MECHANIKA

KLASICKÁ MECHANIKA

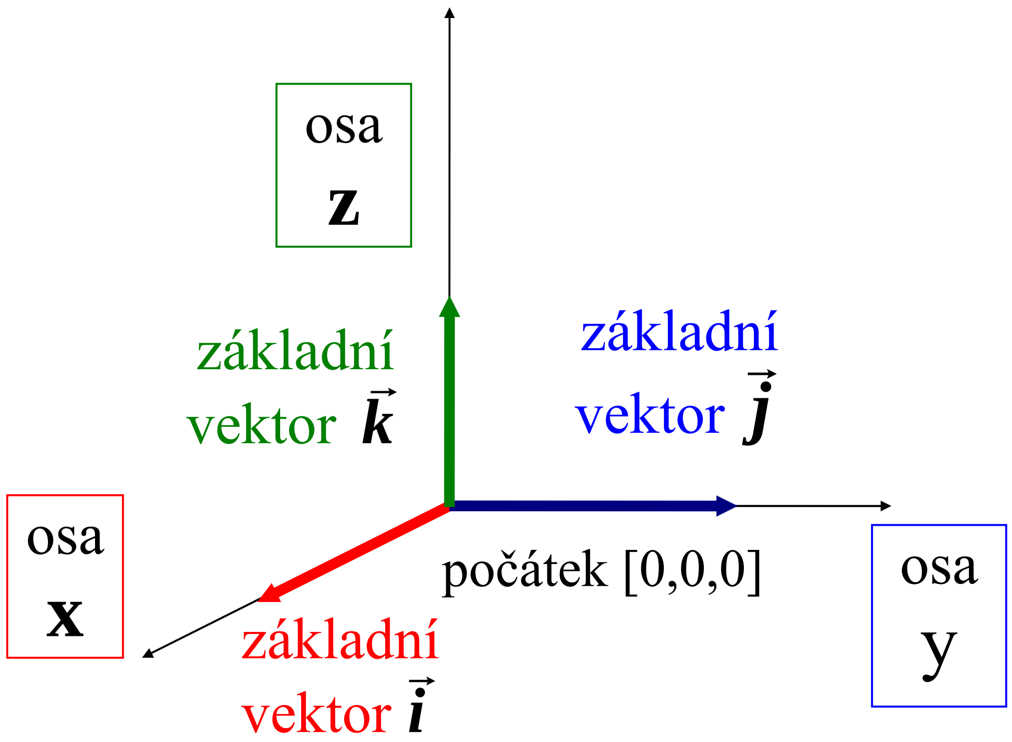
Předmětem mechaniky – *matematický popis mechanického pohybu* v prostoru a v čase a jeho příčiny.

Klasická mechanika – rychlosti těles jsou mnohem menší než rychlost světla ve vakuu

$$\boxed{c = 3 \cdot 10^8 \ \mathrm{m \cdot s^{-1}}}$$

Mechanický pohyb – změna vzájemné polohy těles v prostoru a čase. Pohyb je relativní – nutno udat <u>vztažné těleso</u> (vztažnou soustavu).

Kartézský souřadný systém



Vztažné soustavy

- ✓ pravoúhlá (kartézská) – souřadnice x, y, z
- ✓ polární: poloměr r, úhel φ
- ✓ cylindrická (válcová): poloměr r, úhel φ , souřadnice z
- ✓ sférická (kulová): poloměr r, úhel φ , úhel ϑ

Nejčastěji se používá tzv. **laboratorní soustava**

tj. pravotočivá kartézská soustava pevně spojená se Zemí).

MECHANIKA

Popis pohybu v prostoru a čase bez uvažování příčin pohybu

KINEMATIKA

Studium příčin pohybu a jeho změn

DYNAMIKA

Zvláštní část mechaniky:

STATIKA

(pohyb nenastává)

KINEMATIKA

Idealizace ***Hmotný bod*** (HB – fiktivní objekt)

- ✓ rozměry tělesa jsou v daných souvislostech zanedbatelně malé (lze je zanedbat vzhledem např. k uražené dráze)
- ✓ rotační pohyb lze zanedbat
- ✓ těleso nepodléhá deformaci

Abychom mohli jednoznačně určit polohu tělesa a změnu této polohy, musíme znát v každém okamžiku základní kinematické veličiny, tj. jeho

- ✓ polohu (polohový vektor $\vec{r}$)
- ✓ rychlost $\vec{v}$,
- ✓ zrychlení $\vec{a}$

