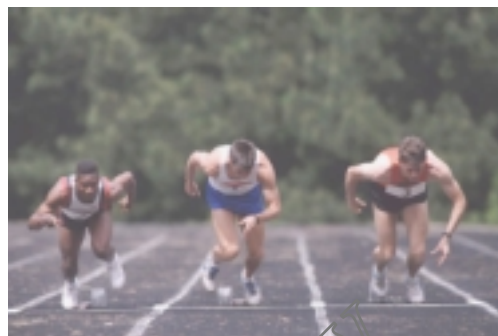


## 2.5 Rýchlosť pohybu

### Zopakujte si

1. Čo je trajektória a čo je dráha?
2. Aké druhy pohybu môžeme rozlíšiť podľa tvaru trajektórie?
3. Ako určujeme polohu bodov v súradnicovej sústave?
4. Ako môžeme vyjadriť zmenu dráhy a zmenu súradnicovej polohy za čas  $\Delta t = t_2 - t_1$ ?
5. Prečo môžeme vyjadriť zmenu polohy orientovanou úsečkou?



O telesách, ktoré prejdú za rovnaký čas rôzne veľké dráhy hovoríme, že sa pohybujú rôznou rýchlosťou. Pojem rýchlosť pre vás nie je nový. Používa sa v bežnom živote a z predchádzajúceho štúdia fyziky viete, že je to fyzikálna veličina.

### Úloha 1

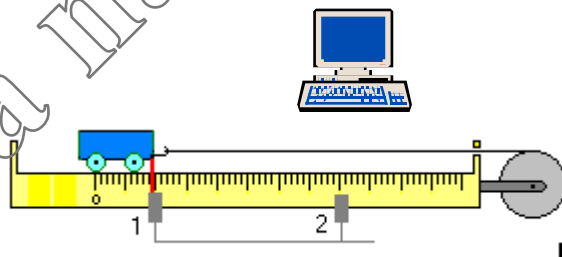
Opište, ako by ste určili približnú hodnotu rýchlosti pohybujúceho sa vlaku, ak

- a) stojíte pri trati, b) cestujete v tomto vlaku.

Ktorú vzťažnú sústavu ste použili v jednotlivých prípadoch?



Poznatky o pohybe telesa môžeme získať pokusom, pri ktorom meriame, akú dráhu prejde teleso za určitý čas. V laboratórnych podmienkach môžeme takéto meranie uskutočniť pomocou vozíka pohybujúceho sa po koľajničkách, alebo na tzv. vzduchovom vankúši. Čas meriame automaticky ovládanými stopkami. Odmerané hodnoty dráhy a času môžeme vyhodnocovať mikropočítačom. Jedno z takýchto zariadení je znázornené na obr. 27.



**Obr. 27** Pokusné zariadenie na určenie rýchlosti. (Snímače polohy 1,2 sú pripojené k počítaču)

Z odmeranej dráhy  $s$ , ktorú teleso prešlo za určitý čas  $t$ , ste sa naučili vypočítať veľkosť priemernej rýchlosti  $v_p$  ako podiel dráhy a času

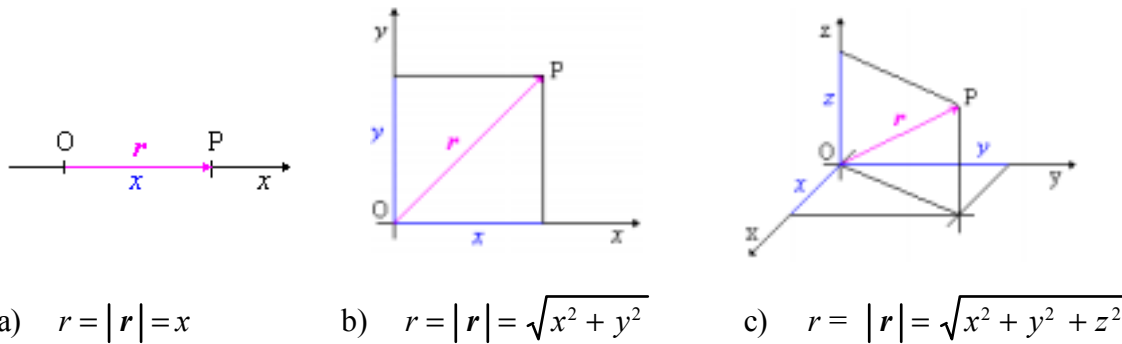
$$v_p = \frac{s}{t}$$

Takýto jednoduchý výpočet rýchlosti je v niektorých praktických situáciách užitočný. Nevystihuje však pojem *rýchlosti* ako fyzikálnej veličiny úplne a treba ho spresniť.

