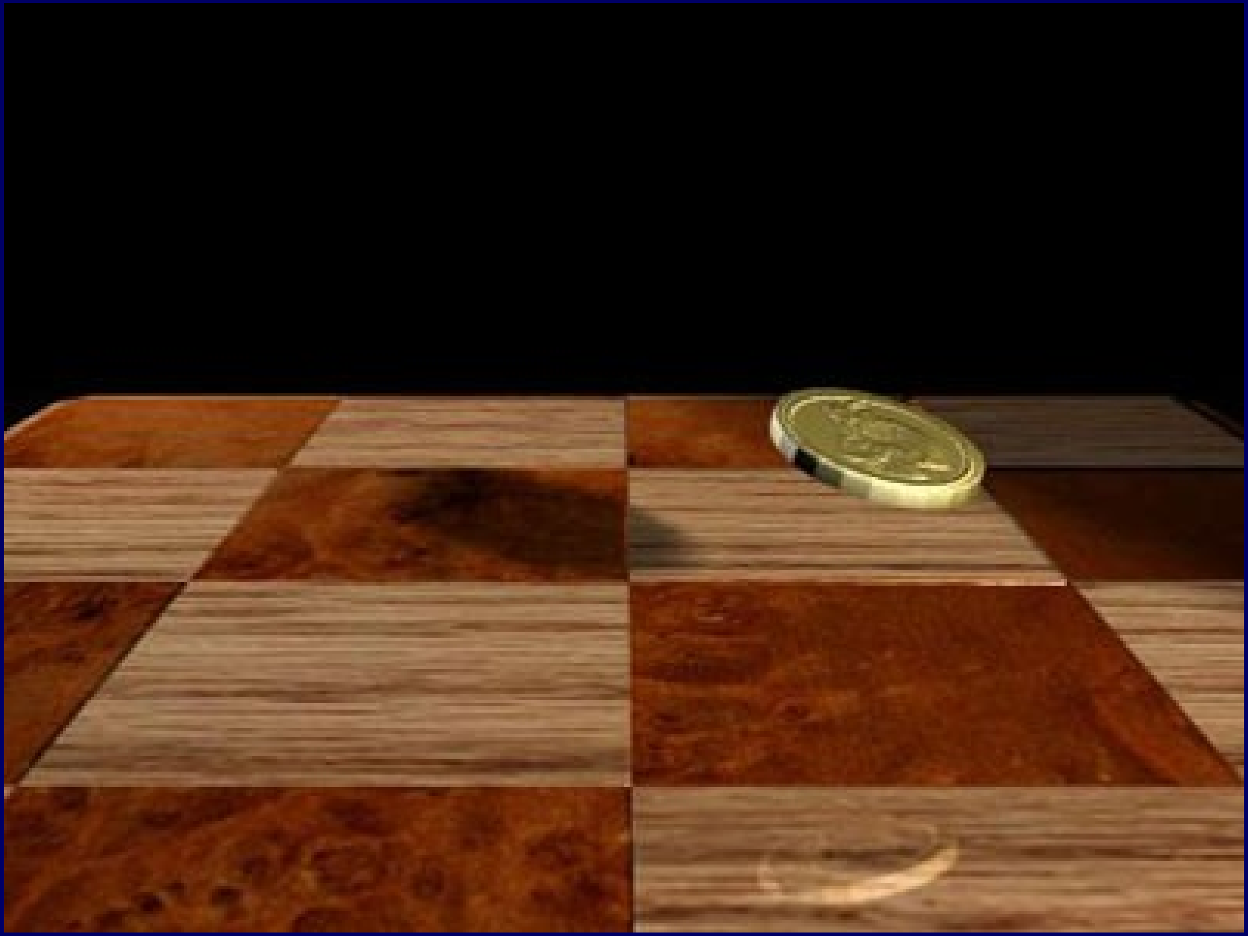
Kinematika hmotného bodu



1. MECHANICKÝ POHYB
    - Základní pojmy kinematiky
    - Relativnost klidu a pohybu
2. POLOHA HMOTNÉHO BODU
3. TRAJEKTORIE A DRÁHA HMOTNÉHO BODU
4. RYCHLOST HMOTNÉHO BODU
5. ZRYCHLENÍ HMOTNÉHO BODU
6. DRUHY MECHANICKÝCH POHYBŮ
7. ROVNOMĚRNÝ A NEROVNOMĚRNÝ POHYB
8. ROVNOMĚRNĚ ZRYCHLENÝ (ZPOMALENÝ) PŘÍMOČARÝ POHYB
    - Dráha rovnoměrně zrychleného pohybu
9. VOLNÝ PÁD
10. SKLÁDÁNÍ POHYBŮ A RYCHLOSTÍ
11. ROVNOMĚRNÝ POHYB PO KRUŽNICI
    - Zrychlení při pohybu po kružnici

KINEMATIKA

část MECHANIKY - oboru fyziky, který zkoumá zákonitosti mechanického pohybu těles

popisuje pohyby těles, ale nezkoumá, proč se tělesa pohybují

1. MECHANICKÝ POHYB

Základní pojmy kinematiky

Hmotný bod (HB) model tělesa, jehož hmotnost je rovna hmotnosti tohoto tělesa, ale jeho rozměry jsou zanedbány

Vztažná soustava (VS) soustava těles, ke kterým vztahujeme pohyb nebo klid hmotného bodu HB

Mechanický pohyb HB změna polohy hmotného bodu HB vzhledem ke zvolené vztažné soustavě VS v závislosti na čase

Klid HB stav hmotného bodu HB, při němž se jeho poloha vzhledem ke zvolené vztažné soustavě VS nemění

Relativnost klidu a pohybu

- Pohyb a klid těles je RELATIVNÍ ➡
  závislý na volbě vztažné soustavy VS

- Pohyb je základní vlastností všech hmotných objektů

- Absolutní klid neexistuje

2. POLOHA HMOTNÉHO BODU

POLOHA HB

prostorové umístění hmotného bodu HB vzhledem ke zvolené vztažné soustavě VS

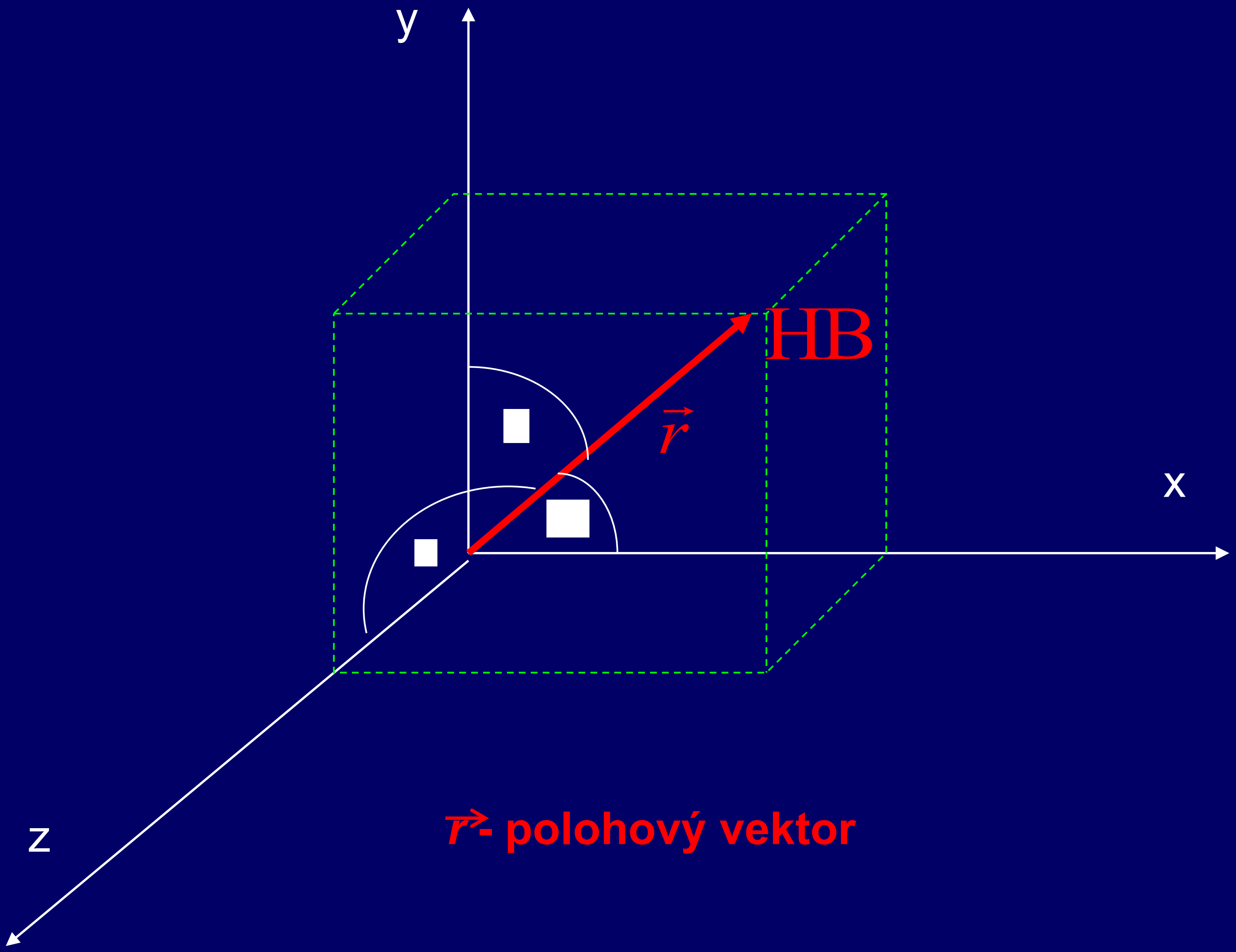
Určení polohy HB: **- souřadnicemi x, y, z ve zvolené VS**

- polohovým vektorem

POLOHOVÝ VEKTOR $\vec{r}$ **má počáteční bod v počátku soustavy souřadnic a koncový bod v daném místě zvolené vztažné soustavy VS**

- velikost $r = |\vec{r}| = \sqrt{x^2 + y^2 + z^2}$
- směr určíme pomocí směrových úhlů α, β, γ, které polohový vektor svírá s osami souřadnic

Poloha hmotného bodu HB v pravoúhlé soustavě souřadnic



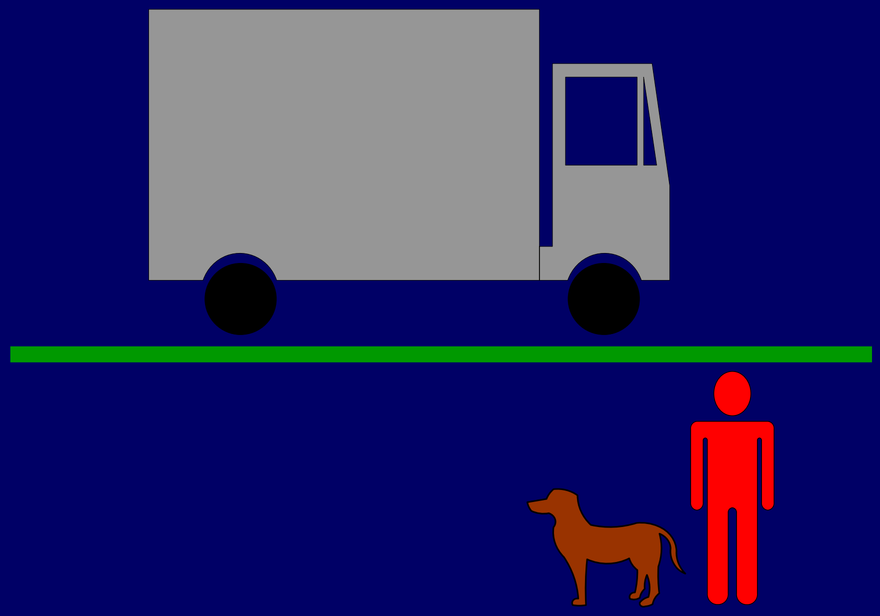
$\vec{r}$ - polohový vektor

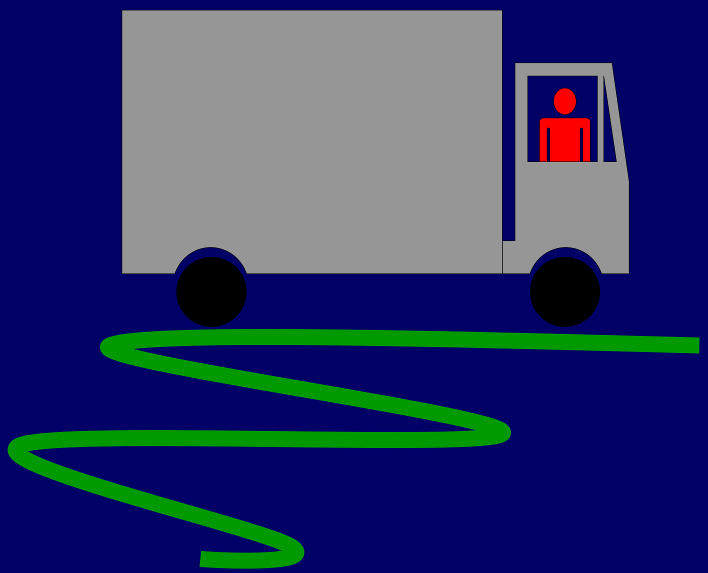
3. TRAJEKTORIE A DRÁHA HMOTNÉHO BODU

TRAJEKTORIE HB

geometrická čára, kterou hmotný bod HB při pohybu opisuje (souhrn všech poloh, kterými HB při pohybu prochází)

- Tvar trajektorie závisí na volbě vztažné soustavy





➢ Rozdělení pohybů podle tvaru trajektorie:

- **POHYB PŘÍMOČARÝ**
  pohyb po trajektorii, která má ve zvolené VS tvar přímky

- **POHYB KŘIVOČARÝ**
  pohyb, jehož trajektorií ve zvolené VS je křivka

DRÁHA HB

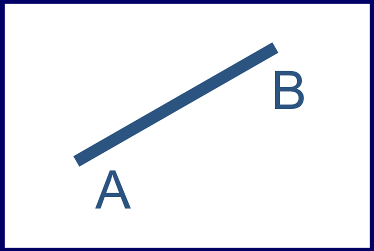
délka trajektorie, kterou hmotný bod HB opíše za určitou dobu

- označení dráhy : **s**
- jednotky dráhy: **jednotky délky**

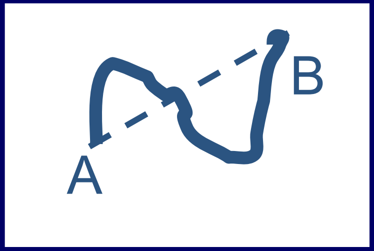
➢ **Dráha hmotného bodu závisí na:**

- volbě vztažné soustavy VS
- čase dráha je funkcí času $s = s(t)$

➢ **Při přemístění z bodu A do bodu B je:**

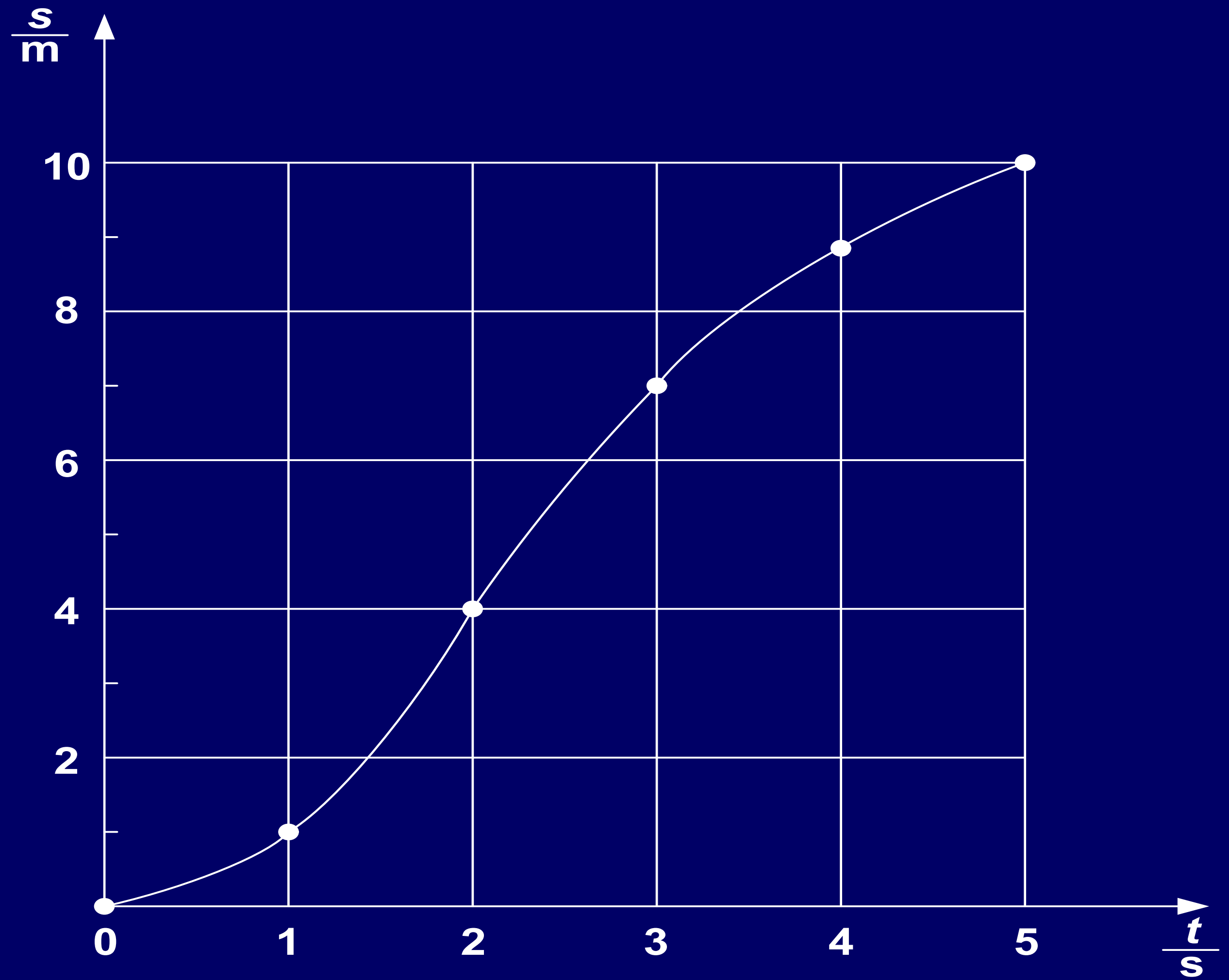


dráha PŘÍMOČARÉHO POHYBU HB rovna je vzdáleností bodů A a B.



dráha KŘIVOČARÉHO POHYBU HB je rovna délce této křivky z bodu A do bodu B.

