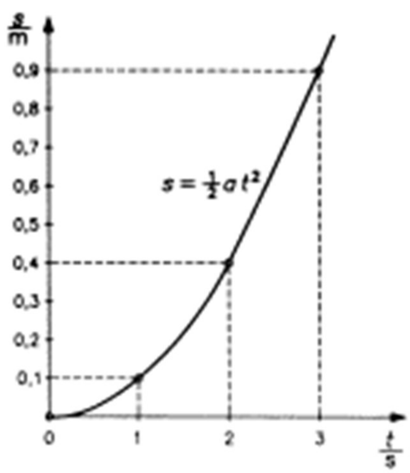
Dynamika

Podle prvního Newtonova zákona v rovnoměrném přímočarém pohybu setrvává těleso (hmotný bod), na které je celkové silové působení nulové, tedy buď žádné síly nepůsobí, nebo jejich výsledná hodnota je nulová (výslednice je nulový vektor).



Př.: Cyklista ujel prvních 26 km za 1 hod a dalších 42 km za 3 hod. jaká byla jeho průměrná rychlost? **(17 km/h)**
(26+42) / (1+3)=17 km/h

Rovnoměrně zrychlený přímočarý pohyb je pohyb po přímce se stálým zrychlením. Rovnoměrně zrychlený přímočarý pohyb je zvláštním případem nerovnoměrného přímočarého pohybu, kdy **zrychlení je konstantní** ve velikosti i směru. Trajektorií je přímka nebo část přímky. Velikost rychlosti se mění přímo úměrně s časem. Směr rychlosti se nemění.



Má-li zrychlení stejnou orientaci (hodnotu znaménka) jako směr pohybu tělesa, pak se rychlost tělesa zvyšuje a jedná se o *zrychlený pohyb*. Má-li zrychlení opačnou orientaci (hodnotu znaménka) než směr pohybu tělesa, pak se rychlost tělesa snižuje a jedná se o *pohyb zpomalený*.

Rychlost rovnoměrně zrychleného/zpomaleného přímočarého pohybu**:** $\mathbf{v = v_0 \underline{+/-} a * t}$

Dráha rovnoměrně zrych./zpomal. přímočarého pohybu:
$\mathbf{s = s_0 + v_0 * t \underline{+/-} 1/2 * a * t^2}$

Volný pád

Je pohyb volně puštěného tělesa (v_0=0ms^{-1}) v blízkosti povrchu země ve vakuu. Jeto rovnoměrně zrychlený pohyb s nulovou počáteční rychlostí a **tíhovým zrychlením g**, které směřuje vždy svisle dolů:

$$\mathbf{v = g * t \qquad s = 1/2 * g * t^2 \qquad g = 9{,}81\ ms^{-1}}$$

Př.: Těleso o hmotnosti 26 kg se pohybuje rovnoměrně zrychleně přímočarým pohybem (v_0=0 m/s) a za první sekundu urazí 1 m. Jakou dráhu urazí za druhou sekundu? **(3 m)**
1=1/2*a*1 a=2 m/s s=1/2*2*2^2=4 m 4-1=3 m

Př.: Automobil se rozjíždí s konstantním zrychlením 4 m/s^2. Jak velkou rychlost (km/h) získá na dráze 50m? **(72 km/h)**
$50=1/2*4*t^2$ t=5s v=4*5=20 m/s = 72 km/h

Dynamika

Síly působící při rovnoměrně zrychleném přímočarém pohybu:
Podle 2. Newtonova pohybového zákona působí na těleso se stálým zrychlením stálá síla o velikosti: kde *m* je hmotnost, ***a*** je zrychlení.
Protože normálové zrychlení je nulové, musí mít výsledná síla stejný směr (bez ohledu na orientaci), jako rychlost pohybu, tedy působí v přímce pohybu. Má-li působící síla *stejnou orientaci* jako je směr pohybu, pak těleso *zrychluje*, má-li síla *orientaci opačnou* než pohybu, pak těleso *zpomaluje*.

Rovnoměrný pohyb po kružnici (**rotační**) je pohyb, při kterém je trajektorií kružnice a velikost rychlosti se nemění. Jedná se o speciální případ obecného pohybu po kružnici.

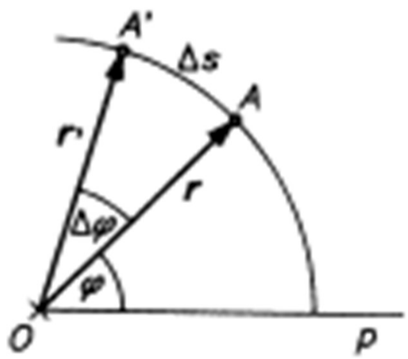
Dráha při rovnoměrném pohybu po kružnici:
Obvodová dráha *s* je vzdálenost (délka oblouku kružnice), kterou urazí těleso během pohybu po obvodu kružnice.