Mechanický pohyb telesa súvisí so zmenou jeho polohy. Polohu hmotného bodu vieme vyjadriť súradnicami určenými v pravouhlej súradnicovej sústave, ktorej začiatok spájame so vzťažným bodom O. Pre určenie polohy však existuje aj druhá možnosť:

Polohu určitého bodu vzhľadom na zvolený vzťažný bod O môžeme určiť orientovanou úsečkou  $r$ , ktorej začiatok umiestnime do bodu O. Je to **polohový vektor**. Umiestnením, veľkosťou a smerom vektora  $r$  je jednoznačne určená poloha jeho koncového bodu P.

Súvislosť medzi súradnicami zvoleného bodu P a jeho polohovým vektorom  $r$  v priamke  $x$ , v rovine  $xy$ , alebo v priestore  $xyz$ , vyplýva z obr. 28.



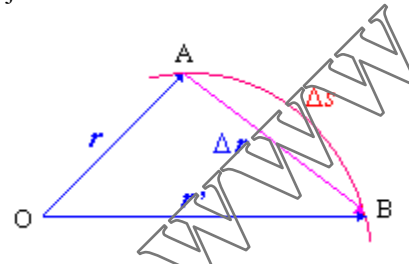
a)  $r = |\mathbf{r}| = x$

b)  $r = |\mathbf{r}| = \sqrt{x^2 + y^2}$

c)  $r = |\mathbf{r}| = \sqrt{x^2 + y^2 + z^2}$

Obr. 28 Polohový vektor bodu P a jeho súradnice

Keď sa hmotný bod pohybuje, jeho poloha sa mení. Na obr. 29 je znázornená trajektória a dve rôzne polohy pohybujúceho sa hmotného bodu, určené polohovými vektormi vzhľadom na vzťažný bod O. Vektorom  $\mathbf{r}$  je určená poloha bodu A, ktorým hmotný bod prechádza v čase  $t$ , a vektorom  $\mathbf{r}'$  poloha bodu B, ktorým prechádza v čase  $t + \Delta t$ . Vidíme, že **pri krivočiarom pohybe sa mení veľkosť aj smer polohového vektora.**

Obr. 29 Zmena polohového vektora je daná vektorom  $\Delta \mathbf{r}$ 

Polohový vektor  $\mathbf{r}'$  môžeme chápať ako výslednicu skladania vektora  $\mathbf{r}$  a jeho zmeny  $\Delta \mathbf{r}$  za čas  $\Delta t$ , t. j.  $\mathbf{r}' = \mathbf{r} + \Delta \mathbf{r}$ . Zmenu polohového vektora za čas  $\Delta t$  preto vyjadríme ako

$$\Delta \mathbf{r} = \mathbf{r}' - \mathbf{r}$$

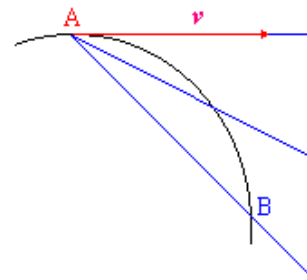
**Poznámka 1**

Vektor  $\Delta \mathbf{r}$  je zhodný s vektorom  $\mathbf{d}$ , ktorým sme doteraz vyjadrovali zmenu polohy.

Rýchlosť pohybu budeme posudzovať podľa toho, aká zmena  $\Delta \mathbf{r}$  polohového vektora pripadá na časovú jednotku. Určíme ju podielom zmeny  $\Delta \mathbf{r}$  a príslušného času  $\Delta t$ . Tento podiel predstavuje vektorovú veličinu, ktorá má určitú veľkosť a jej smer je zhodný so smerom vektora  $\Delta \mathbf{r}$ .

Ak chceme určiť rýchlosť, ktorou hmotný bod prechádza napr. bodom A svojej trajektórie, budeme uvažovať veľmi malý časový interval  $\Delta t$ , za ktorý bude zmena  $\Delta \mathbf{r}$  veľmi malá.