GRAF DRÁHY – graf závislosti dráhy *s* na čase *t* v pravoúhlých kartézských souřadnicích



4. RYCHLOST HMOTNÉHO BODU

RYCHLOST HB

fyzikální veličina charakterizující pohyb HB vzhledem k vztažné soustavě VS

$$\text{průměrná } v_p \leftarrow \text{RYCHLOST} \rightarrow \text{okamžitá } \vec{v}$$

PRŮMĚRNÁ RYCHLOST v_p podíl dráhy *s* a doby *t*, za kterou HB tuto dráhu urazí

$$\boxed{v_p = \frac{s}{t}}$$

PRŮMĚRNÁ RYCHLOST v_p

je

skalár

VELIKOST v_p:

$$\boxed{v_p = \frac{s}{t}}$$

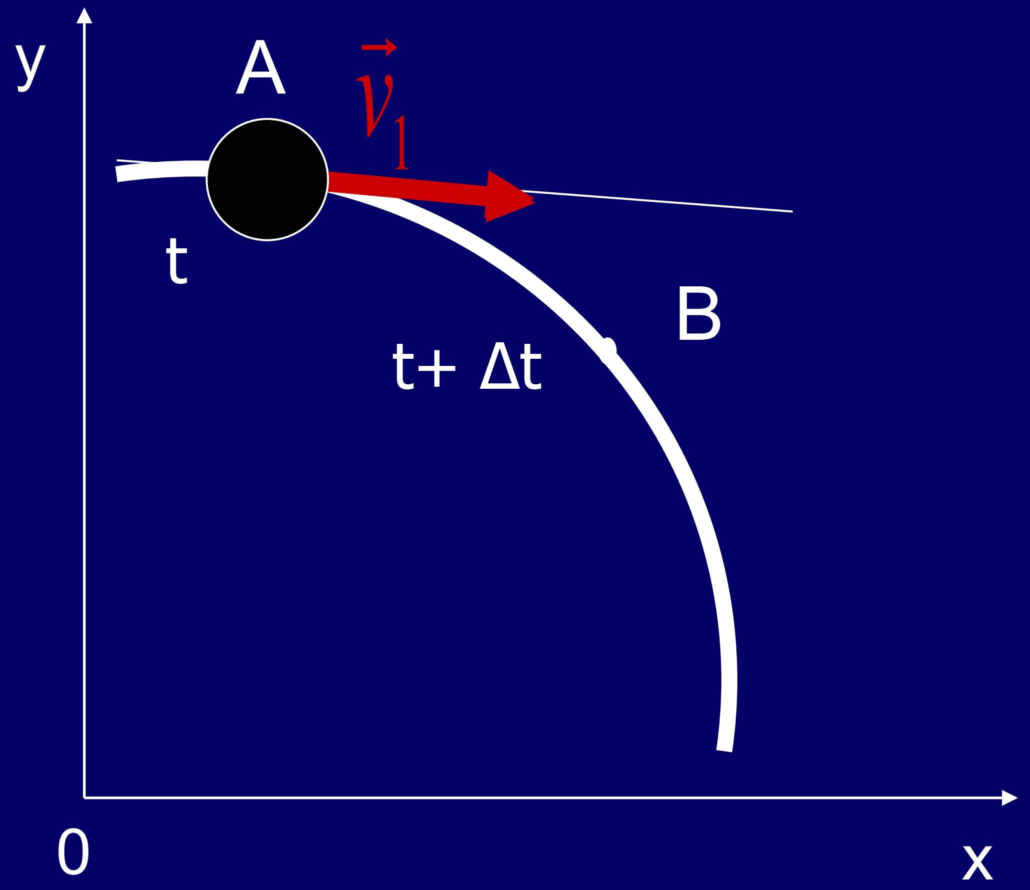
$$[v_p] = m \cdot s^{-1},\ km \cdot h^{-1}$$

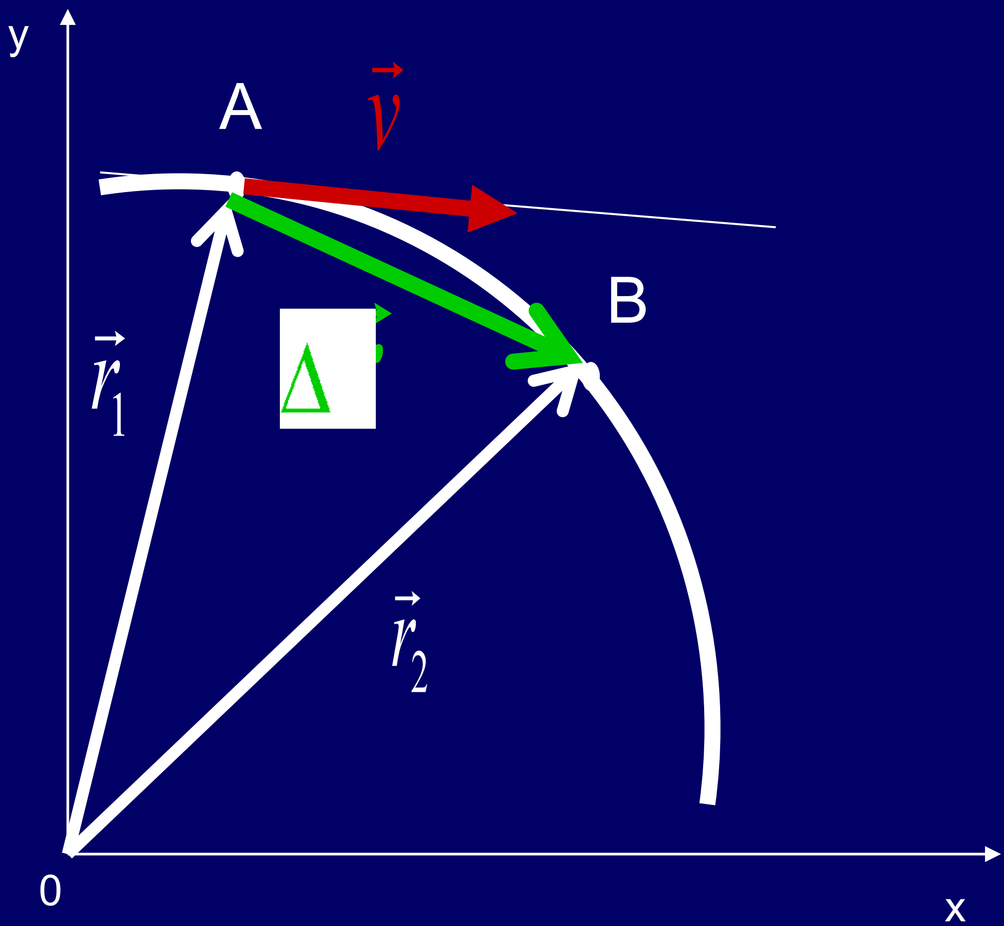
Průměrná rychlost vybraných živočichů

Živočich	Rychlost v m/s	Rychlost v km/h
Želva	0,02	0,07
Ryba	1	3,5
Chodec	1,4	5
Kůň krokem	1,7	6
Kůň klusem	3,5	12,6
Moucha	5	18
Lyžař	5	18
Kůň cvalem	8,5	30
Zajíc	18	65
Žralok	19	70
Orel	24	86

Odvození vztahu pro okamžitou rychlost

Uvažujeme pohyb hmotného bodu HB po trajektorii AB. Předpokládejme, že v čase *t* je HB v bodě A, v čase *t* + *Δt* v bodě B.





$\vec{r}_1$ - určuje **polohu HB v bodě A**

$\vec{r}_2$ - určuje **polohu HB v bodě B**

$\Delta\vec{r}$ - **změna polohového vektoru**, k níž dojde při pohybu HB a dobu Δt

Při pohybu se s časem mění velikost i směr polohového vektoru. Je-li , je bod A velmi blízký bodu B.

OKAMŽITÁ RYCHLOST $\vec{v}$

v čase *t*, kdy HB je v bodě A:

$$\boxed{\vec{v} = \frac{\Delta}{\Delta}}$$

$\Delta t \to$

OKAMŽITÁ RYCHLOST $\vec{v}$

je

vektor

VELIKOST

$$\boxed{|\vec{v}|}$$

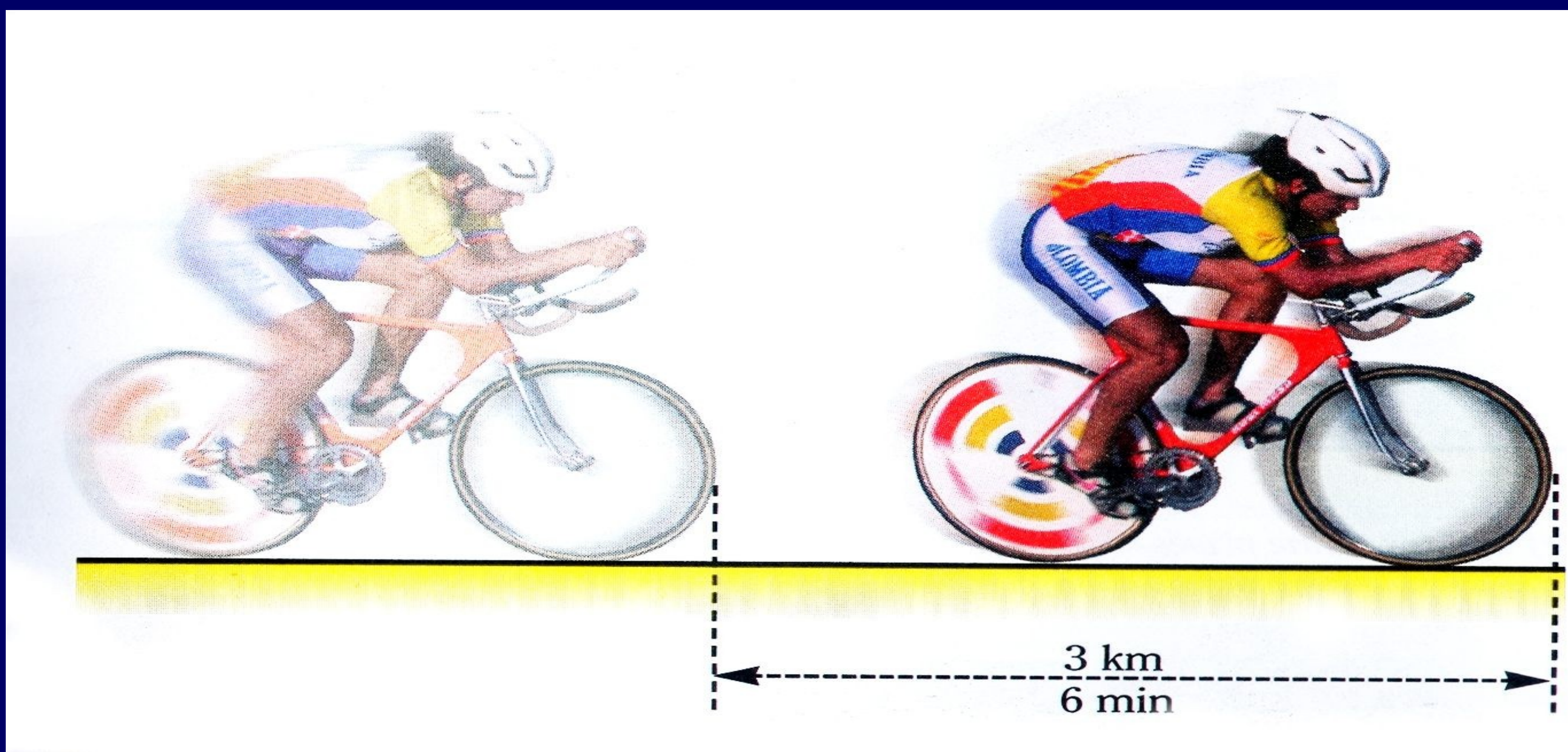
m s km h

SMĚR

je totožný se směrem tečny k trajektorii a je orientován ve směru

- **Velikost okamžité rychlosti *v* můžeme určit jako průměrnou rychlost na velmi malém úseku dráhy *Δs,* který urazí HB za velmi malý časový interval *Δt.***

$$v \quad = \,, $$



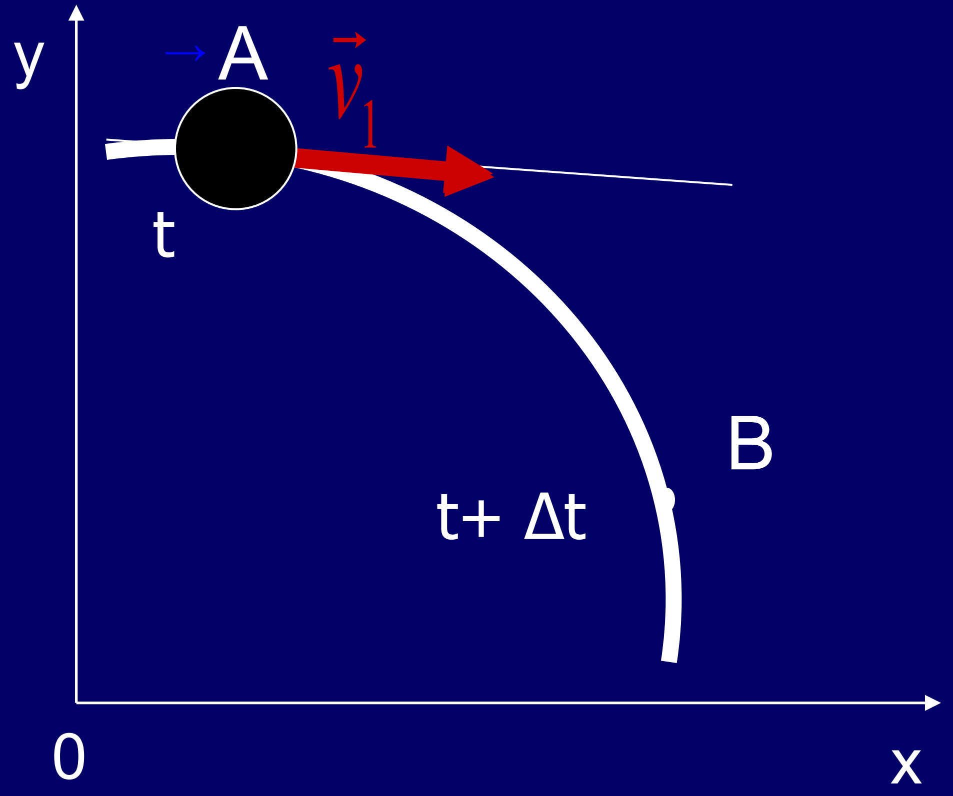
5. ZRYCHLENÍ HMOTNÉHO BODU

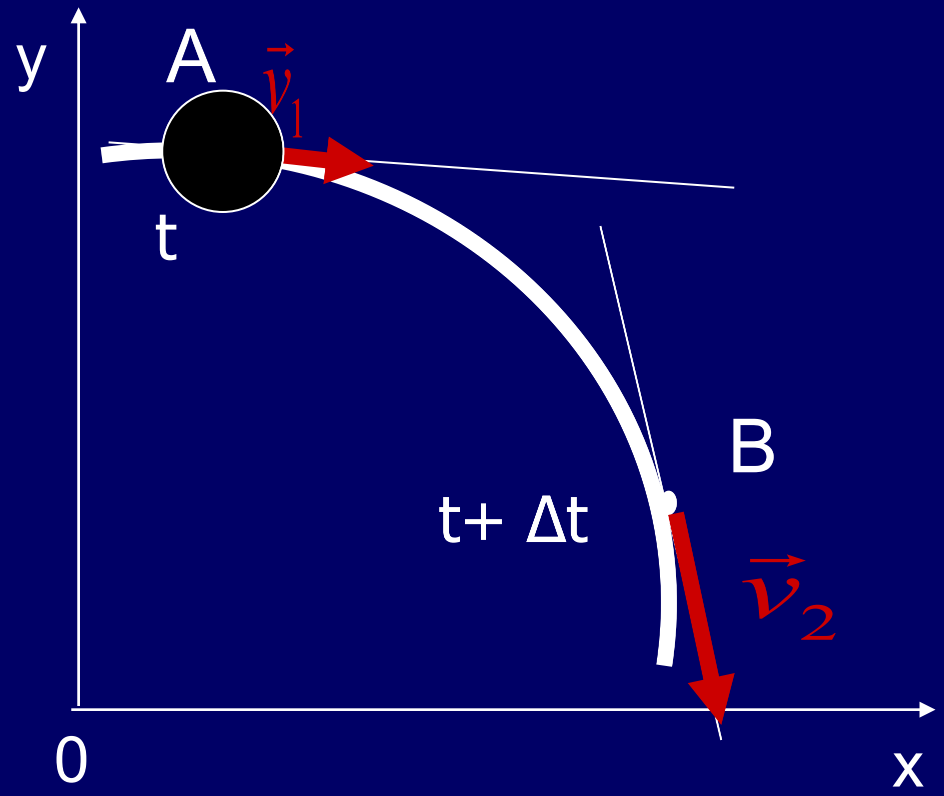
ZRYCHLENÍ HB

fyzikální veličina vyjadřující změnu rychlosti HB za jednotku času

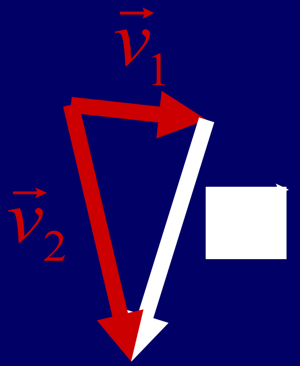
Odvození vztahu pro okamžité zrychlení $\vec{a}$

Uvažujeme pohyb hmotného bodu HB po trajektorii AB.