Základní kinematické veličiny

① (okamžitý) polohový vektor $\vec{r}$

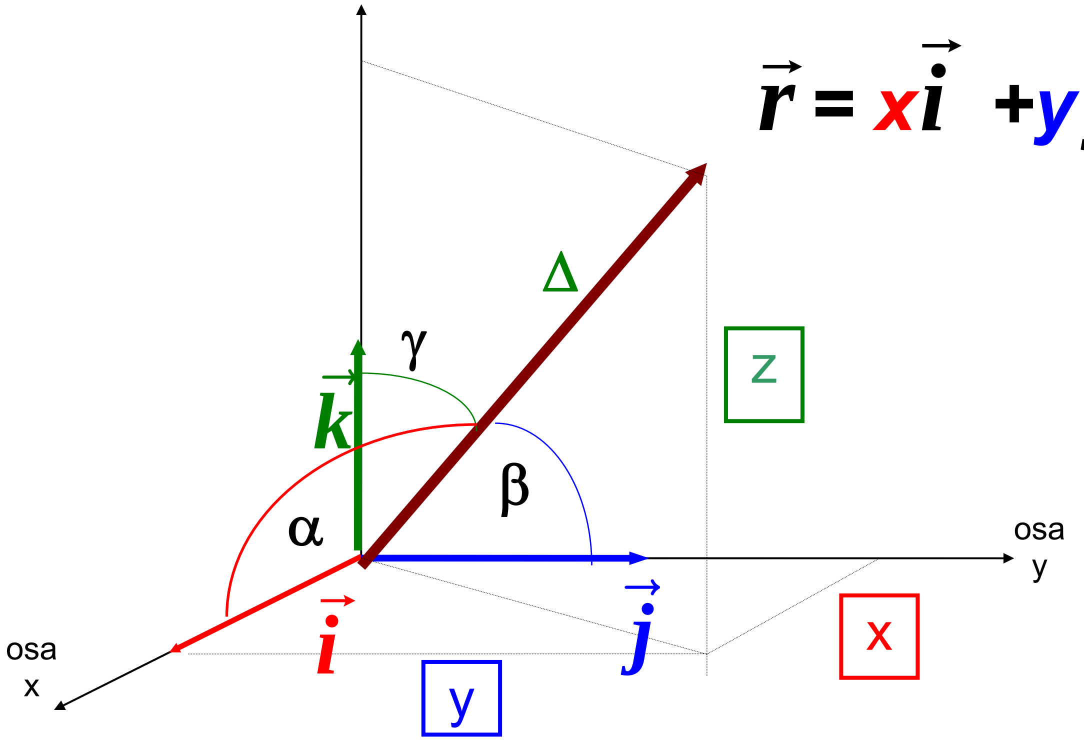
② okamžitá rychlost $\vec{v}$

③ okamžité zrychlení $\vec{a}$

Vedlejší kinematické veličiny

④ vektor elementárního úhlového otočení
⑤ vektor úhlové rychlosti
⑥ vektor úhlového zrychlení

① Polohový vektor Definice



$$\vec{r} = x\vec{i} + y\vec{j} + z\vec{k}$$

Velikost polohového vektoru $$\boxed{r = |\vec{r}| = \sqrt{x^2 + y^2 + z^2}}$$

Směrové kosiny polohového vektoru – $\cos\alpha,\ \cos\beta,\ \cos\gamma$

Pro směrové kosiny platí

$$\cos\alpha = \frac{x}{|\vec{r}|}, \quad \cos\beta = \frac{y}{|\vec{r}|}, \quad \cos\gamma = \frac{z}{|\vec{r}|}$$

přičemž

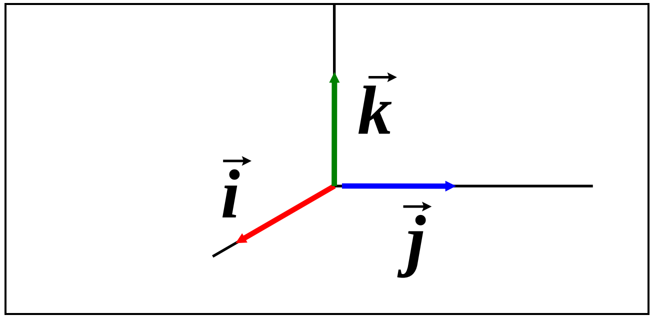
$$\boxed{\cos^2\alpha + \cos^2\beta + \cos^2\gamma = 1}\ .$$

Základní vektory

$$\vec{i} = (1, 0, 0)$$

$$\vec{j} = (0, 1, 0)$$

$$\vec{k} = (0, 0, 1)$$

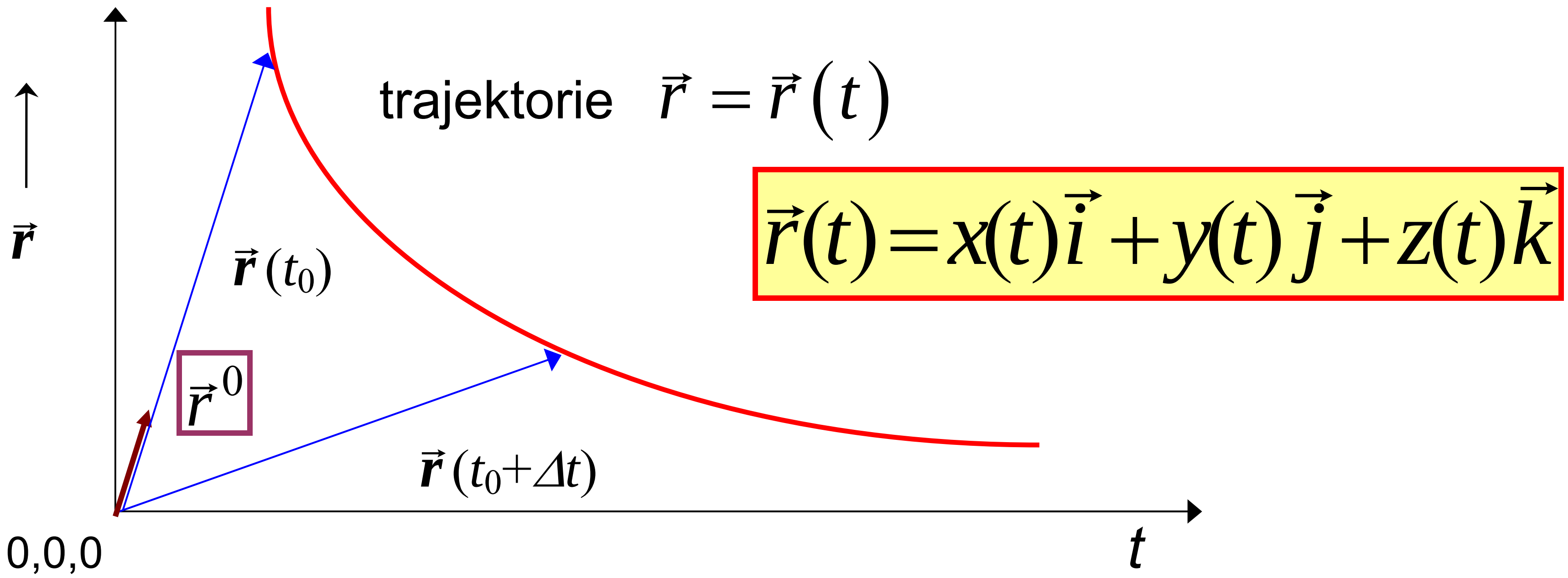


Vektor $\vec{i}$: $\cos\alpha = 1$, $\cos\beta = 0$, $\cos\gamma = 0$

Vektor $\vec{j}$: $\cos\alpha = 0$, $\cos\beta = 1$, $\cos\gamma = 0$

Vektor $\vec{k}$: $\cos\alpha = 0$, $\cos\beta = 0$, $\cos\gamma = 1$

Trajektorie – množina koncových bodů polohového vektoru – znázorněna červeně. Délka trajektorie – **dráha** $s = s(t)$.