Pri dostatočne malom čase  $\Delta t \rightarrow 0$  (delta té sa približuje k nule) bod B takmer splynie s bodom A, a priamka prechádzajúca bodmi A, B sa približuje k dotyčnici k trajektórii v bode A (obr. 30). Je to smer rýchlosti v tomto bode.



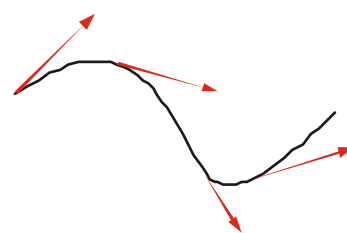
Obr. 30 Okamžitá rýchlosť má smer dotyčnice ku trajektórii v danom bode.

**Rýchlosť**, ktorou hmotný bod v danom časovom okamihu prechádza určitým bodom svojej trajektórie je daná podielom

$$\mathbf{v} = \frac{\Delta \mathbf{r}}{\Delta t} \quad \text{pre } \Delta t \rightarrow 0$$



a nazývame ju **okamžitá rýchlosť**. Rýchlosť je vektorová fyzikálna veličina. **Vektor rýchlosti** má smer dotyčnice k trajektórii (obr.31).



Obr. 31 Smer okamžitej rýchlosti v rôznych bodoch trajektórie.

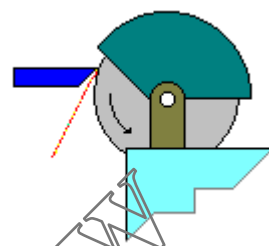
Veľkosť okamžitej rýchlosti je daná hodnotou

$$|\mathbf{v}| = \frac{|\Delta \mathbf{r}|}{\Delta t} \quad v = \frac{\Delta r}{\Delta t} = \frac{\Delta s}{\Delta t} \quad \text{pre } \Delta t \rightarrow 0$$

Jednotkou rýchlosti je  $\text{m}\cdot\text{s}^{-1} = \text{m/s}$ .

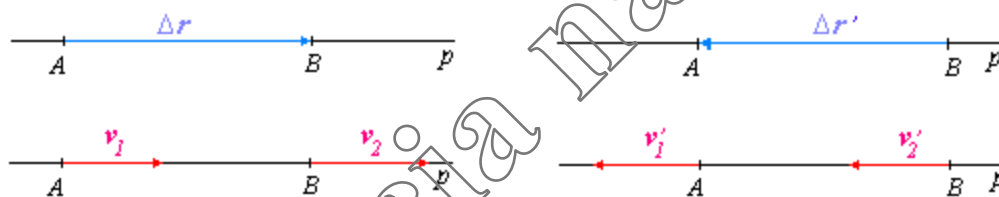
Už viete, že zotrvačný priamočiary pohyb telesa sa nezmení na krivočiary samovoľne. Príčinou je pôsobenie iných telies. Príkladom môže byť pohyb hokejového puku pozdĺž zakrivenej časti mantinela. Ak tieto príčiny zaniknú, teleso sa pohybuje ďalej priamočiaro. Skúmanie uvedených príčin však nie je predmetom kinematiky.

Na rozdiel od krivočiareho pohybu, pri priamočiarom pohybe sa smer rýchlosti nemení. Okamžitá rýchlosť má pri krivočiarom pohybe taký smer, v ktorom by sa teleso ďalej pohybovalo, ak by v danom okamihu príčina zmeny smeru pohybu zanikla. Príkladom je odlietavanie rozžeravených pilín od brúsneho kotúča (obr. 32).



Obr. 32 Iskry odlietavajú v smere dotýčnice ku kotúču.

Keď sa hmotný bod pohybuje z bodu A do bodu B priamočiaro (obr.33), zmena dráhy  $\Delta s$  má rovnakú veľkosť ako vektor  $\Delta \mathbf{r}$ , t.j.  $\Delta s = |\Delta \mathbf{r}|$ . Rýchlosť má pri priamočiarom pohybe v každom bode trajektórie rovnaký smer a jej vektorová priamka splyva s trajektóriou



Obr. 33 Pri priamočiarom pohybe sa smer rýchlosti nemení

Pri pohybe z bodu B do A, je smer vektora  $\Delta \mathbf{r}'$  opačný, ako smer vektora  $\Delta \mathbf{r}$ , t.j.  $\Delta \mathbf{r}' = -\Delta \mathbf{r}$ . Prejaví sa to v zmene smeru rýchlosti na opačný. Ak majú napr. rýchlosti  $\mathbf{v}$  a  $\mathbf{v}'$  rovnakú veľkosť, je  $\mathbf{v}' = -\mathbf{v}$ .