Za dobu *Δt* je změna vektoru rychlosti:



OKAMŽITÉ ZRYCHLENÍ $\vec{a}$

je

vektor

VELIKOST

$|a|$ a

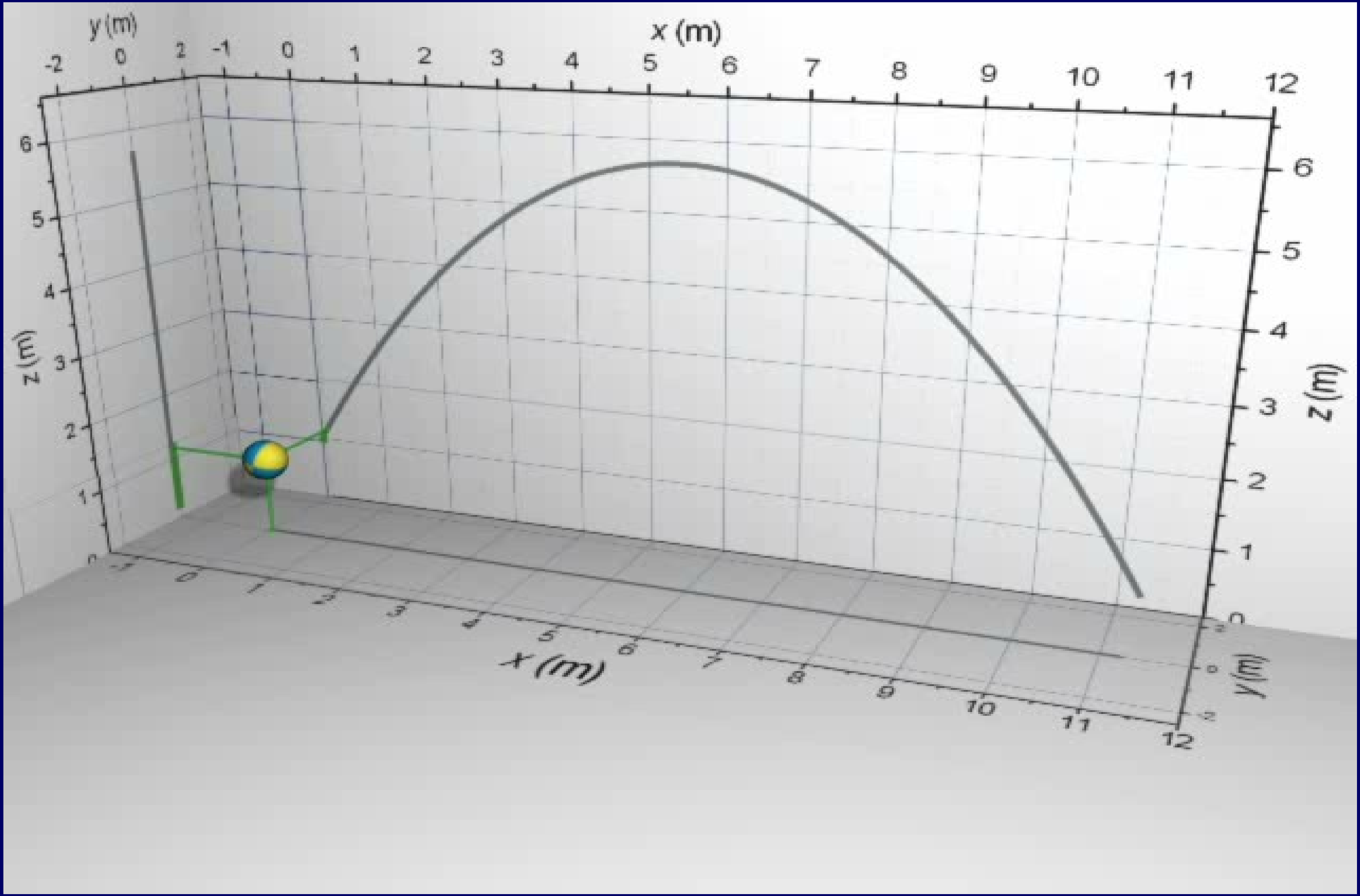
a m s

SMĚR

u PŘÍMOČARÉHO POHYBU leží vektor $\vec{a}$ na přímce, která má:

- stejný směr jako $\vec{v}$
  POHYB ZRYCHLENÝ
- opačný směr než $\vec{v}$
  POHYB ZPOMALENÝ

Popis pohybu tělesa u šikmého vrhu:

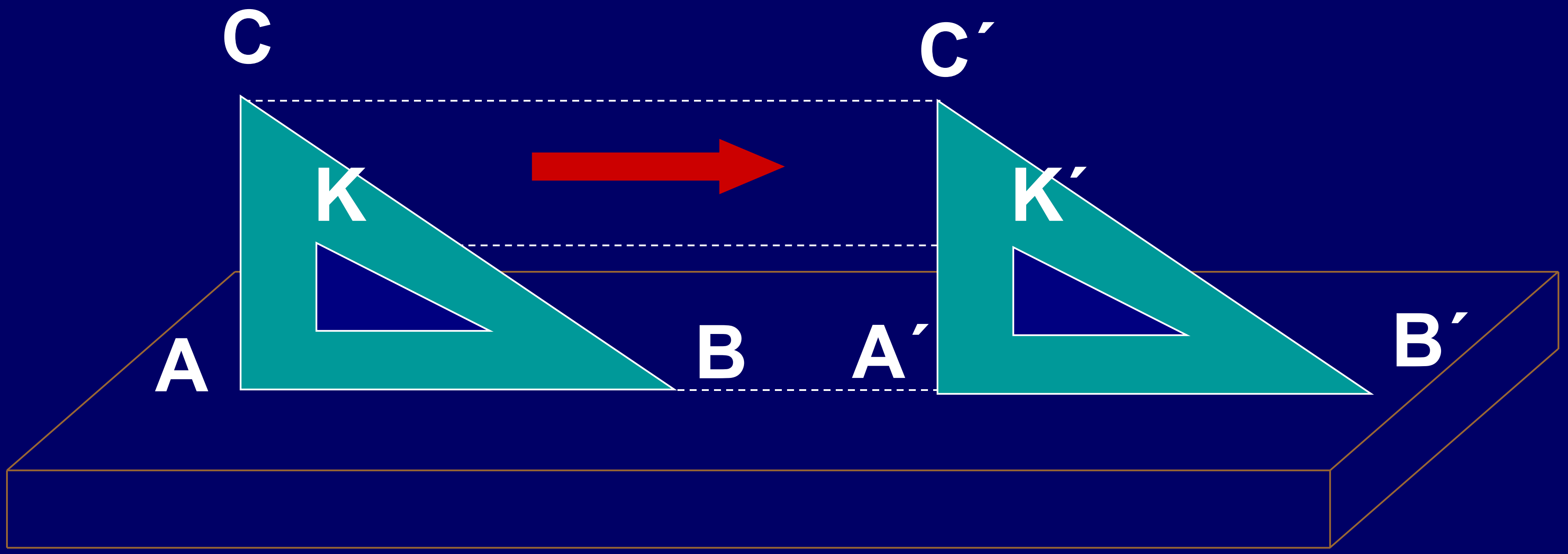


6. DRUHY MECHANICKÝCH POHYBŮ

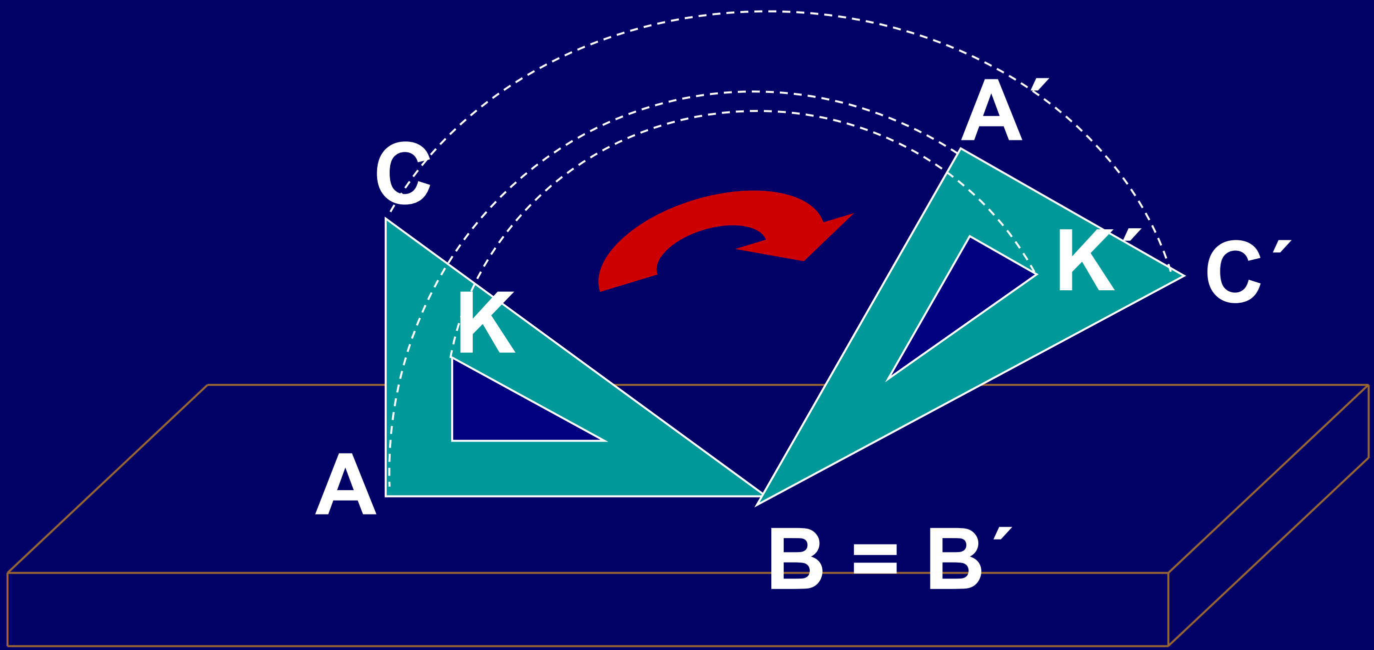
Pohyby hmotného bodu HB můžeme rozdělit podle různých hledisek:

✓ **podle JAKOSTI**

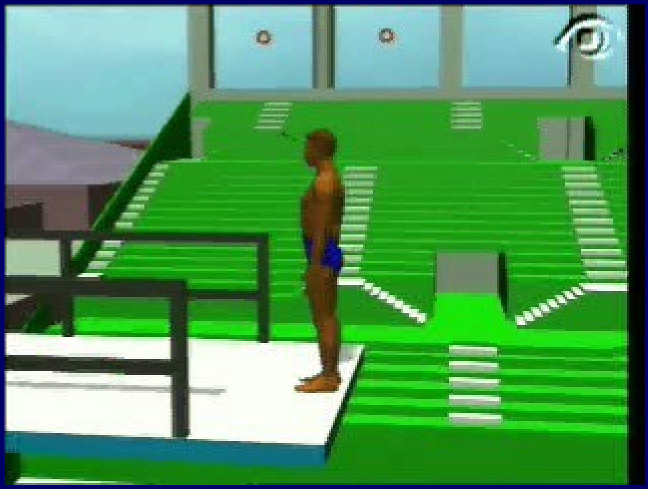
→ **TRANSLACE** (posuvný pohyb)



ROTACE (otáčivý pohyb)

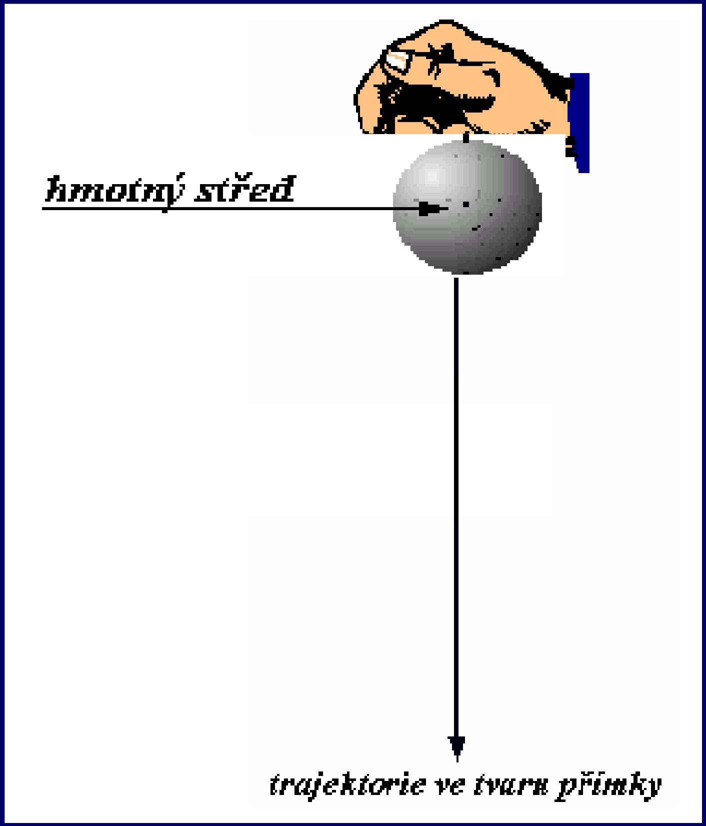


SLOŽENÝ POHYB (valivý, šroubovitý)



✓ podle TRAJEKTORIE

PŘÍMOČARÝ (po přímce nebo její části)

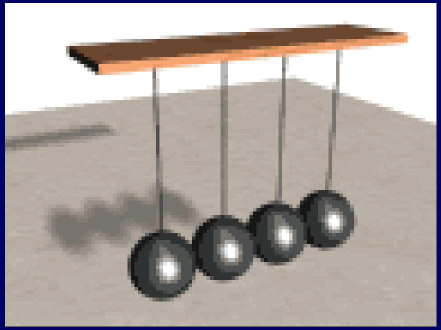


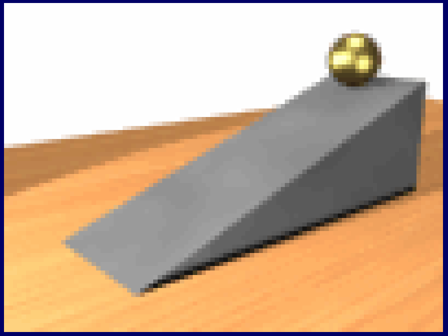
KŘIVOČARÝ (po křivce nebo její části)

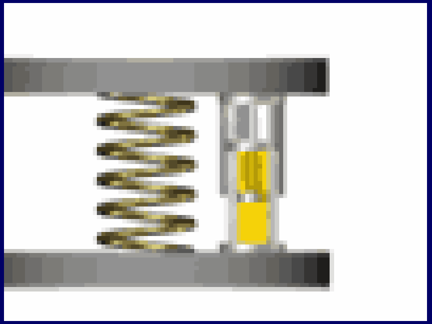
✓ **podle RYCHLOSTI**

→ **ROVNOMĚRNÝ** (v = konst)