Polohový vektor $\vec{r}$: **počátek** vždy v počátku soustavy souřadnic,
konec na trajektorii ve sledovaném bodě.
Může se „natáhnout“ na neomezenou délku.

Jednotkou dráhy i velikosti polohového vektoru je metr (m).

Parametrické rovnice trajektorie

	$\boxed{\begin{aligned} x &= x(t) \\ y &= y(t) \\ z &= z(t) \end{aligned}}$	**například:**	$\boxed{\begin{aligned} x &= 2t \\ y &= 3t^2 \\ z &= 4t \end{aligned}}$

Vyloučením času (tj. parametru) obdržíme tvar křivky $y = f(x, z)$, po které se HB pohybuje.

Okamžitou polohu HB můžeme tedy popsat třemi skalárními rovnicemi, nebo jednou vektorovou

$\boxed{\vec{r}(t) = x(t)\,\vec{i} + y(t)\,\vec{j} + z(t)\,\vec{k}}$	**například:**	$\boxed{\vec{r}(t) = 2t\,\vec{i} + 3t^2\,\vec{j} + 4t\,\vec{k}}$

Příklad 1

Polohový vektor tělesa v pohybu je dán vztahem

$$\vec{r}(t) = (3{,}6\ \ t + 4{,}2)\vec{i} + (5{,}4\ \ t)\vec{j}\ \ \text{[SI]}.$$

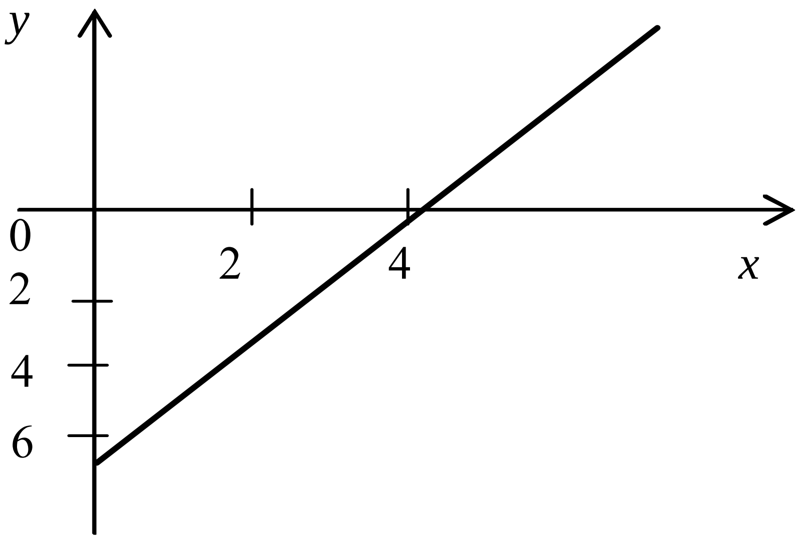
Určete tvar trajektorie.

Řešení:

Pohyb se děje v rovině *xy*. Složky polohového vektoru jsou

(1) $x = 3{,}6t + 4{,}2$

(2) $y = 5{,}4t$



Z rovnice (1) vyjádříme čas: $t = \dfrac{x - 4{,}2}{3{,}6}$

a dosadíme do rovnice (2).

Po úpravě obdržíme: $\underline{\underline{y = 1{,}5x - 6{,}3}}$.

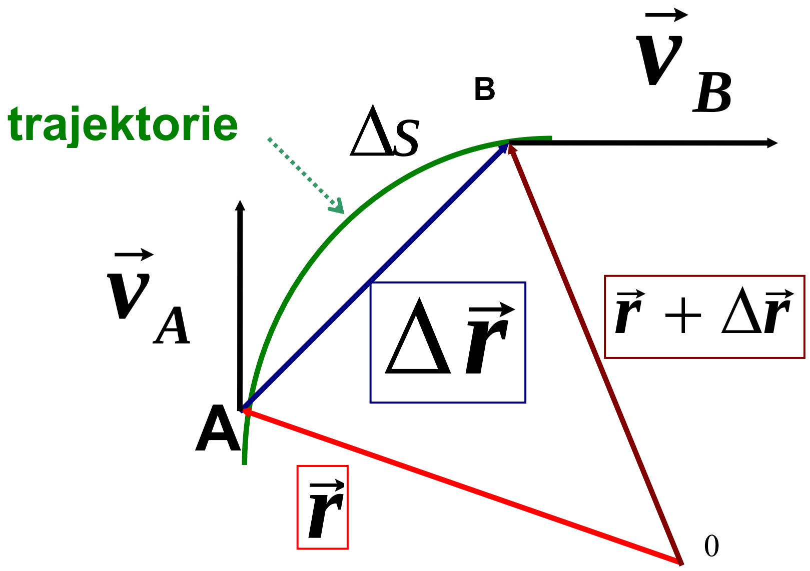
To je rovnice přímky, jejíž směrnice je 1,5.

Úsek na ose *y* je - 6,3 m.