$\boldsymbol{s = v * t}$, kde *v* je obvodová rychlost, *t* je čas

Úhlová dráha *φ* je úhel v radiánech, který urazí průvodič tělesa během pohybu.

$\boldsymbol{\varphi = \omega * t}$, kde *ω* je úhlová rychlost, *t* je čas

Mezi úhlovou dráhou a obvodovou dráhou je vztah: $\boldsymbol{\varphi = s / r}$, kde *r* je poloměr kružnice.
Víme, že platí $\boldsymbol{s = 2 * \pi * r}$, *tedy* $\boldsymbol{\varphi = 2*\pi*r/r}$ *rad, tj. 360°, což odpovídá 2π radiánů*



Rychlost při rovnoměrném pohybu po kružnici:
Obvodová rychlost *v* je rychlost pohybu po obvodu kružnice

$\boldsymbol{v}$ **= konst.**

$\boldsymbol{v = s / t}$, kde *s* je obvodová dráha, *t* je čas

Úhlová rychlost *ω* je rychlost průvodiče tělesa

$\boldsymbol{\omega}$ **= konst.**

$\boldsymbol{\omega = \varphi / t}$, kde *φ* je úhlová dráha, *t* je čas

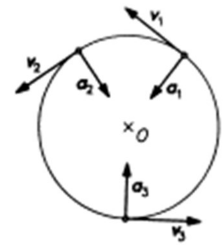
Vztah mezi úhlovou rychlostí a obvodovou rychlostí: $\boldsymbol{\omega = v / r}$, kde *r* je poloměr kružnice.

Zrychlení při rovnoměrném pohybu po kružnici:
Při rovnoměrném pohybu po kružnici se nemění velikost rychlosti, ale neustále se mění směr rychlosti. Tuto změnu v čase vyjadřuje dostředivé zrychlení a_d, jehož směr je do středu kružnice. Jiné zrychlení u rovnoměrného pohybu po kružnici není.
$\boldsymbol{a_d = v^2 / r}$, nebo $\boldsymbol{a_d = \omega^2 * r}$ (nebo $\boldsymbol{4*\pi^2*r/T^2}$, ***resp.*** $\boldsymbol{4*\pi^2*r*f^2}$), kde *v* je obvodová rychlost, *ω* je úhlová rychlost, *r* je poloměr kružnice

Perioda a frekvence
Perioda vyjadřuje dobu, za kterou těleso opíše kružnici právě jednou. Frekvence určuje počet kružnic, které těleso urazí za jednotku času.
Perioda $\boldsymbol{T = 2 * \pi / \omega}$ nebo $\boldsymbol{T = 2 * \pi * r / v}$
Frekvence $\mathbf{f = 1 / T}$ nebo $\boldsymbol{f = \omega / 2 * \pi}$ nebo $\boldsymbol{f = v / 2 * \pi * r}$, kde *ω* je úhlová rychlost, *v* je obvodová rychlost, *r* je poloměr kružnice

Rovnoměrný pohyb po kružnici má v praxi velké využití:

- kolo automobilu
- ventilátory
- hodinové ručičky
- měření rychlosti proudění vzduchu
- rotační generátory



Síly působící při rovnoměrném pohybu po kružnici
Dostředivé zrychlení je vyvoláno dostředivou silou, jejíž směr je do středu kružnice a jejíž velikost se nemění. Z 2. Newtonova pohybového zákona je velikost dostředivé síly

$F_d = m * \omega^2 * r$

nebo

$F_d = m * v^2 / r$,

kde *m* je hmotnost hmotného bodu, *ω* je úhlová rychlost, *v* je obvodová rychlost, *r* je poloměr kružnice.
Dostředivá síla má svou reakci v odstředivé setrvačné síle, jejíž velikost je stejná jako velikost dostředivé síly, ale působí směrem od středu kružnice.

Rovnoměrně zrychlený (zpomalený) pohyb po kružnici je pohyb, při kterém je trajektorií kružnice a velikost rychlosti se mění přímo úměrně s časem. Jedná se o případ pohybu po kružnici, kdy *obvodové* nebo úhlové zrychlení je stálé.

Dráha při rovnoměrně zrychleném pohybu po kružnici:
<u>Obvodová dráha *s*</u> je vzdálenost (délka oblouku kružnice), kterou urazí těleso během pohybu po obvodu kružnice.

$\boldsymbol{s = s_0 + v_0 * t + 1/2\, a * t^2}$, kde *a* je obvodové zrychlení, *t* je čas

<u>Úhlová dráha *φ*</u> je úhel, který urazí průvodič tělesa během pohybu.