→ **NEROVNOMĚRNÝ** ($v \neq$ konst)



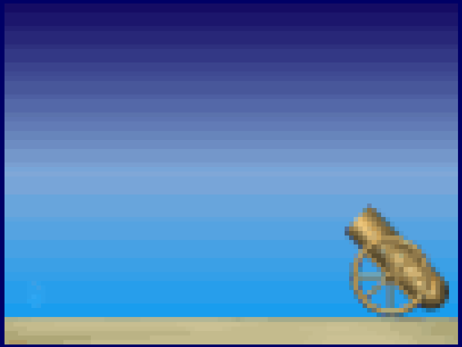




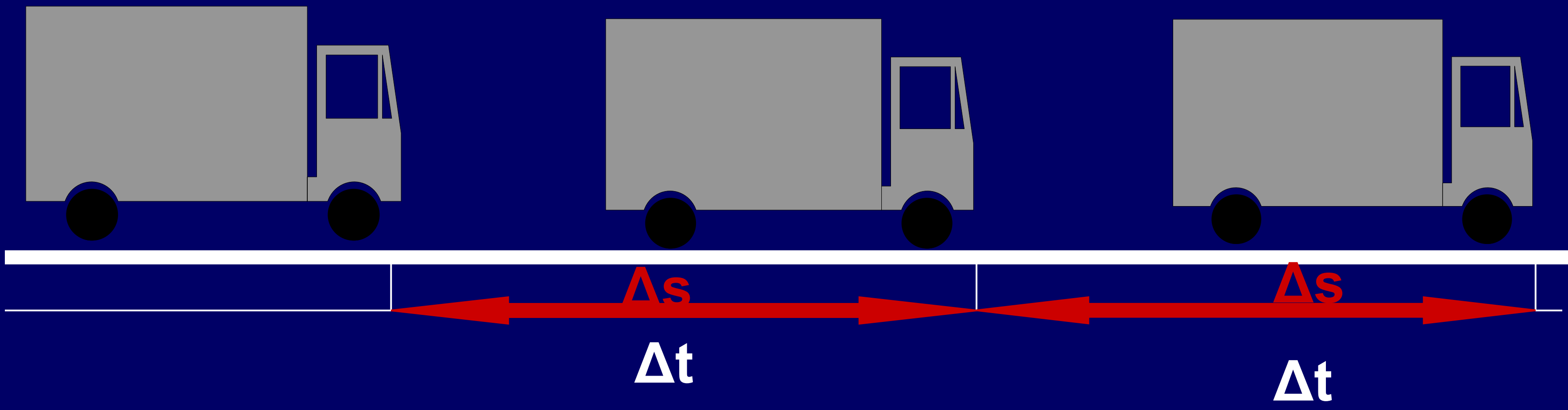
7. ROVNOMĚRNÝ A NEROVNOMĚRNÝ POHYB

Podle časové změny **velikosti rychlosti** rozeznáváme **POHYB**:

- **ROVNOMĚRNÝ**
- **NEROVNOMĚRNÝ**

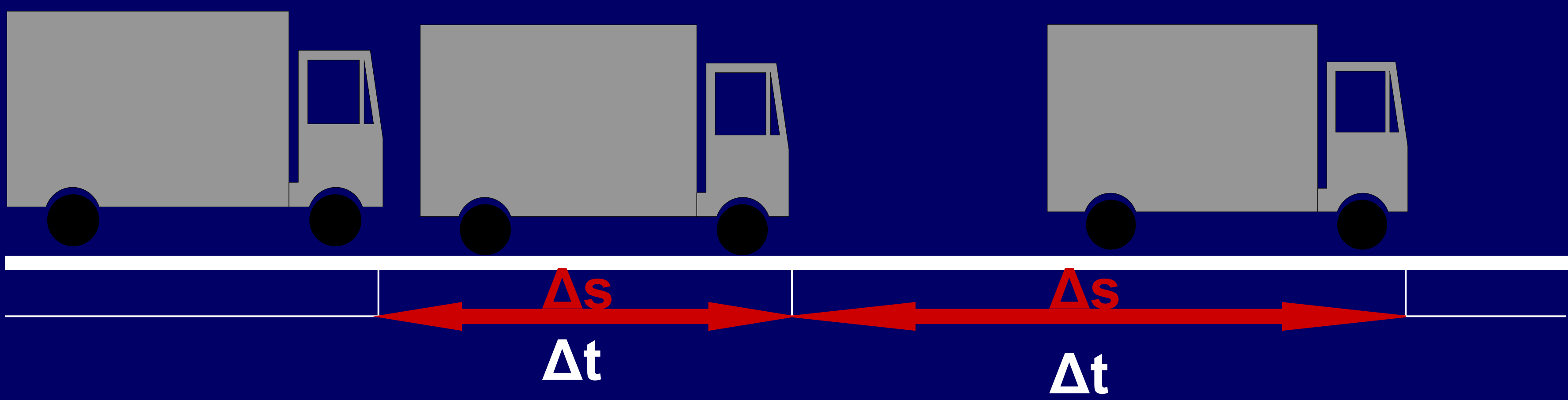




- **POHYB ROVNOMĚRNÝ**
  pohyb, při němž hmotný bod HB urazí v libovolných, ale stejných dobách *Δt* stejné dráhy *Δs*



$$v = \frac{\Delta}{\Delta} = const$$

- **POHYB NEROVNOMĚRNÝ**
  pohyb, při němž hmotný bod HB ve stejných dobách *Δt* urazí různé dráhy

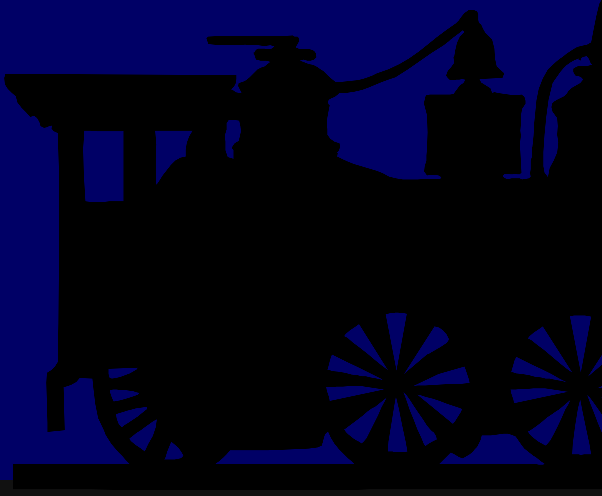


$$v = \frac{\Delta s}{\Delta t} \neq const$$

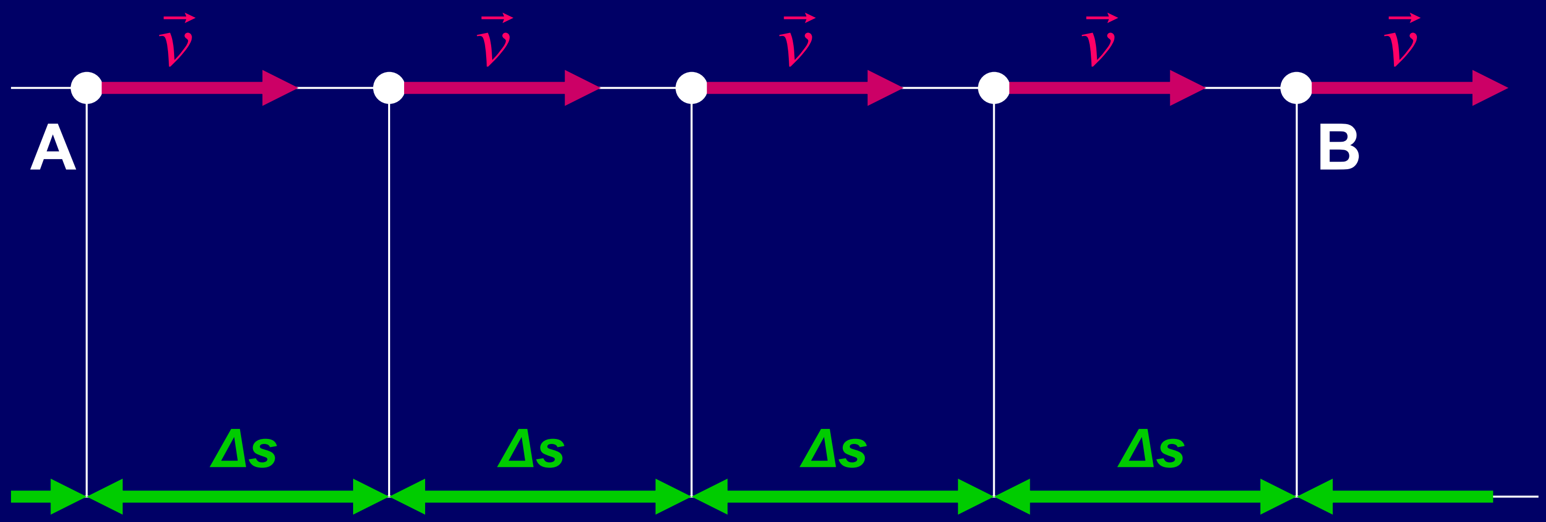
Rovnoměrný přímočarý pohyb

- nejjednodušší rovnoměrný pohyb
- přímočarý pohyb hmotného bodu HB s konstantní velikostí a směrem rychlosti

$$v = const, \vec{v} = const$$



Znázornění rovnoměrného přímočarého pohybu



Naměříme ve stejných časových intervalech *Δt*, vždy stejné dráhy *Δs*, a tím vždy tutéž průměrnou rychlost v_p .

Velikost okamžité rychlosti v se u rovnoměrného pohybu rovná průměrné rychlosti v_p.

$$\boxed{v = v_p}$$

$$v = v_p$$

$$\boxed{v = \frac{s - s_0}{t - t_0}}$$

s_0 - počáteční dráha (dráha HB v čase t_0 tzn. t = 0s)

s - dráha HB v čase t

v - okamžitá rychlost HB v čase t

Dráha rovnoměrného pohybu

$$v = \frac{\Delta s}{\Delta t} = \frac{s - s_0}{t - t_0}$$

$$t_0 = 0\,\mathrm{s},\ s_0 = 0\,\mathrm{m}$$

$$v = \frac{s}{t}$$

$$\boxed{s = v \cdot t}$$

Dráha rovnoměrného pohybu je přímo úměrná času

$$t_0 = 0\,\mathrm{s},\ s_0 \neq 0\,\mathrm{m}$$

$$\boxed{s = s_0 + v \cdot t}$$

Dráha rovnoměrného pohybu je lineární funkcí času

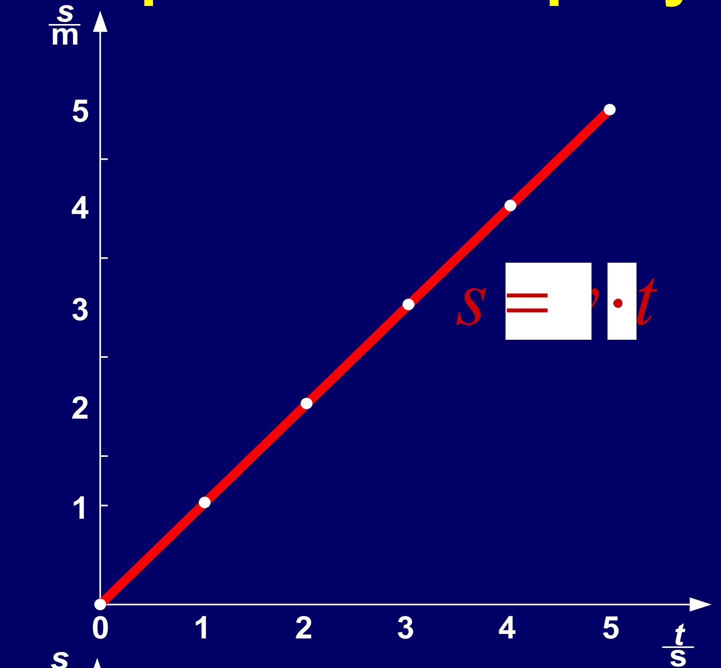
Grafické závislosti dráhy rovnoměrného přímočarého pohybu na čase

1) $t_0 = 0\ s, \quad s_0 = 0\ m$

$\Downarrow$

$$\boxed{s = v \cdot t}$$

Grafem závislosti je část přímky procházející počátkem souřadnic

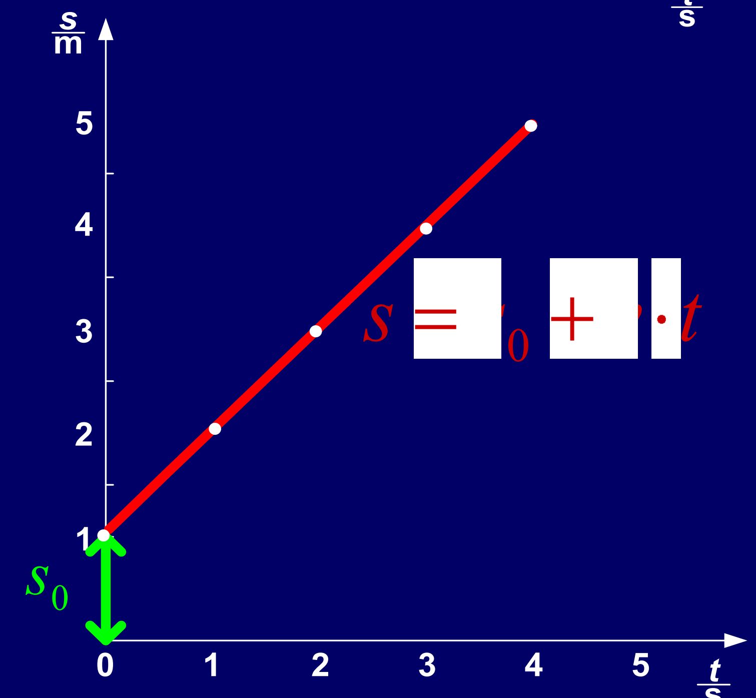


2) $t_0 = 0\ s, \quad s_0 \neq 0\ m$

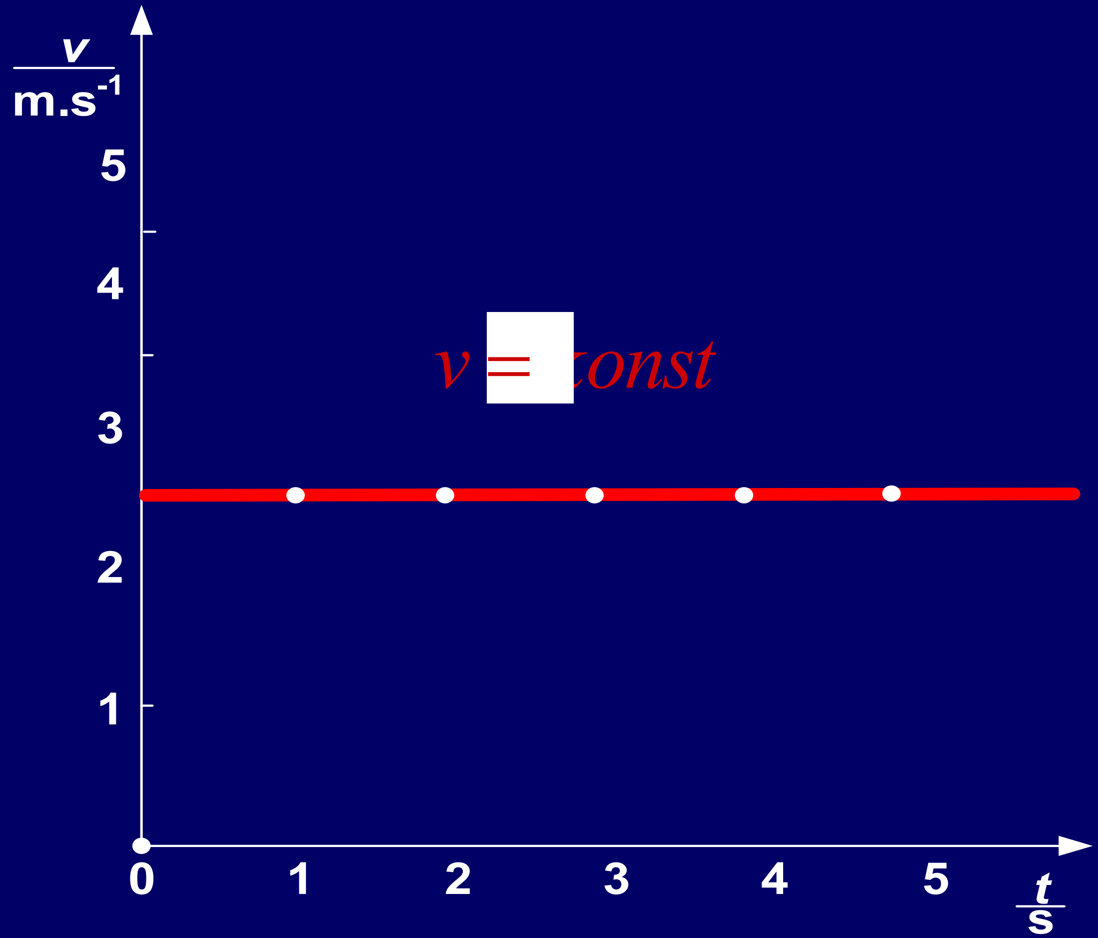
$\Downarrow$

$$\boxed{s = s_0 + v \cdot t}$$

Grafem závislosti je část přímky, která protíná osu s v bodě odpovídající dráze s_0



Graf závislosti rychlosti rovnoměrného přímočarého pohybu na čase



Grafem závislosti funkce v = v(t) je část přímky rovnoběžné s osou času t.