② Okamžitá rychlost Definice

$$\vec{v} = \frac{d\vec{r}}{dt} = \dot{\vec{r}}$$

Okamžitá rychlost je derivace polohového vektoru podle času



Δs = délka oblouku

Střední rychlost $\vec{v}_{AB}$ mezi body A, B

$$\left|\vec{v}_{AB}\right| = \frac{\Delta s}{\Delta t} \approx \frac{\left|\Delta\vec{r}\right|}{\Delta t}$$

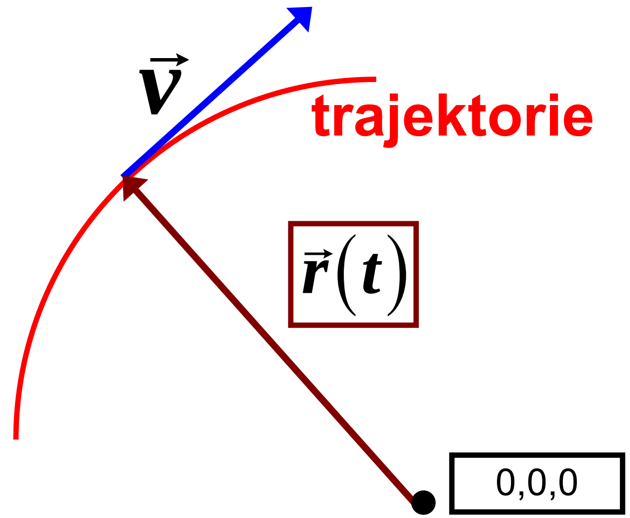
Limitní přechod: B → A, potom $\Delta t \to 0$,

střední rychlost $\vec{v}_{AB}$ $\longrightarrow$ **okamžitá rychlost** $\vec{v}$

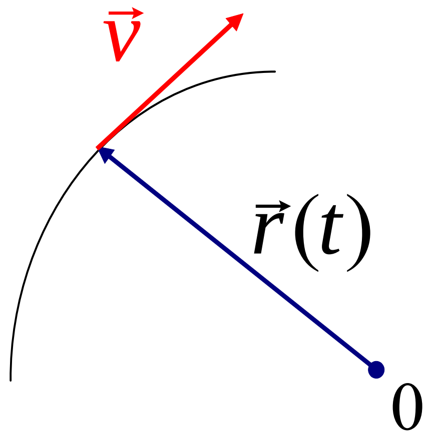
$$\boxed{\vec{v} = \lim_{\Delta t \to 0} \vec{v}_{AB} = \lim_{\Delta t \to 0} \frac{\Delta \vec{r}}{\Delta t} = \frac{d\vec{r}}{dt} = \dot{\vec{r}}}$$

Okamžitá rychlost je derivace polohového vektoru podle času

$$\boxed{\vec{v} = \left(v_x, v_y, v_z\right) = \left(\dot{x}, \dot{y}, \dot{z}\right)}$$



Vektor rychlosti má směr tečny ke trajektorii a jeho orientace odpovídá rostoucím hodnotám času *t* .



Vektor okamžité rychlosti má tedy směr tečny a jeho velikost má význam dráhy uražené za jednotku času.

Složky vektoru rychlosti:

$$\vec{v} = \frac{\mathrm{d}}{\mathrm{d}t}(x\vec{i} + y\vec{j} + z\vec{k}) = \frac{\mathrm{d}x}{\mathrm{d}t}\vec{i} + \frac{\mathrm{d}y}{\mathrm{d}t}\vec{j} + \frac{\mathrm{d}z}{\mathrm{d}t}\vec{k} = \underline{\underline{v_x\vec{i} + v_y\vec{j} + v_z\vec{k}}} \ ,$$

velikost rychlosti

$$\boxed{v = |\vec{v}| = \sqrt{v_x^2 + v_y^2 + v_z^2}} \ .$$

Jednotkou rychlosti je metr za sekundu ($\mathrm{m.s^{-1}}$)

Pozn.

Sledujme pouze velikosti okamžité rychlosti :

$$v = \left|\vec{v}\right| = \left|\frac{d\vec{r}}{dt}\right| = \frac{\overbrace{\left|d\vec{r}\right|}^{ds}}{dt} = \frac{ds}{dt} = \dot{s}$$

tedy : $\vec{v} = \dfrac{d\vec{r}}{dt} = \dot{\vec{r}}$ **ale** $v = \dfrac{ds}{dt} = \dot{s}$

Příklad 2

Poloha elektronu je dána vztahem $\vec{r} = 3{,}0t\,\vec{i} - 4{,}0t^2\,\vec{j} + 2{,}0\vec{k}$. a) Určete časovou závislost rychlosti elektronu $\vec{v}(t)$. b) Jakou rychlost má elektron v okamžiku *t* = 2,0 s? Výsledek zapište pomocí jednotkových vektorů. c) Určete velikost rychlosti v tomto okamžiku.

Řešení:

a) Časovou závislost rychlosti elektronu $\vec{v}(t)$ získáme derivací polohového vektoru $\vec{r}$

$$\vec{v}(t) = \frac{\mathrm{d}}{\mathrm{d}t}(3{,}0t\,\vec{i} - 4{,}0t^2\,\vec{j} + 2{,}0\,\vec{k})\ \mathrm{m.s^{-1}} = \underline{\underline{(3{,}0\,\vec{i} - 8{,}0t\,\vec{j})\ \ \mathrm{m.s^{-1}}}}$$

b) V čase $t = 2$ s má elektron rychlost

$$\vec{v}_{(t=2)} = 3{,}0\,\vec{i} - (8{,}0 \cdot 2{,}0)\,\vec{j} = \underline{\underline{(3{,}0\,\vec{i} - 16{,}0\,\vec{j})\ \ \mathrm{m.s^{-1}}}}$$

c) Velikost rychlosti elektronu v čase $t = 2$ s

$$|\vec{v}| = v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2} = \sqrt{3{,}0^2 + 16{,}0^2} = \underline{\underline{16\ \ \mathrm{m.s^{-1}}}}$$

Typické hodnoty některých rychlostí $|\vec{v}|$

Šíření elektromagnetických vln ve vakuu	3×10^{8} m/s
Orbitální rotace Země kolem Slunce	$29{,}8\times10^{3}$ m/s
Zvuk ve vzduchu	332 m/s
Automobil na dálnici	45 m/s
Lidská chůze (průměrná hodnota)	1,2 m/s
Vodivostní elektron v kovu (v_{drift})	$\approx$ 0,001 m/s

③ Okamžité zrychlení

Mění-li vektor rychlosti buď velikost nebo směr (případně obojí najednou), pak říkáme, že se těleso pohybuje se zrychlením.