$\boldsymbol{\varphi = 1\, \varphi + \omega_0 * t + 1/2\, \varepsilon * t^2}$, kde *ε* je úhlové zrychlení, *t* je čas

Mezi úhlovou dráhou a obvodovou dráhou je vztah: $\boldsymbol{\varphi = s / r}$, kde *r* je poloměr kružnice.
Rychlost při rovnoměrně zrychleném pohybu po kružnici:
<u>Obvodová rychlost *v*</u> je rychlost pohybu po obvodu kružnice

$\boldsymbol{v = v_0 + a * t}$, kde *a* je obvodové zrychlení, *t* je čas

<u>Úhlová rychlost *ω*</u> je rychlost průvodiče tělesa

$\boldsymbol{\omega = \omega_0 + \varepsilon * t}$, kde *ε* je úhlové zrychlení, *t* je čas

Vztah mezi úhlovou rychlostí a obvodovou rychlostí: $\boldsymbol{\omega = v / r}$, kde *r* je poloměr kružnice.

Zrychlení při rovnoměrně zrychleném pohybu po kružnici:
Změnu velikosti obvodové rychlosti v čase vyjadřuje obvodové zrychlení *a*

$\boldsymbol{a = \text{konst.}}$

$\boldsymbol{a = v / t}$, kde *v* je obvodová rychlost, *t* je čas

Změnu úhlové rychlosti v čase vyjadřuje úhlové zrychlení *ε*

$\boldsymbol{\varepsilon = \text{konst.}}$

$\boldsymbol{\varepsilon = \omega / t}$, kde *ω* je úhlová rychlost, *t* je čas

Vztah mezi obvodovým a úhlovým zrychlením: $\boldsymbol{\varepsilon = a / r}$, kde *r* je poloměr kružnice
Změnu směru rychlosti v čase vyjadřuje dostředivé zrychlení a_d, jehož směr je do středu kružnice. Protože rychlost se mění, mění se i dostředivé zrychlení.

a_d = v^2 / r, nebo ***a_d = ω^2 . r***, kde *v* je obvodová rychlost, *ω* je úhlová rychlost, *r* je poloměr kružnice

Perioda i frekvence se u rovnoměrně zrychleného pohybu po kružnici mění.

Síly působící při rovnoměrně zrychleném pohybu po kružnici:
Dostředivé zrychlení je vyvoláno dostředivou silou F_d, jejíž směr je do středu kružnice a jejíž velikost se mění podle změny rychlosti.

$$F_d = m \cdot \omega^2 \cdot r$$

nebo

$$F_d = m \cdot v^2 / r ,$$

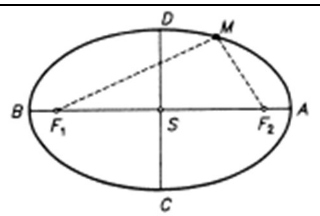
kde *m* je hmotnost, *ω* je úhlová rychlost, *v* je obvodová rychlost, *r* je poloměr kružnice. Dostředivá síla má svou reakci v odstředivé setrvačné síle, jejíž velikost je stejná jako velikost dostředivé síly, ale působí směrem od středu kružnice.
Stálé obvodové zrychlení je vyvoláno stálou silou *F* působící ve směru tečny ke kružnici (ve směru stejném nebo opačném jako je směr obvodové rychlosti).

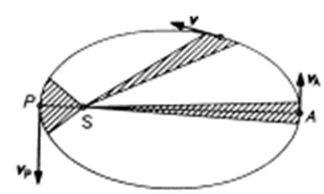
F = m . a , kde *m* je hmotnost, *a* je obvodové zrychlení

Dalšími v praxi běžnými pohyby jsou *rovnoměrně zrychlený pohyb po kružnici*, kde se kromě dostředivého zrychlení musí uvažovat i tečné, a *pohyb po elipse*, kterým obíhají planety kolem Slunce a družice přirozené i umělé kolem planet. Pohyby po elipse se řídí **Keplerovými zákony**:

1. Planety se pohybují kolem Sluce po elipsách málo odlišných od kružnic, v jejichž společném ohnisku je Slunce.
2. Obsahy ploch opsaných průvodičem planety za jednotku času jsou konstantní.
3. Poměr druhých mocnin oběžných dob dvou planet se rovná poměru třetích mocnin hlavních poloos jejich trajektorií.

$$\frac{T_1^2}{T_2^2} = \frac{a_1^3}{a_2^3} \approx \frac{r_1^3}{r_2^3}$$





Na obrázku vlevo je elipsa. Bod M je bod elipsy. Body F_1 a F_2 jsou **ohniska**, body A, B, C a D jsou vrcholy elipsy. Úsečky AS a BS jsou **hlavní poloosy a**. Obrázek vpravo je grafické znázornění druhého Keplerova zákona.

Ostatní zdroje: http://radek.jandora.sweb.cz/f01.htm
http://www.priklady.eu/cs/Fyzika/Kinematika.alej
http://fyzika.jreichl.com/main.article/view/4-kinematika
https://cs.wikipedia.org/wiki/Kinematika
https://cs.wikipedia.org/wiki/Přímočarý_pohyb#Rovnoměrný_přímočarý_pohyb
https://cs.wikipedia.org/wiki/Rovnoměrný_pohyb_po_kružnici