8. ROVNOMĚRNĚ ZRYCHLENÝ (ZPOMALENÝ) POHYB

- nejjednodušší **nerovnoměrný pohyb**

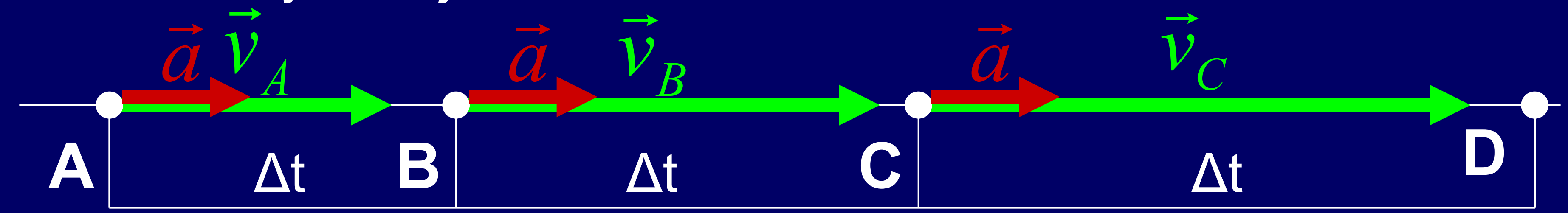
$$v \neq konst, \vec{v} \neq \overrightarrow{konst}$$

- **přímočarý pohyb** hmotného bodu HB s konstantním zrychlením

$$\vec{a} = \overrightarrow{konst}$$

- **ROVNOMĚRNĚ ZRYCHLENÝ PŘÍMOČARÝ POHYB**

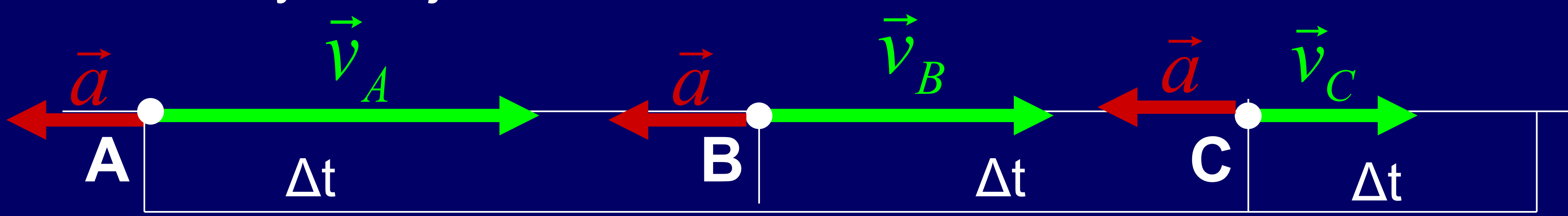
  velikost okamžité rychlosti se zvětšuje za stejné časové intervaly o stejnou hodnotu



$\vec{a}\ \uparrow\uparrow$

- **ROVNOMĚRNĚ ZPOMALENÝ PŘÍMOČARÝ POHYB**

  velikost okamžité rychlosti se zmenšuje za stejné časové intervaly o stejnou hodnotu



$\vec{a}\ \uparrow\downarrow$

Velikost okamžité rychlosti rovnoměrně zrychleného přímočarého pohybu

v_0 - počáteční rychlost (rychlost HB v čase t_0 tzn. t = 0s)

V - okamžitá rychlost HB v čase t

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{v - v_0}{t - t_0}$$

$t_0 = 0\,\mathrm{s},\ v_0 = 0\,\mathrm{m}\cdot s^{-1}$

$$a = \frac{v}{t}$$

$$v = a \cdot t$$

Velikost rychlosti je přímo úměrná času

$t_0 = 0\,\mathrm{s},\ v_0 \neq 0\,\mathrm{m}\cdot s^{-1}$

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

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

Velikost rychlosti je lineární funkcí času

Velikost okamžité rychlosti rovnoměrně zpomaleného přímočarého pohybu

v_0 - počáteční rychlost (rychlost HB v čase t_0 tzn. t = 0s)
V - okamžitá rychlost HB v čase *t*

- **Při rovnoměrně zpomaleném pohybu se rychlost HB rovnoměrně s časem zmenšuje.**
- **Zrychlení $\vec{a}$ má opačný směr než počáteční rychlost $\vec{v}_0$.**

$$\boxed{v = v_0 - a \cdot t}$$

Velikost okamžité rychlosti rovnoměrně zpomaleného pohybu je lineární funkcí času

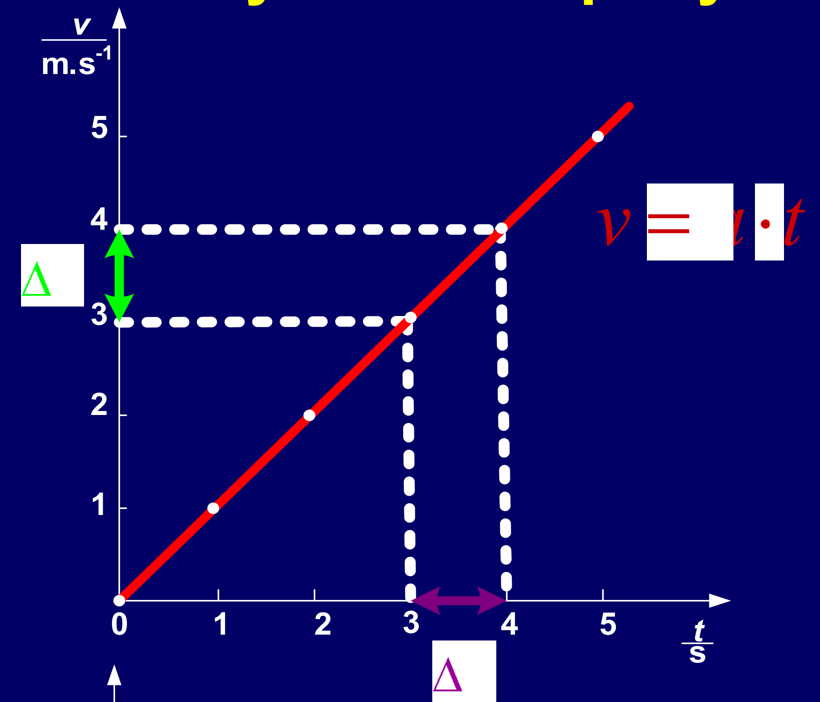
Grafické závislosti rychlosti rovnoměrně zrychleného pohybu na čase

1) $t_0 = 0\ \mathrm{s}$, $v_0 = 0\ m.s^{-1}$

⇓

$$\boxed{v = a \cdot t}$$

Grafem je část přímky procházející počátkem souřadnic.

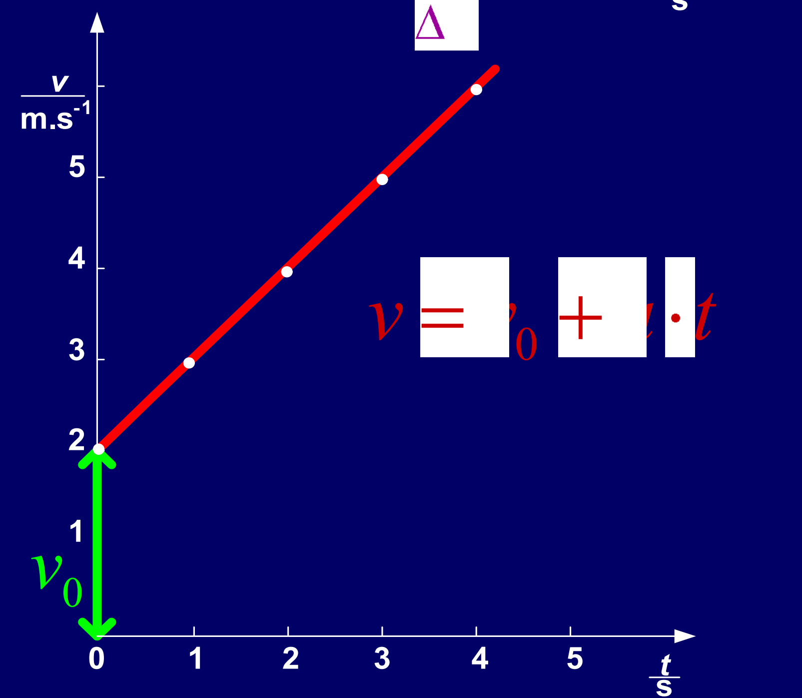


2) $t_0 = 0\ \mathrm{s}$, $v_0 \neq 0\ m.s^{-1}$

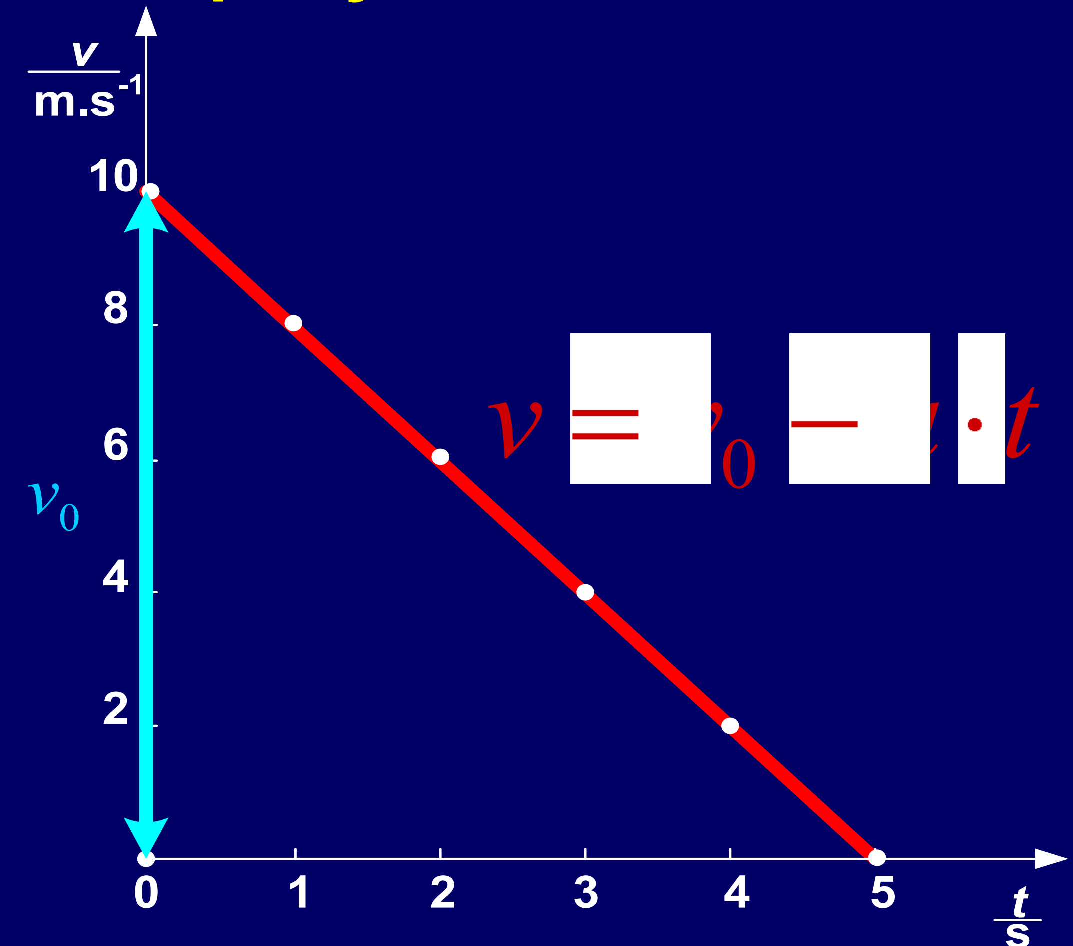
⇓

$$\boxed{v = v_0 + a \cdot t}$$

Grafem je část přímky, která protíná osu rychlosti v v bodě odpovídající počáteční rychlosti v_0



Graf závislosti rychlosti rovnoměrně zpomaleného pohybu na čase



Grafem je část přímky, která protíná osu rychlosti v v bodě odpovídající počáteční rychlosti v_0 a osu t v bodě odpovídajícím času, v němž se zmenší rychlost na hodnotu v = 0.

Dráha rovnoměrně zrychleného pohybu HB

Celková dráha rovnoměrně zrychleného pohybu

je rovna součtu dráhy na začátku pohybu s dráhou, kterou by HB urazil, kdyby se pohyboval rovnoměrně a s dráhou, kterou by HB urazil, kdyby zrychloval s nulovou počáteční rychlostí.

v_0 - počáteční rychlost (rychlost HB v čase t_0 tzn. t = 0s)

V - okamžitá rychlost HB v čase t

s – dráha HB v čase t

s_0 – *počáteční dráha (dráha HB v časet0* tzn. t = 0s)

Odvození dráhy rovnoměrně zrychleného pohybu HB

$$\boxed{s_0 = 0\,m}$$

$v_0 = 0\ \mathrm{m \cdot s^{-1}}, t_0 = 0\ \mathrm{s}$

$$v = a \cdot t$$

$$\boxed{s = \frac{1}{2}at^2}$$

Velikost dráhy je přímo úměrná druhé mocnině času

$v_0 \neq 0\ \mathrm{m \cdot s^{-1}}, t_0 = 0\ \mathrm{s}$

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

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

Velikost dráhy závisí na čase.

s_0 [illegible] $0m$

v_0 [illegible] m [illegible] s [illegible], t_0 [illegible] s

v_0 [illegible] m [illegible] s [illegible], t_0 [illegible] s

v [illegible] a [illegible] t

v [illegible] $_0$ [illegible] a [illegible] t

$s =$ [illegible] $_0 +$ [illegible] $\frac{1}{2} at^2$

$s =$ [illegible] $_0 +$ [illegible] $_0 t +$ [illegible] $\frac{1}{2} at^2$

Dráha rovnoměrně zpomaleného pohybu HB

$$v = v_0 - at$$

$$\boxed{s_0 = 0m}$$

$$\boxed{s = v_0 t - \frac{1}{2}at^2}$$

$$\boxed{s_0 \quad 0m}$$

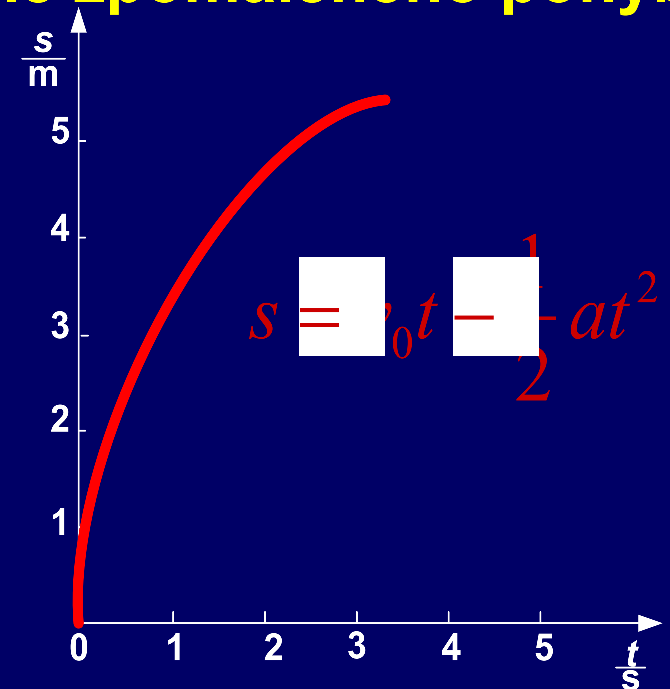
$$\boxed{s = s_0 + v_0 t - \frac{1}{2}at^2}$$

Grafické závislosti dráhy rovnoměrně zpomaleného pohybu na čase

1) $t_0 = 0\ s$, $v_0 \neq 0\ m.s^{-1}$, $s_0 = 0\ m$

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

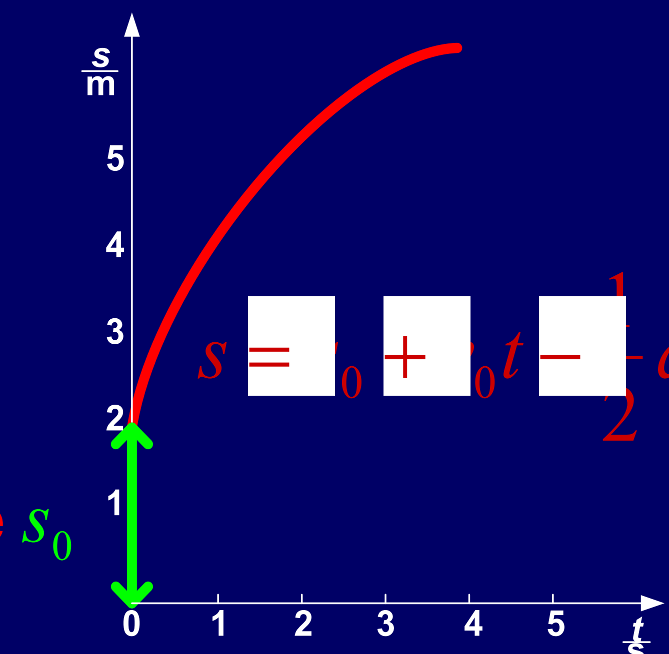
Grafem je část obrácené paraboly procházející počátkem souřadnic.