Změna vektoru rychlosti v čase $\rightarrow$ okamžité zrychlení

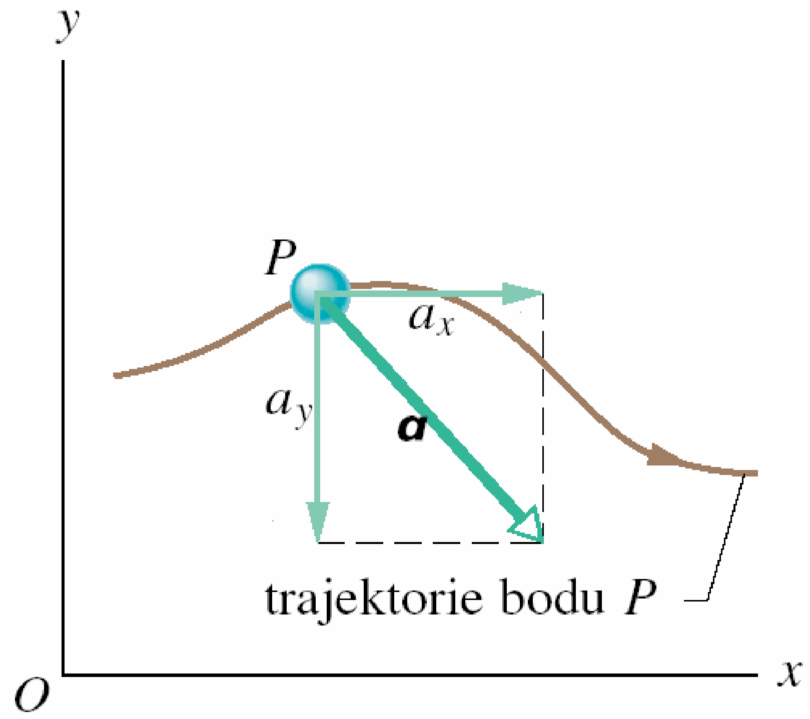
$$\boxed{\vec{a} = \frac{d\vec{v}}{dt} = \dot{\vec{v}}} \quad \Rightarrow \quad \vec{a} = \frac{d\vec{v}}{dt} = \frac{d}{dt}\frac{d\vec{r}}{dt} = \frac{d^2\vec{r}}{dt^2} = \dot{\vec{v}} = \ddot{\vec{r}}$$

$$\vec{a} = a_x\vec{i} + a_y\vec{j} + a_z\vec{k}, \quad \text{kde} \quad a_x = \dot{v}_x,\ a_y = \dot{v}_y,\ a_z = \dot{v}_z\,.$$

nebo jinak $$\boxed{\vec{a} = \frac{\mathrm{d}\vec{v}}{\mathrm{d}t} = \frac{\mathrm{d}}{\mathrm{d}t}\left(v_x\vec{i} + v_y\vec{j} + v_z\vec{k}\right) = \frac{\mathrm{d}v_x}{\mathrm{d}t}\vec{i} + \frac{\mathrm{d}v_y}{\mathrm{d}t}\vec{j} + \frac{\mathrm{d}v_z}{\mathrm{d}t}\vec{k}}$$

Jednotkou zrychlení je (m.s^{-2}).

Vektor zrychlení nemá při pohybu částice po své trajektorii žádný význačný nebo specifický směr.



Obecně

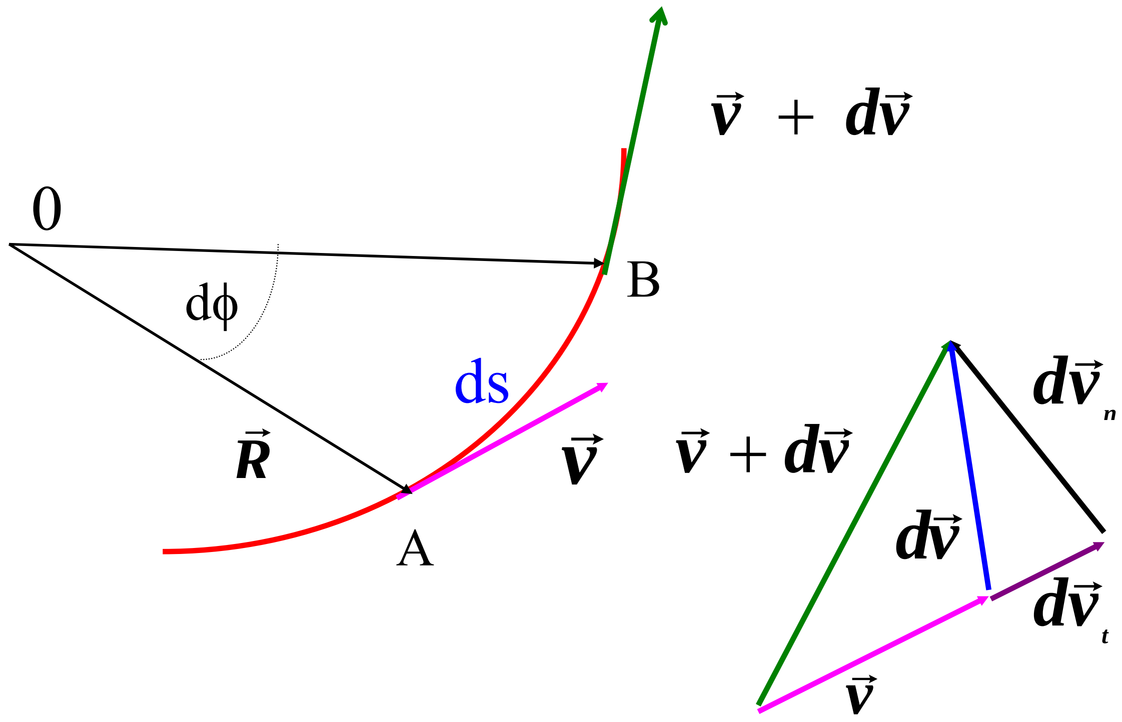
$$\boxed{\vec{a} = a_x\vec{i} + a_y\vec{j} + a_z\vec{k}}$$

Obr.: **Rozklad okamžitého zrychlení při pohybu částice v rovině *xy***

$$\boxed{\vec{a} = a_x\vec{i} + a_y\vec{j}}$$

Uděláme rozklad vektoru zrychlení $\vec{a}$ do dvou jiných, také navzájem kolmých ale mnohem názornějších směrů.