Keď sa veľkosť okamžitej rýchlosti pri pohybe po trajektórii ľubovoľného tvaru nemení, ide o **rovnomerný pohyb**.

Keď sa veľkosť rýchlosti mení, ide o **nerovnomerný pohyb**.

#### Poznámka 2

Pre strednú hodnotu veľkosti rýchlosti, ktorú vypočítame ako podiel dráhy  $\Delta s = s$  prejdenej za čas  $\Delta t = t$  a tohoto času

$$v_p = \frac{\Delta s}{\Delta t} = \frac{s}{t} \quad [v_p] = \text{m}\cdot\text{s}^{-1} = \text{m/s}$$

budeme v ďalšom používať názov **priemerná rýchlosť** rovnako, ako v predchádzajúcom štúdiu fyziky.

Hodnota priemernej rýchlosti udáva, akú dráhu by teleso prešlo za jednotku času, ak by sa pohybovalo stálou rýchlosťou o veľkosti  $v_p$ .

Veľkosť okamžitej rýchlosti sa môže v jednotlivých bodoch daného úseku trajektórie odlišovať od priemernej rýchlosti  $v_p$ . To znamená, že môže byť väčšia, alebo menšia ako priemerná, alebo sa teleso môže na určitý čas aj zastaviť. Rýchlosť telesa v pokoji je nulová. Stálou rýchlosťou o veľkosti  $v_p$  by hmotný bod prešiel danú dráhu za rovnaký čas, ako v skutočnosti.

**Úloha 2**

Pretekársky okruh súťaže Formula-1 má dĺžku 5 km. Jeden z pretekárov prešiel danú trať za čas 1,2 min.

- Aká bola priemerná rýchlosť automobilu ?
  - Akou stálou rýchlosťou by automobil prešiel danú trať za rovnaký čas ?
  - Ovplyvnilo hodnotu priemernej rýchlosti to, že v čase 1,2 min je zahnutý aj čas potrebný na výmenu pneumatiky ?
- [ a) 250 km.h<sup>-1</sup>, b) 250 km.h<sup>-1</sup>, c) áno ]

**Úloha 3**

Vypočítajte priemernú rýchlosť prúdového lietadla pri jeho lete na linke Bratislava - Praha - Bratislava, keď z Bratislavy do Prahy letelo priemernou rýchlosťou 600 km.h<sup>-1</sup> a na spätočnej ceste priemernou rýchlosťou 700 km.h<sup>-1</sup>.

**Úloha 4**

Žací kombajn má šírku záberu 5 m. Pohybuje sa po poli priemernou rýchlosťou 3 km.h<sup>-1</sup>. Aký plošný obsah má pás poľa, ktorý kombajn zožne za 0,5 h? [7500 m<sup>2</sup> ]

**Otázky a úlohy**

- Načrtnite *polohové vektory* bodov A, B, C trajektórie v rovine, vzhľadom na bod A.
- Aký je vzťah medzi *veľkosťou polohového vektora* a *súradnicami* jeho koncového bodu?
- Vysvetlite pojem *zmena polohového vektora*.
- Na obrázku trajektórie krivočiareho pohybu vysvetlite rozdiel medzi *veľkosťou dráhy*, a príslušnej *zmeny polohového vektora*.
- Napište vzťah pre *okamžitú rýchlosť*.
- Prečo je okamžitá rýchlosť vektorová veličina?
- Znázornite graficky *smery okamžitej rýchlosti* pri a) krivočiarom pohybe, b) priamočiarom pohybe.
- Napište vzťah pre *veľkosť okamžitej rýchlosti*.
- Ako vypočítame veľkosť *priemernej rýchlosti*?
- Čím sa odlišuje *rovnomerný pohyb* od *nerovnomerného pohybu*?