2) $t_0 = 0\ s$, $v_0 \neq 0\ m.s^{-1}$, $s_0 \neq 0\ m$

$$s = s_0 + v_0 t - \frac{1}{2}at^2$$

Grafem je část obrácené paraboly, která protíná osu dráhy s v bodě odpovídající počáteční dráze s_0

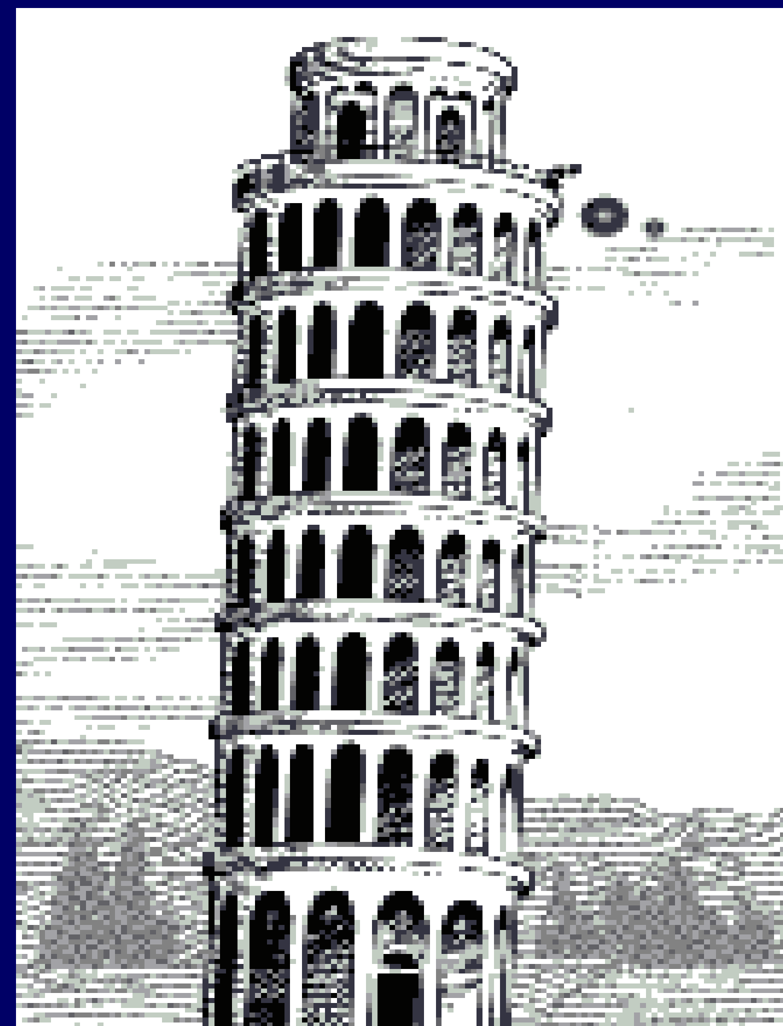


9. VOLNÝ PÁD

- **pohyb svislým směrem, který konají volně puštěná tělesa s nulovou počáteční rychlostí ve vakuu v blízkosti povrchu Země.**

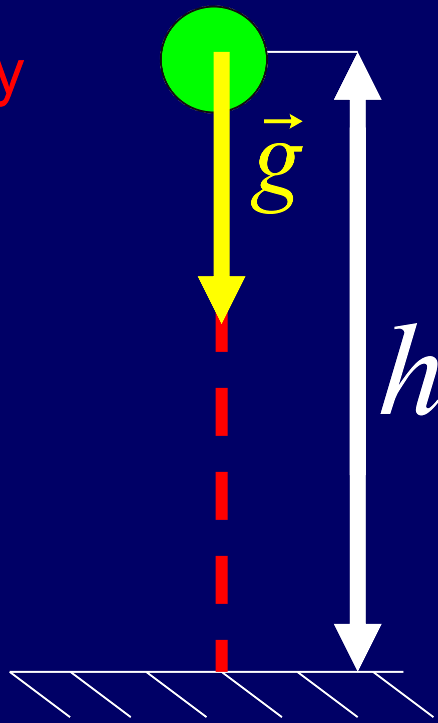
v_0

***Galileo Galilei** (1564 – 1642)*



- **trajektorie** volného pádu je část svislé přímky

- zvláštní případ **rovnoměrně zrychleného přímočarého pohybu**



ZRYCHLENÍ VOLNÉHO PÁDU $\vec{g}$

(TÍHOVÉ ZRYCHLENÍ)

- **Směr** je určen svislým směrem na daném místě zem. povrchu
- **Velikost** závisí na zeměpisné poloze a výšce místa nad povrchem Země

- v našich zeměpisných šířkách je $g = 9{,}81\ \mathrm{m \cdot s^{-2}}$
- Tíhové zrychlení zaokrouhlujeme na hodnotu $g \sim 10\ \mathrm{m.s^{-2}}$.

- Dohodou byla stanovena velikost NORMÁLNÍHO TÍHOVÉHO ZRYCHLENÍ na hodnotu $g_n = 9{,}80665\ \mathrm{m.s^{-2}}$.

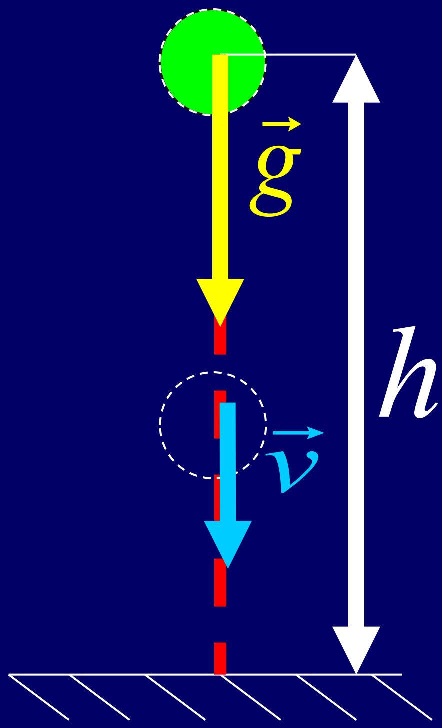
Velikost okamžité rychlosti v volného pádu: $\vec{v} \uparrow\uparrow \vec{g}$

$$\Downarrow$$

$$\boxed{v = g \cdot t}$$

Dráha s volně padajícího tělesa:

$$\boxed{s = \frac{1}{2} g \cdot t^2}$$



Odvození doby t a rychlosti v volného pádu tělesa z výšky h

t – doba volného pádu

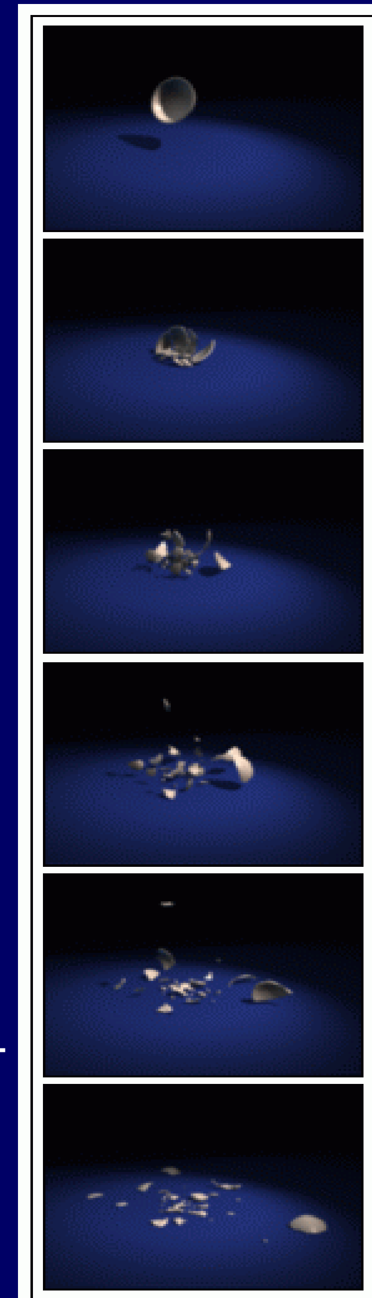
v – rychlost volného pádu

h – výška tělesa

g – velikost zrychlení volného pádu

$$h = \frac{1}{2} g \cdot t^2 \quad \Rightarrow \quad \boxed{t = \sqrt{\frac{2h}{g}}}$$

$$v = g \cdot t = g\sqrt{\frac{2h}{g}} = \sqrt{\frac{2hg^2}{g}} = \sqrt{2hg}$$



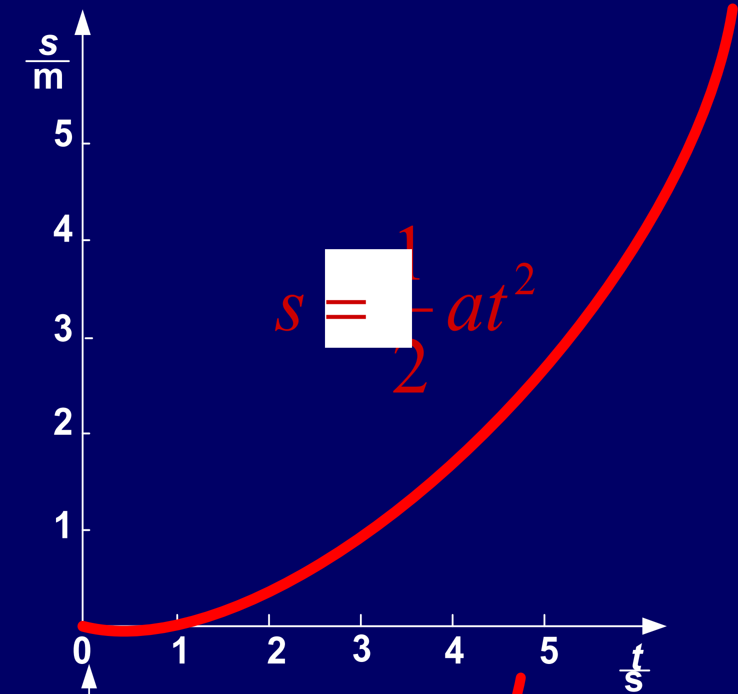
Grafické závislosti dráhy rovnoměrně zrychleného pohybu na čase

1) $t_0 = 0\ \mathrm{s}$, $v_0 = 0\ m.s^{-1}$, $s_0 = 0\ m$

$\Downarrow$

$$\boxed{s = \frac{1}{2}at^2}$$

Grafem je část paraboly procházející počátkem souřadnic.

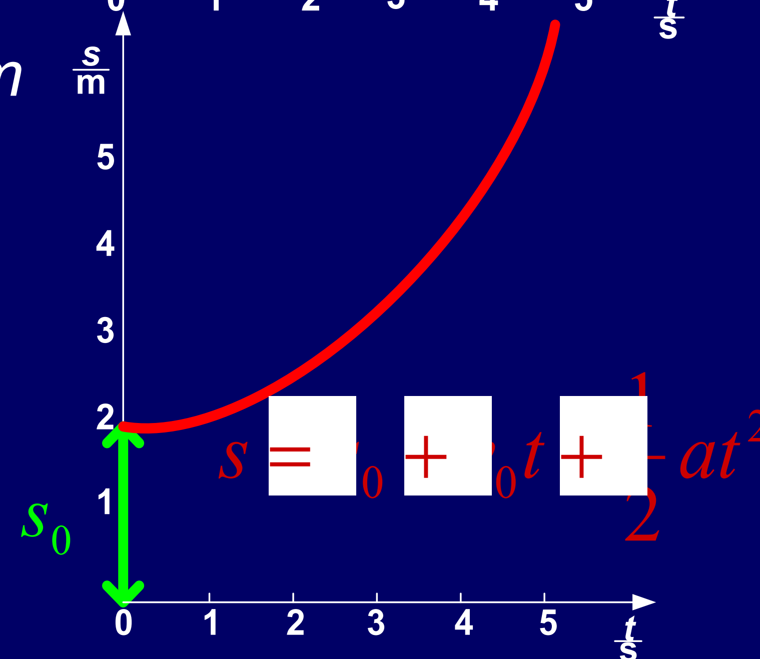


2) $t_0 = 0\ \mathrm{s}$, $v_0 \neq 0\ m.s^{-1}$, $s_0 \neq 0\ m$

$\Downarrow$

$$\boxed{s = s_0 + v_0 t + \frac{1}{2}at^2}$$

Grafem je část paraboly, která protíná osu dráhy s v bodě odpovídající počáteční dráze s_0



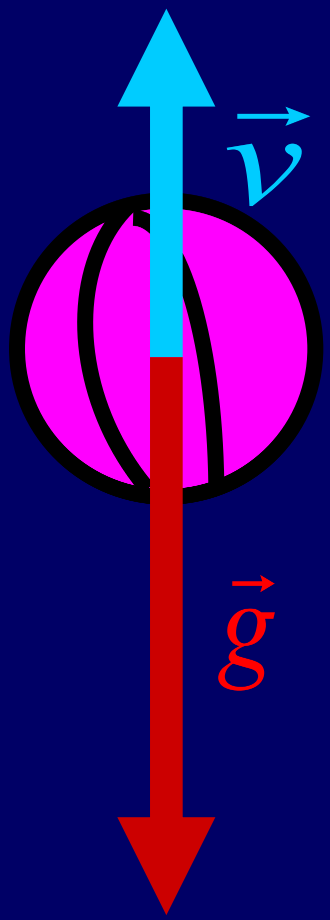
10. SKLÁDÁNÍ POHYBŮ A RYCHLOSTÍ

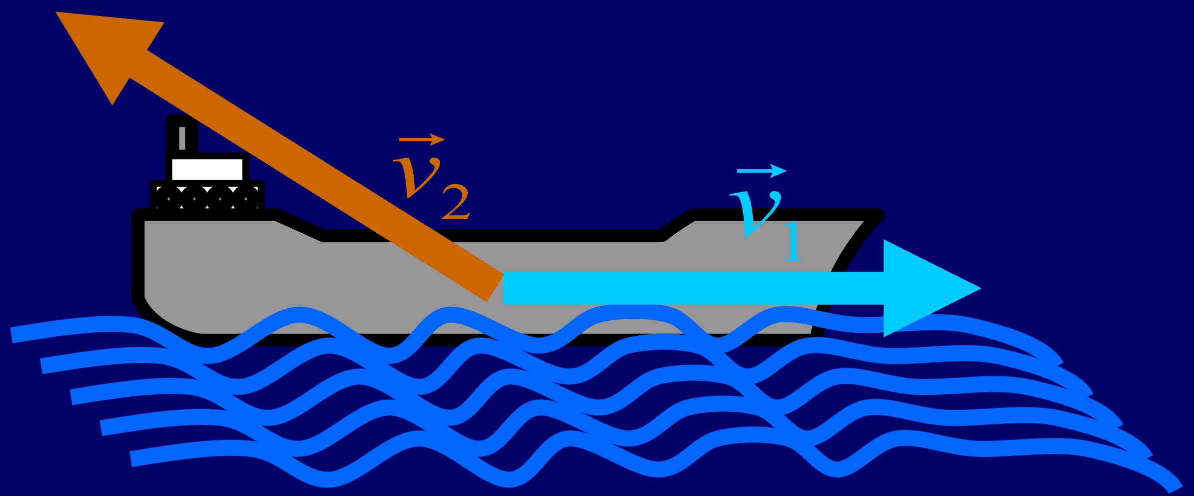
- **HB často koná více pohybů současně:**

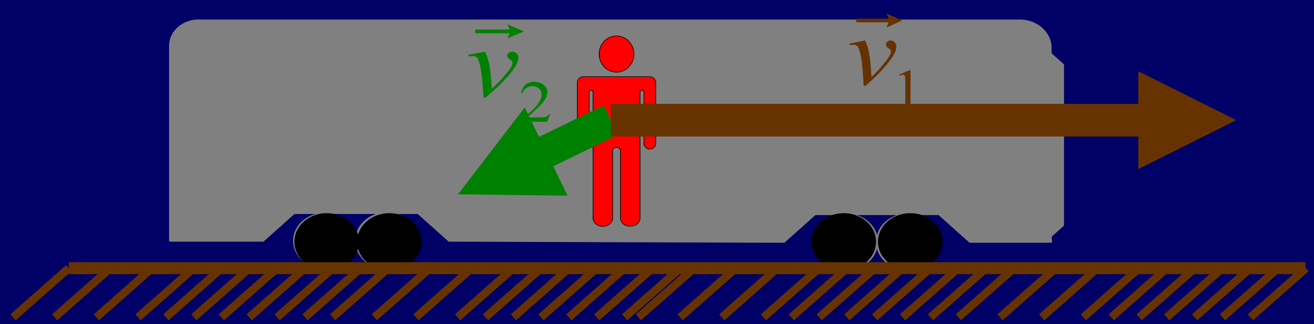
- míč vržený svisle vzhůru

- člun plující proti toku řeky

- pohybující se člověk v jedoucím vlaku







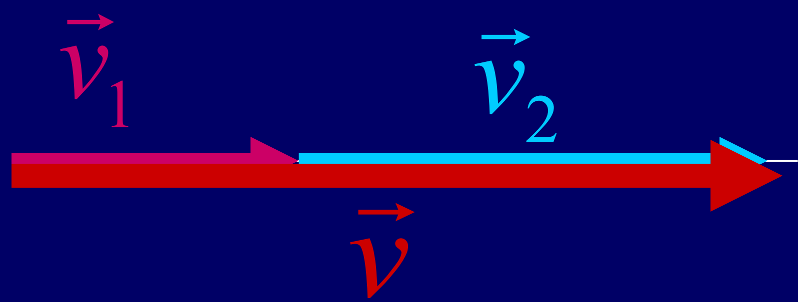
- **Výslednou polohu tělesa získáme složením dílčích jednoduchých pohybů.**

Při skládání pohybů platí princip nezávislosti pohybů:

Koná-li HB současně dva nebo více pohybů po dobu t, je jeho výsledná poloha taková, jako kdyby konal tyto pohyby postupně v libovolném pořadí, každý po dobu t.