Zvolíme směr tečny k trajektorii a směr kolmice (normály) k této tečně. Tato normála směřuje do středu oblouku, který trajektorie v bodě P tvoří.



Vektor $d\vec{v}$
nemá žádný specifický směr
ve vztahu k polohovému vektoru $\vec{R}$

Jestliže se **mění** :	pak vektor $d\vec{v}$ má směr :
pouze **velikost** rychlosti $\vec{v}$	**tečny** k trajektorii $\Rightarrow$ **tečné zrychlení** $\vec{a}_t$
pouze **směr** rychlosti $\vec{v}$,	**normály** k trajektorii $\Rightarrow$ **normálové zrychlení** $\vec{a}_n$

Zrychlení

Změna jen velikosti rychlosti

tečné zrychlení

$\vec{a}_t$

Změna jen směru rychlosti

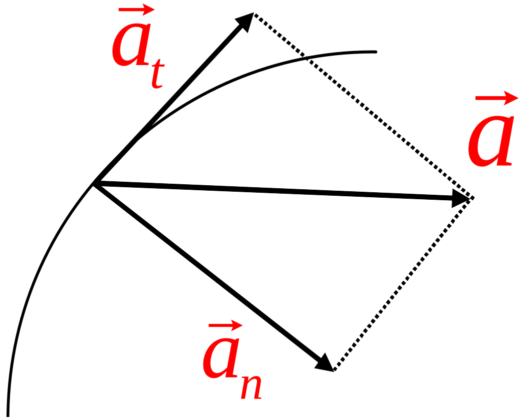
normálové zrychlení

$\vec{a}_n$

Obě změny současně

$$\vec{a} = \vec{a}_n + \vec{a}_t$$

Obecný (křivočarý) pohyb



$\vec{a}_t$ – tečné zrychlení, $\vec{a}_n$ – normálové zrychlení

Celkové zrychlení je dáno vztahem

$$\boxed{\vec{a} = \vec{a}_t + \vec{a}_n}$$

velikost zrychlení je

$$\boxed{a = \sqrt{a_t^{\,2} + a_n^{\,2}}}$$

velikosti složek

$$\boxed{a_t = \frac{\mathrm{d}v}{\mathrm{d}t}} \qquad \boxed{a_n = \frac{v^2}{R}}$$

kde R je poloměr **oskulační kružnice**.

<u>Shrnutí</u>

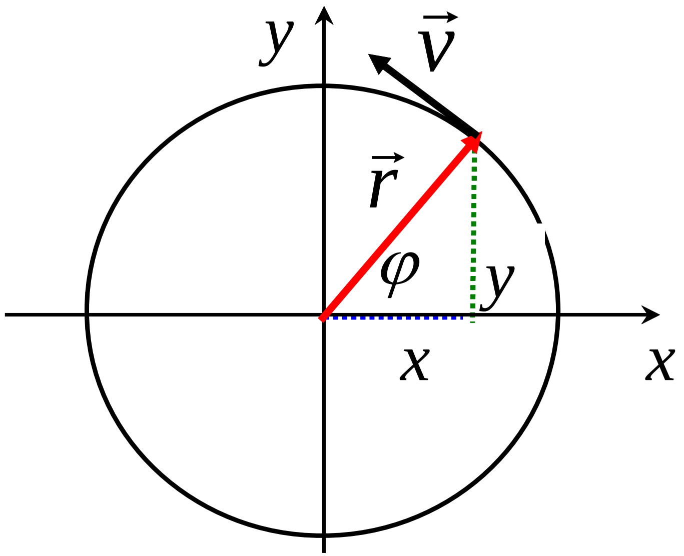
- ✓ rychlost má směr tečny k trajektorii
- ✓ tečná složka zrychlení a_t určuje změnu velikosti rychlosti za jednotku času
- ✓ normálová složka zrychlení a_n $(a_n \geq 0)$ závisí na poloměru křivosti dráhy

  $\Rightarrow$ souvisí se změnou směru pohybu. Směřuje do středu křivosti dráhy, takže i celkové zrychlení $\vec{a}$ směřuje dovnitř zakřivení.

Je-li zrychlení $\vec{a} \neq \vec{0}$ a

- ✓ *mění se **jen velikost** rychlosti, pak* $\boxed{\vec{a} = \vec{a}_t}$
- ✓ *mění se **jen směr** rychlosti, pak* $\boxed{\vec{a} = \vec{a}_n}$
- ✓ *mění se **velikost i směr** rychlosti, pak* $\boxed{\vec{a} = \vec{a}_t + \vec{a}_n}$

Kruhový pohyb – pohyb v rovině – 2D problém



Pro popis tohoto pohybu jsou vhodné

polární souřadnice:

$$r\ (= konst.)$$ a $$\varphi(t)$$

Vztah k souřadnicím kartézským

$$x = r\cos\varphi$$

$$y = r\sin\varphi$$

Polohový vektor

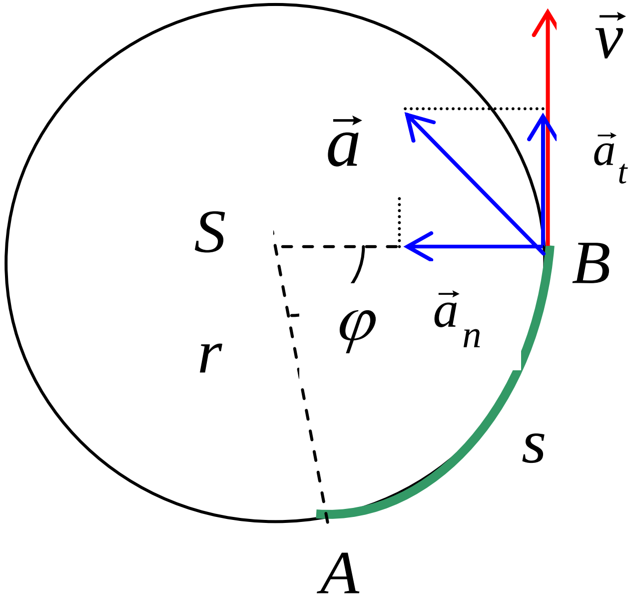
$$\boxed{\vec{r} = x\vec{i} + y\vec{j} = \left(r\cos\varphi\right)\vec{i} + \left(r\sin\varphi\right)\vec{j}}$$