SKLÁDÁNÍ (SOUČET) RYCHLOSTÍ
- jen u vektorů stejného druhu

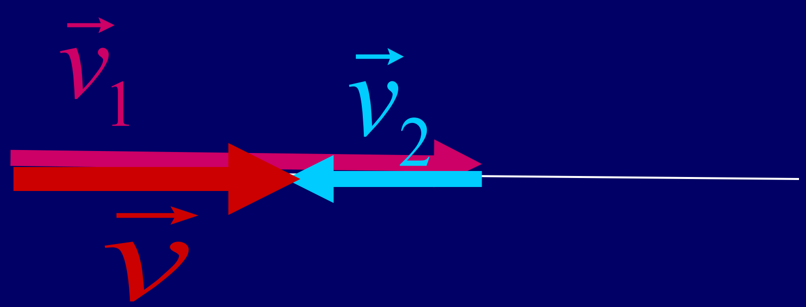
1) STEJNÉHO SMĚRU (souhlasně orientované) $\vec{v}_1 \uparrow\uparrow \vec{v}_2$



$$\vec{v} = \vec{v}_1 + \vec{v}_2$$

$$v = v_1 + v_2$$

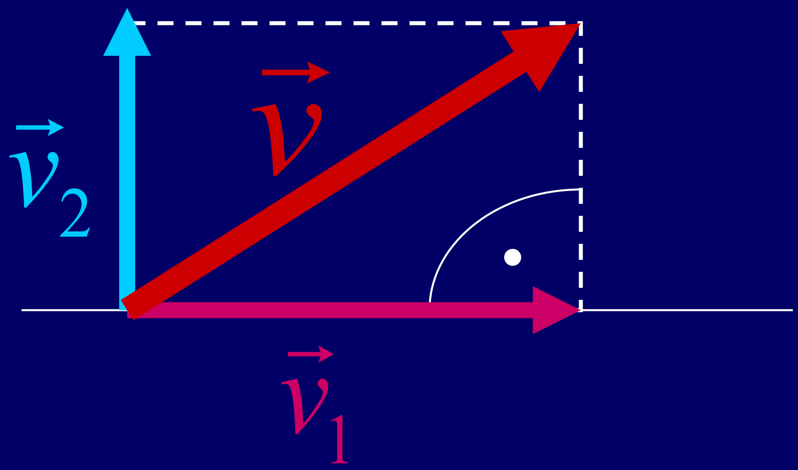
2) OPAČNÉHO SMĚRU (nesouhlasně orientované) $\vec{v}_1 \uparrow\downarrow \vec{v}_2$



$$\vec{v} = \vec{v}_1 + \vec{v}_2$$

$$v = v_1 - v_2$$

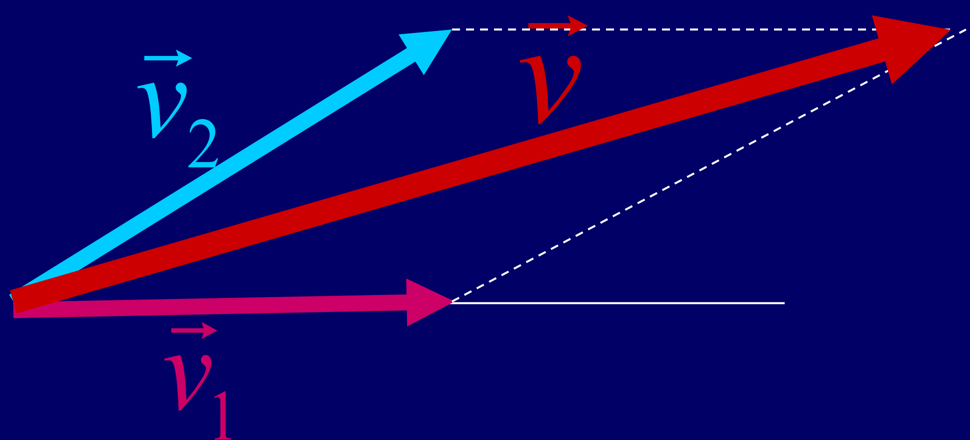
3) KOLMÉ $\vec{v}_1 \perp \vec{v}_2$



$$\vec{v} = \vec{v}_1 + \vec{v}_2$$

$$v = \sqrt{v_1^2 + v_2^2}$$

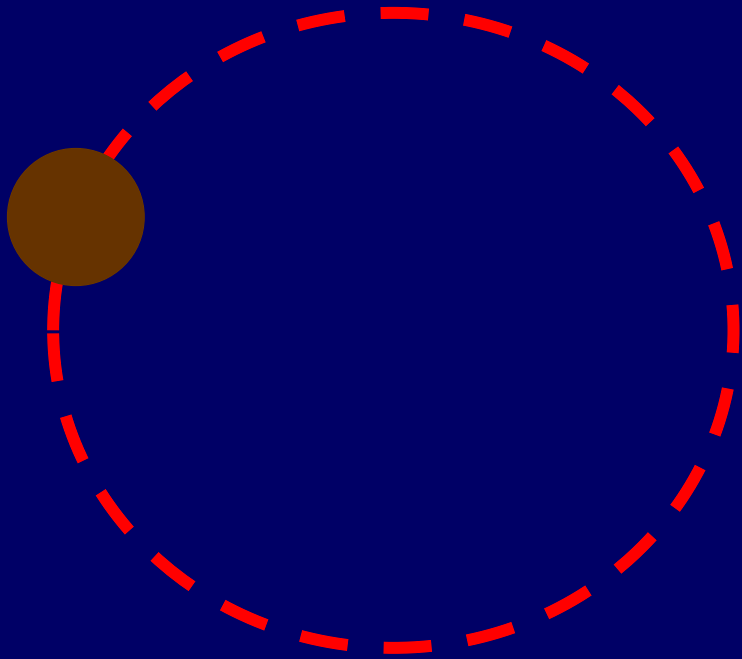
4) RŮZNOBĚŽNÉ $\vec{v}_1 \ X \ \vec{v}_2$



$$\vec{v} = \vec{v}_1 + \vec{v}_2$$

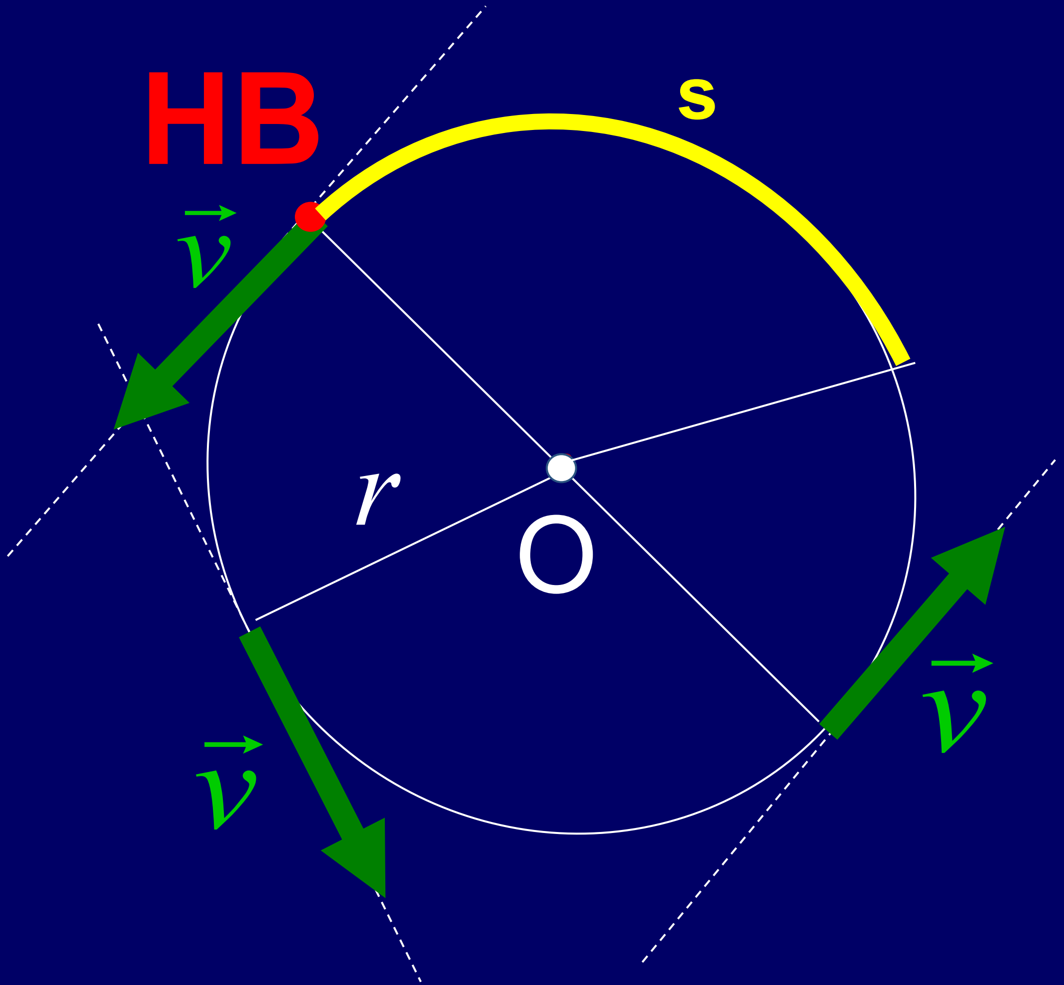
11. ROVNOMĚRNÝ POHYB PO KRUŽNICI

- nejjednodušší křivočarý pohyb HB, jehož trajektorii je kružnice



- při pohybu se velikost rychlosti nemění, mění se však směr rychlosti

v [illegible] $const, \vec{v}$ [illegible] $const$



r – poloměr kružnice trajektorie HB

s – délka oblouku kružnice

O - střed kružnice (prochází jím osa otáčení)

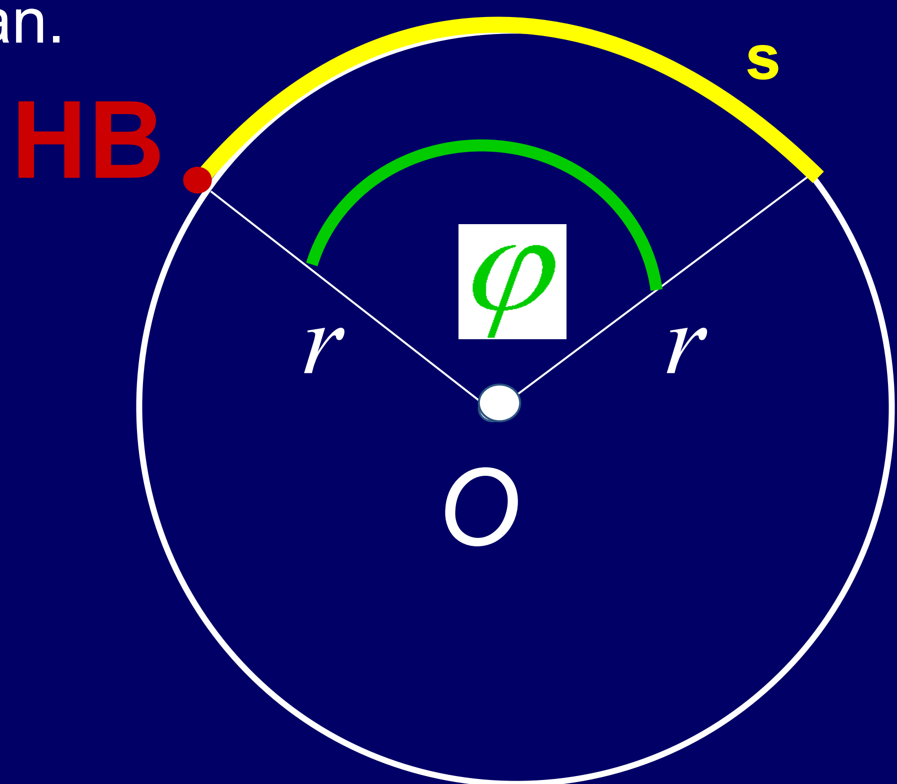
Určení polohy HB při rovnoměrném pohybu po kružnici:

- ÚHLOVÁ DRÁHA φ
- POLOHOVÝ VEKTOR $\vec{r}$

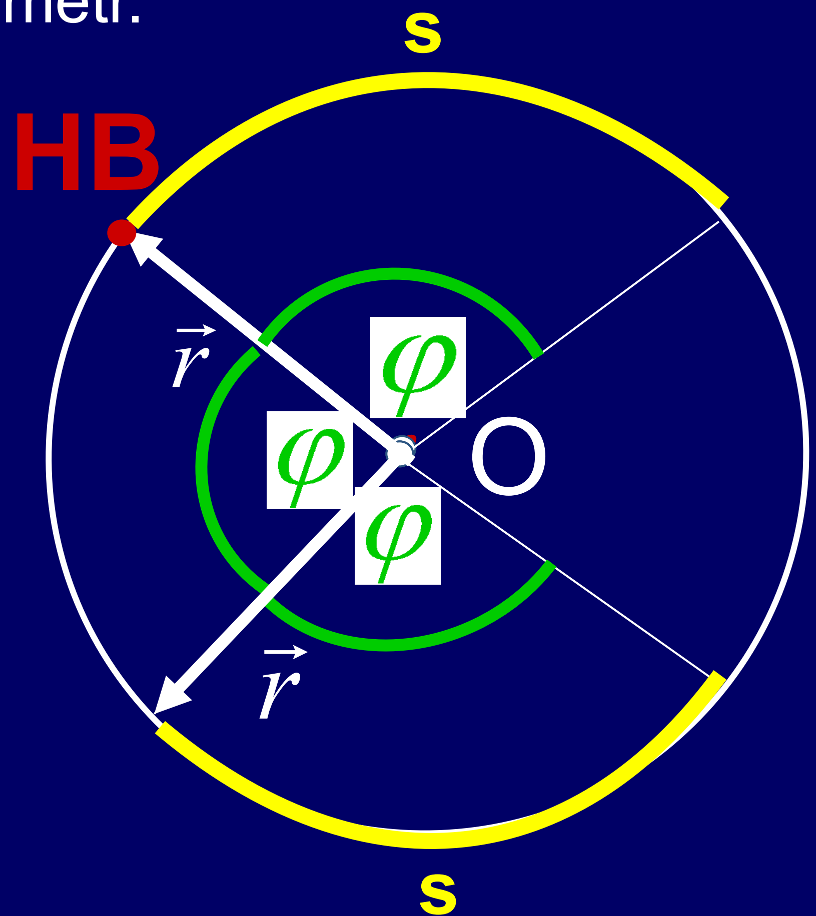
ÚHLOVÁ DRÁHA φ – středový úhel, jehož velikost je určena poměrem délky oblouku kružnice *s* od daného nulového bodu a poloměru kružnice r. Jednotkou této úhlové míry je radián.

$$\varphi = \frac{s}{r}$$

$$[\varphi] = rad$$



POLOHOVÝ VEKTOR $\vec{r}$ – velikost je se rovná poloměru kružnice r. Jednotkou je metr.



Koná-li HB rovnoměrný pohyb po kružnici, ve stejně dlouhých časových intervalech urazí stejné oblouky, kterým odpovídá stejně velký úhel φ.

Je-li s = 2πr $\rightarrow$ $\varphi = \frac{2\pi \cdot r}{r} = 2\pi\ rad$ **. Úhlu 360 odpovídá 2π radiánů.**

Další fyzikální veličiny pro popis rovnoměrného pohybu po kružnici

v - POSTUPNÁ (OBVODOVÁ) RYCHLOST
okamžitá rychlost HB v čase *t*

ω - ÚHLOVÁ RYCHLOST

T - OBĚŽNÁ DOBA (PERIODA)

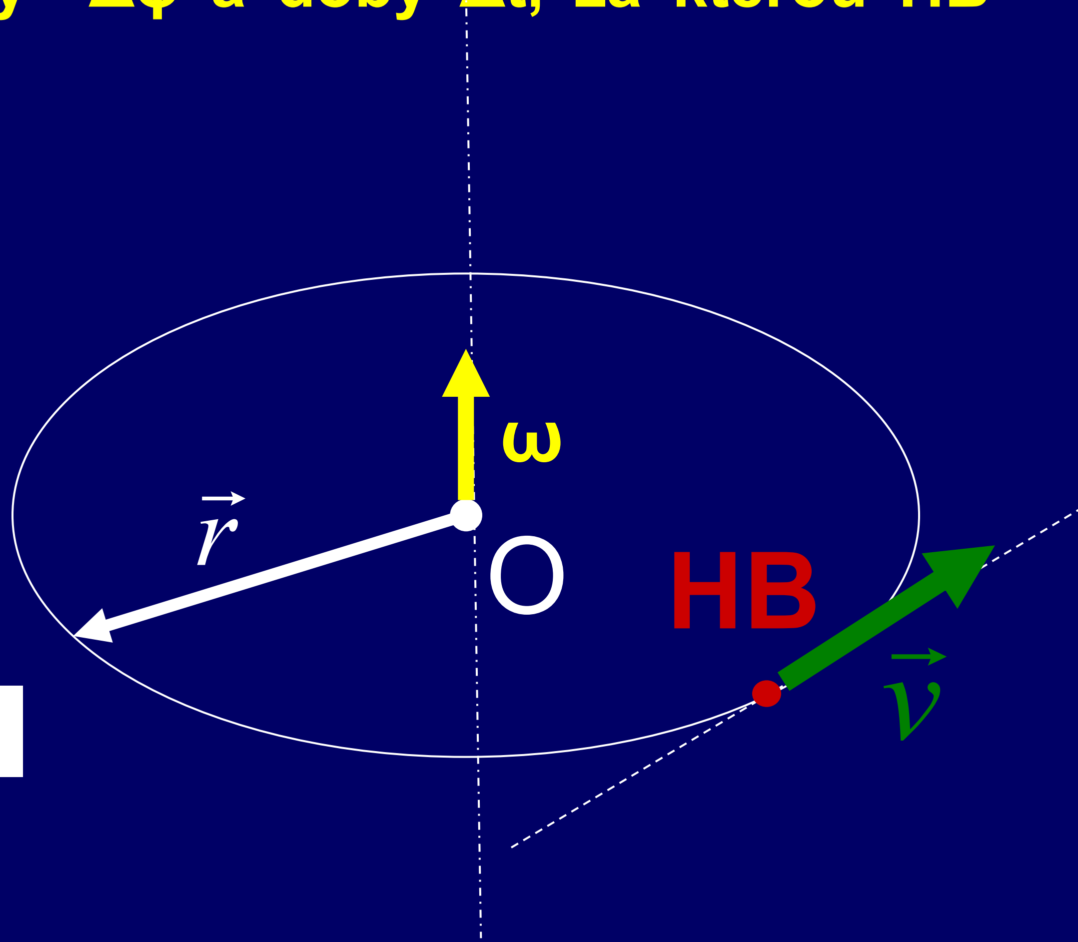
f - FREKVENCE

$\vec{a}_d$ - DOSTŘEDIVÉ ZRYCHLENÍ

ÚHLOVÁ RYCHLOST ω fyzikální veličina určená poměrem úhlové dráhy Δφ a doby Δt, za kterou HB tuto dráhu urazil

$$\omega = \frac{\Delta\varphi}{\Delta}$$

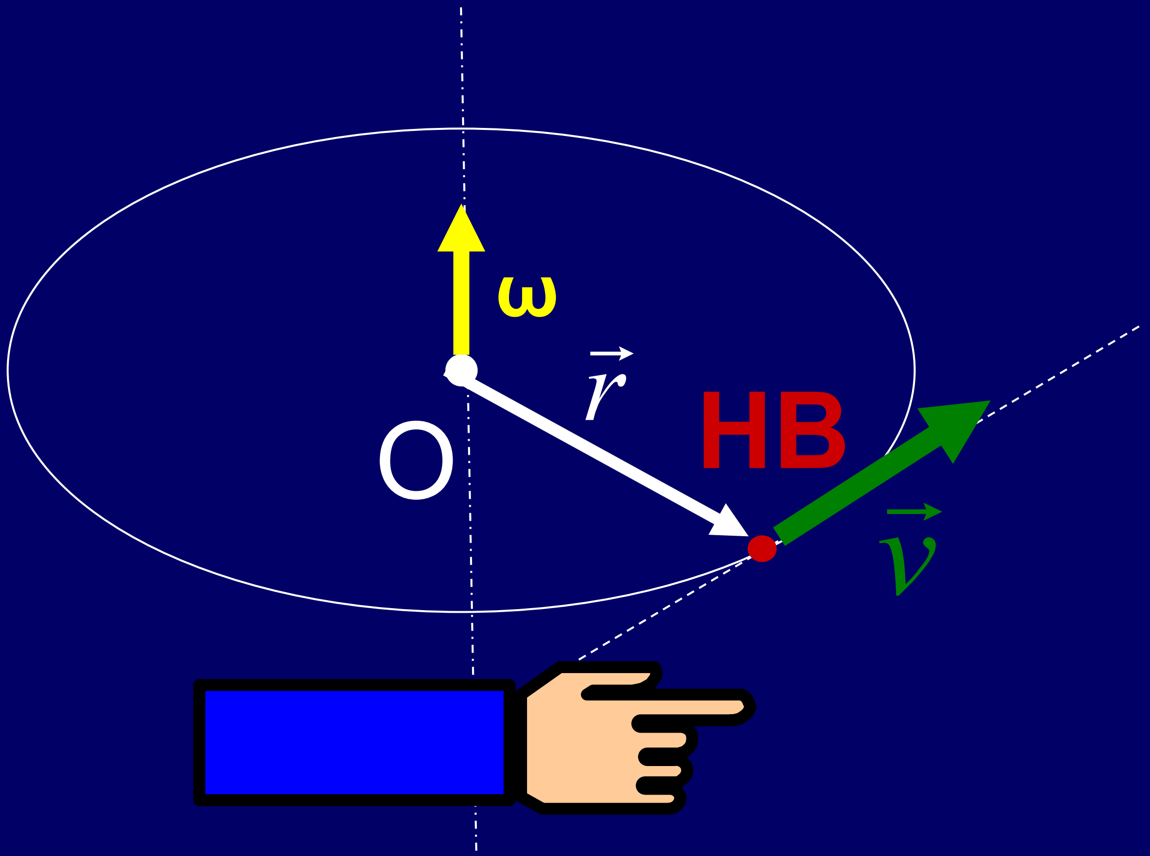
$$\omega = rad \cdot s^{-}$$



- vektor je kolmý k rovině kružnice a leží na přímce procházející jejím středem

PRAVIDLO PRAVÉ RUKY:

Jestliže prsty pravé ruky obrácené dlaní k HB ukazují směr jeho pohybu, udává vztyčený palec směr vektoru úhlové rychlosti

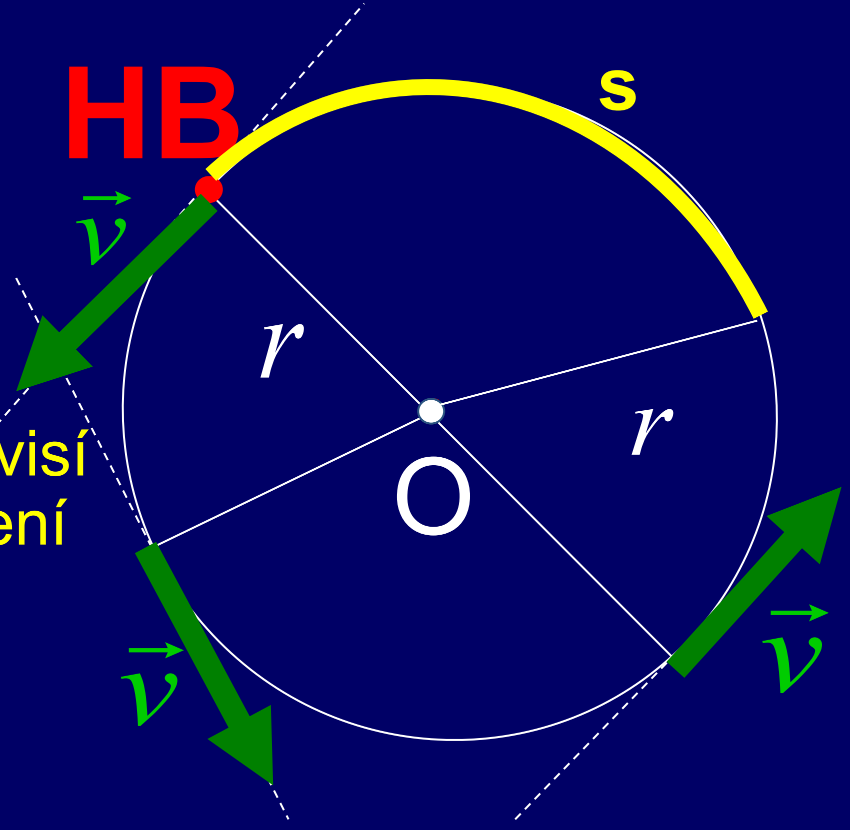


POSTUPNÁ (OBVODOVÁ) RYCHLOST $\vec{v}$

rychlost HB v čase *t*

$$v = \frac{\Delta s}{\Delta t} = \frac{r \cdot \Delta \varphi}{\Delta t} = r \cdot \frac{\Delta \varphi}{\Delta t} = r \cdot \omega$$

$$[v] = m \cdot s^{-1}$$



- velikost rychlosti HB je stálá a závisí na vzdálenosti bodů od osy otáčení

- směr rychlosti se mění, je jím tečna ke kružnici v daném bodě

- **Rovnoměrný pohyb po kružnici je pohyb periodický, tzn. stále se opakuje oběh celého obvodu kružnice.**

PERIODA (OBĚŽNÁ DOBA) T

čas, za který HB oběhne celý obvod kružnice, tj. úhel 2π

$$[T] = s$$

FREKVENCE f

vyjadřuje počet oběhů HB za jednotku času.

$$\boxed{f = \frac{1}{T}}$$

$$\omega = 2\pi \cdot f = \frac{2\pi}{T}$$

$$[f] = \frac{1}{s} = s^{-1} = Hz$$

Rozklad vektoru okamžitého zrychlení $\vec{a}$

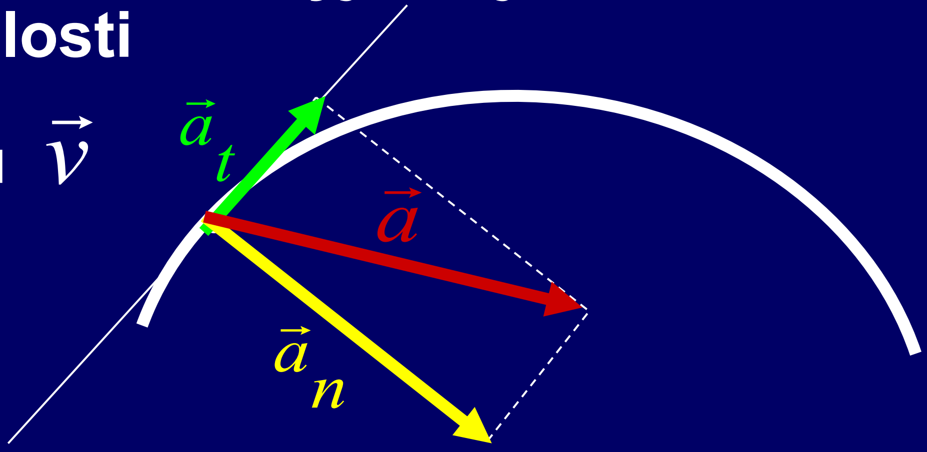
Okamžité zrychlení $\vec{a}$ rozložíme na dvě navzájem kolmé složky:

$\vec{a}_t$ **-TEČNÉ ZRYCHLENÍ vyjadřuje změnu velikosti rychlosti**

- má stejný (opačný – brzdění) směr jako $\vec{v}$
- je-li $a_t = 0$ pohyb je rovnoměrný

$\vec{a}_n$ **- NORMÁLOVÉ ZRYCHLENÍ vyjadřuje změnu směru rychlosti**

- je kolmé ke směru $\vec{v}$



Zrychlení při rovnoměrném pohybu po kružnici

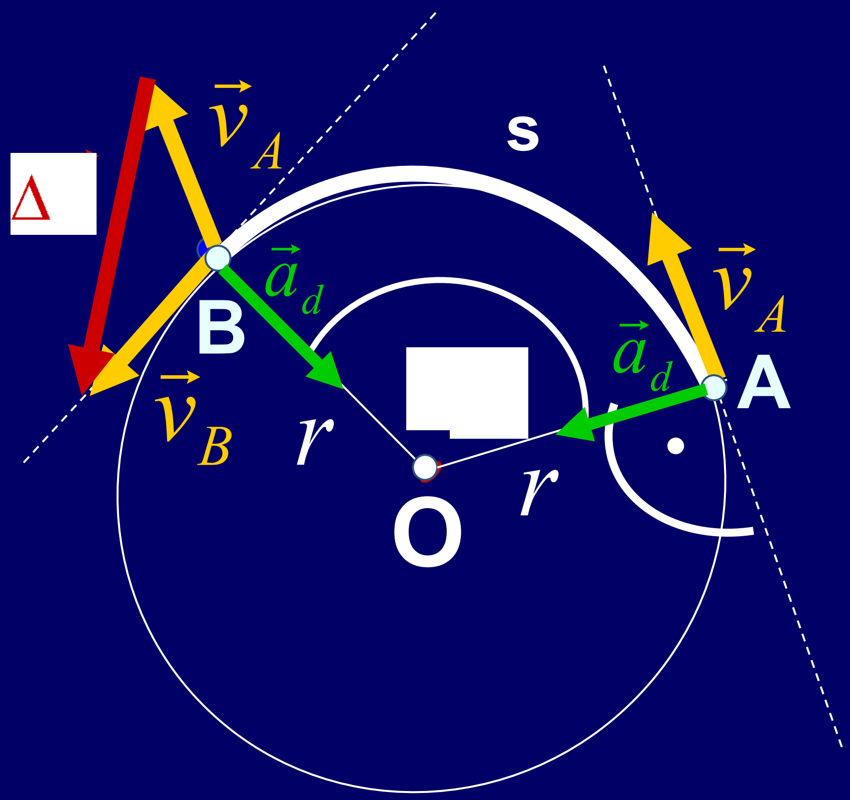
$$v = const, \vec{v} \neq const$$

rovnoměrný pohyb po kružnici je charakterizován **zrychlením** $\vec{a} = \vec{a}_t + \vec{a}_n$

$$\vec{a}_n \neq \vec{0}, \vec{a}_t = \vec{0}$$

DOSTŘEDIVÉ ZRYCHLENÍ $\vec{a}_d$

normálové zrychlení rovnoměrného pohybu po kružnici



- vektor kolmý k vektoru okamžité rychlosti $\vec{a}_d$
- směřuje do středu kružnice, po níž se HB pohybuje
- velikost a_d je konstantní, směr se však neustále mění

Odvození vztahu pro dostředivé zrychlení $\vec{a}_d$

$$|\vec{a}| \, [illegible] \, \frac{|[illegible]|}{[illegible]} \, [illegible] \, \frac{|\vec{v}_B \, [illegible] \, _A|}{[illegible]}$$

$$[illegible] \quad \frac{|[illegible]|}{v} \quad \frac{[illegible]}{r} \quad [illegible] \quad |[illegible]| \quad \frac{[illegible]}{r} \, [illegible] \, v$$

$$|\vec{a}| \, [illegible] \, \frac{|[illegible]|}{[illegible]} \, [illegible] \, \frac{\frac{[illegible]}{r} \, [illegible] \, v}{[illegible]} \, [illegible] \, \frac{[illegible] \, v}{[illegible] \, r} \, [illegible] \, \frac{v}{r} \, [illegible] \, \frac{v}{r} \, [illegible] \, \frac{v^2}{r}$$

$$\boxed{|\vec{a}_d| \, [illegible] \, a_d \, [illegible] \, \frac{v^2}{r}}$$

Další odvozené vztahy pro dostředivé zrychlení $\vec{a}_d$

$$\boxed{a_d = \frac{v^2}{r} = \omega^2 r = \frac{4\pi^2 r}{T^2} = 4\pi^2 r f^2}$$

Při rovnoměrném pohybu po kružnici, kde $\boxed{\left|\vec{a}_d\right| = a_d = \frac{v^2}{r}}$

$$v = const \Rightarrow$$

$$\omega = const \Rightarrow$$

$$a_d = const$$

Vyrobeno v rámci projektu SIPVZ
Gymnázium a SOŠ
Cihelní 410
Frýdek-Místek

Autor: Mgr. Naděžda Lisníková

Rok výroby: 2005