Rovnoměrný pohyb kruhový – úhlová dráha φ narůstá rovnoměrně

s časem $\boxed{\varphi = \omega t}$ (ω je velikost úhlové rychlosti otáčení)

Polohový vektor:

$$\boxed{\vec{r}(t) = \left(r\cos\omega t\right)\vec{i} + \left(r\sin\omega t\right)\vec{j}}$$



Délka oblouku *s*: $\boxed{s = r\varphi}$

Obvodová rychlost $\vec{v}$:

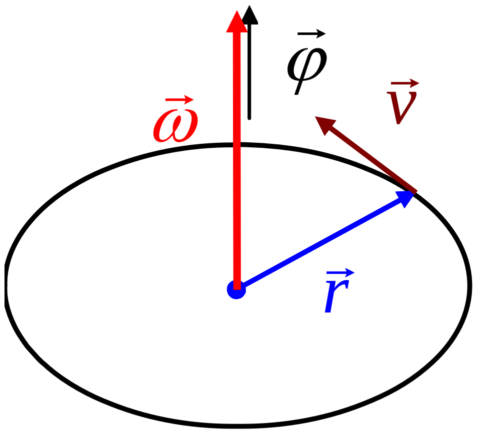
$$\vec{v} = \frac{\mathrm{d}\vec{r}}{\mathrm{d}t} = \left[\left(-r\omega \sin \omega t\right)\vec{i} + \left(r\omega \cos \omega t\right)\vec{j}\right]$$

Její velikost:

$$v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2} = \sqrt{r^2\omega^2 \sin^2 \varphi + r^2\omega^2 \cos^2 \varphi}$$

$$\boxed{v = r\omega}\,.$$

Vektorově



$$\boxed{\vec{\omega} = \frac{\mathrm{d}\vec{\varphi}}{\mathrm{d}t}}, \qquad \boxed{\vec{v} = \vec{\omega} \times \vec{r}}$$

Obvodová rychlost $\vec{v}$ je vektor, který má směr tečny k trajektorii.

$$\boxed{\vec{v} \perp \vec{\omega} \perp \vec{r}}$$

Poznámka:

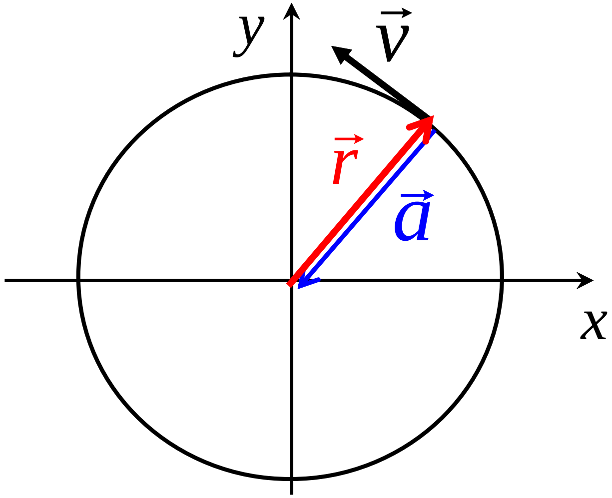
Při vektorovém popisu kruhového pohybu leží **vektory** veličin

- ✓ úhlová dráha $\vec{\varphi}$,
- ✓ úhlová rychlost $\vec{\omega}$
- ✓ úhlové zrychlení $\vec{\varepsilon}$

! v ose otáčení !

Zrychlení

$$\vec{a} = \frac{\mathrm{d}\vec{v}}{\mathrm{d}t} = \left[\left(-r\omega^2 \cos\omega t\right)\vec{i} + \left(-r\omega^2 \sin\omega t\right)\vec{j}\right]$$



$$\boxed{\vec{a} = -\omega^2\vec{r}}$$

Zrychlení $\vec{a}$ má směr do středu kružnice $\Longrightarrow$

název dostředivé zrychlení

Velikost zrychlení:

$a_n = r\omega^2 = \dfrac{v^2}{r}$ (poněvadž $v = \omega r$),

$a_t = 0$ (poněvadž velikost rychlosti = konst.)

Perioda = doba jednoho oběhu

Platí $\varphi = \omega t$.

Pro $t = T$ je $\varphi = 2\pi$. Po dosazení do předchozí rovnice obdržíme

$$\boxed{2\pi = \omega T \quad \Rightarrow \quad T = \frac{2\pi}{\omega}} \qquad [T] = \mathrm{s}$$

Frekvence (počet oběhů za sekundu) = převrácená hodnota periody

$$\boxed{f = \frac{1}{T}} \qquad [f] = \mathrm{s}^{-1} = \mathrm{Hz}$$

Spojením těchto rovnic dostaneme

$$\boxed{\omega = 2\pi f} \qquad [\omega] = \mathrm{s}^{-1}.$$

Základní druhy pohybů

přímočarý rovnoměrný $a_n = 0, \quad a_t = 0$

přímočarý rovnoměrně zrychlený (zpomalený) $a_n = 0, \; a_t = konst. \neq 0$

přímočarý nerovnoměrný $a_n = 0, \quad a_t \neq 0$

křivočarý rovnoměrný $a_n \neq 0, \quad a_t = 0$

kruhový rovnoměrný $a_n = konst. \neq 0, \quad a_t = 0$

křivočarý nerovnoměrný $a_n \neq 0, \; a_t \neq 0$

DVĚ ÚLOHY KINEMATIKY

1. úloha

Máme dán polohový vektor $\vec{r}(t)$, odtud

$$\vec{r} = \vec{r}(t) \xrightarrow{\text{derivace}} \vec{v} = \vec{v}(t) \xrightarrow{\text{derivace}} \vec{a} = \vec{a}(t)$$

Úloha je triviální a jednoznačná.

2. úloha

Známe vektor zrychlení $\vec{a}(t)$, odtud

$$\vec{a}(t) \xrightarrow{\text{integrace}} \vec{v} = \vec{v}(t) \xrightarrow{\text{integrace}} \vec{r} = \vec{r}(t)$$

Musíme znát počáteční (okrajové) podmínky.

Aplikace 2. úlohy

1) Pohyb s konstantním zrychlením (tj. přímočarý rovnoměrně zrychlený)

$$\boxed{\vec{a} = konst.} \qquad (1)$$

a) Hledáme rychlost

Z definice

$$\vec{a} = \frac{\mathrm{d}\vec{v}}{\mathrm{d}t} \quad \Rightarrow \quad \mathrm{d}\vec{v} = \vec{a}\,\mathrm{d}t \quad \Rightarrow \quad \vec{v} = \int \vec{a}\,\mathrm{d}t$$

(neurčitý integrál)

Po integraci obdržíme

$$\vec{v} = \vec{a}t + C_1,$$

kde C_1 je integrační konstanta (libovolná).

Pro $t = 0\ \mathrm{s}$ *pak*

$$\vec{v}(t=0) = \underbrace{\vec{a}t}_{=0} + C_1 \quad \Rightarrow \quad C_1 = \vec{v}_0$$

Konstanta C_1 má význam rychlosti v čase t = 0 s a vztah zapíšeme

$$\boxed{\vec{v} = \vec{a}t + \vec{v}_0} \qquad (2)$$

b) Hledáme polohový vektor $\vec{r}$.

$$\vec{v} = \frac{\mathrm{d}\vec{r}}{\mathrm{d}t} \quad \Rightarrow \quad \mathrm{d}\vec{r} = \vec{v}\,\mathrm{d}t \quad \Rightarrow \quad \vec{r} = \int \vec{v}\,\mathrm{d}t$$ (neurčitý integrál)

Po dosazení za $\vec{v}$ *z rovnice (2) a následné integraci dostaneme*

$$\vec{r} = \int \vec{v}\,\mathrm{d}t = \int \left(\vec{a}t + \vec{v}_0\right)\mathrm{d}t = \int \vec{a}t\,\mathrm{d}t + \int \vec{v}_0\,\mathrm{d}t = \frac{\vec{a}t^2}{2} + \vec{v}_0 t + C_2,$$

kde C_2 *je integrační konstanta (libovolná).*

Pro $t = 0\ \mathrm{s}$

$$\vec{r}(t=0) = \underbrace{\frac{1}{2}\vec{a}t^2}_{=0} + \underbrace{\vec{v}_0 t}_{=0} + C_2 \quad \Rightarrow \quad C_2 = \vec{r}_0$$

Konstanta C_2 *má význam polohového vektoru v čase t = 0 s a vztah zapíšeme*

$$\boxed{\vec{r} = \frac{1}{2}\vec{a}t^2 + \vec{v}_0 t + \vec{r}_0} \qquad (3)$$

2) Pohyb s konstantní rychlostí (tj. přímočarý rovnoměrný)

$$\boxed{\vec{v} = konst.}$$

Zrychlení je v tomto případě $\boxed{\vec{a} = 0}$ *, protože* $\vec{a} = \dfrac{\mathrm{d}\vec{v}_{konst}}{\mathrm{d}t} = 0$

Hledáme pouze polohový vektor $\vec{r}$.

$$\vec{v} = \frac{\mathrm{d}\vec{r}}{\mathrm{d}t} \quad \Rightarrow \quad \mathrm{d}\vec{r} = \vec{v}\,\mathrm{d}t \quad \Rightarrow \quad \vec{r} = \int \vec{v}\,\mathrm{d}t$$ (neurčitý integrál)

Po integraci obdržíme

$\vec{r} = \vec{v}t + C$, kde C je integrační konstanta (libovolná).

Pro $t = 0\ \mathrm{s}$ *pak*

$$\vec{r}(t=0) = \vec{r}_0 = \underbrace{\vec{v}t}_{0} + C \quad \Rightarrow \quad C = \vec{r}_0$$

Konstanta C má význam počáteční rychlosti tj.rychlosti v čase t = 0 s.
Pro polohový vektor dostáváme

$$\boxed{\vec{r} = \vec{v}t + \vec{r}_0}$$

Shrnutí Aplikace 2. úlohy

1) Pohyb s konstantním zrychlením (tj. přímočarý rovnoměrně zrychlený)

$\vec{a} = konst.$ $\qquad$ $\vec{v} = \vec{a}t + \vec{v}_0$ $\qquad$ $\vec{r} = \frac{1}{2}\vec{a}t^2 + \vec{v}_0 t + \vec{r}_0$

Protože jde o pohyb po přímce (1D) mají vektory $\vec{a}, \vec{v}, \vec{r}$ shodný směr a navíc platí $|\vec{r}| = s$, můžeme použít jen velikosti veličin

$a = konst.$ $\qquad$ $v = at + v_0$ $\qquad$ $s = \frac{1}{2}at^2 + v_0 t + s_0$

2) Pohyb s konstantní rychlostí (tj. přímočarý rovnoměrný)

$\vec{a} = 0$ $\qquad$ $\vec{v} = konst.$ $\qquad$ $\vec{r} = \vec{v}t + \vec{r}_0$

Analogicky pro velikosti veličin

$a = 0$ $\qquad$ $v = konst.$ $\qquad$ $s = vt + s_0$

Poznámky

- ✓ Pokud jsou vektory rovnoběžné $\vec{r} \parallel \vec{v} \parallel \vec{a}$ (ať už souhlasně nebo nesouhlasně), jedná se o pohyb přímočarý.
- ✓ Mají-li různý směr $\rightarrow$ křivočaré pohyby.
- ✓ Každá z vektorových rovnic (1), (2) a (3) se dá nahradit třemi skalárními rovnicemi.
- ✓ Rozklad pohybů do zvolených směrů (např. do směrů os *x*, *y*, *z*).
- ✓ Princip nezávislosti pohybů.
- ✓ Pohyb tělesa (hmotného bodu) v tíhovém Zemském poli (v prvním počítačovém cvičení)