2. Kinematika pohybu hmotného bodu

- kinematika je částí mechaniky, která se zabývá **popisem** mechanického pohybu těles, příp. hmotných bodů. **Odpovídá** na otázku: **Jak** se tělesa pohybují? **Neřeší** důvody - **proč** se pohybují (to je úkolem dynamiky).

Základní kinematické pojmy:

- ***hmotný bod*** - myšlený bodový objekt, kterým nahrazujeme těleso tak, že zachováváme hmotnost tělesa, ale zanedbáváme jeho rozměry. Hmotný bod umísťujeme do těžiště tělesa.

Poznámka: Za hmotný bod lze považovat těleso, jehož rozměry jsou zanedbatelné vzhledem ke vzdálenosti, z níž těleso pozorujeme. Např. hvězda pozorovaná ze Země.

- ***vztažná soustava*** - soustava, vzhledem k níž zkoumáme pohyb sledovaného tělesa, příp. hmotného bodu. Je tvořena tzv. **vztažným tělesem**, které je spojené se **souřadnicovou soustavou**, vzhledem k níž popisujeme pohybový stav sledovaného tělesa, resp. hmotného bodu.
- ***trajektorie*** – množina všech bodů prostoru, kterými hmotný bod při pohybu postupně prochází. Trajektorií je geometrická křivka.
- ***dráha*** – délka trajektorie, $[s] = \mathrm{m}$

Poznámka: Pokud např. narýsujeme pomocí pravítka úsečku o délce 30 cm, tak narýsovaná úsečka je trajektorií hrotu tužky a dráha, kterou hrot urazil je 30 cm.

- ***průměrná rychlost*** – skalární veličina určená jako podíl dráhy Δs a času Δt, za který hmotný bod tuto dráhu urazí … $v_p = \dfrac{\Delta s}{\Delta t}$, $\quad [v_p] = \dfrac{[\Delta s]}{[\Delta t]} = \dfrac{m}{s} = m.s^{-1}$
- ***okamžitá rychlost*** – vektorová veličina, která má vždy směr tečny k trajektorii pohybu.

  Obecně lze její velikost počítat podle vzorce $v = \dfrac{\Delta s}{\Delta t}$, pro $\Delta t \to 0s$, což zapisujeme: $v = \lim\limits_{\Delta t \to 0} \dfrac{\Delta s}{\Delta t}$.

  Výhodnější je počítat její velikost užitím vhodných vzorců např. $v = v_0 + at$, $v = v_0 - at$, $v = gt$, …
- ***zrychlení*** – vektorová veličina, která udává časovou změnu vektoru rychlosti $\vec{a} = \dfrac{\Delta \vec{v}}{\Delta t}$,

  $[a] = \dfrac{[\Delta v]}{[\Delta t]} = \dfrac{m.s^{-1}}{s} = m.s^{-2}$

  Poznámka: Podobně jako se zavádí pojmy průměrná a okamžitá rychlost, lze zavést také průměrné a okamžité zrychlení. Protože středoškolská fyzika zkoumá většinou pohyby, při nichž se velikost zrychlení nemění, vystačíme s intuitivním používáním uvedených veličin.

Klasifikace pohybů hmotného bodu:

a) Podle tvaru trajektorie
- přímočarý … trajektorií je přímka
- křivočarý … trajektorií je křivka

b) Podle časové změny velikosti rychlosti
- rovnoměrný … velikost rychlosti je konstantní
- nerovnoměrný … velikost rychlosti není konstantní
  - rovnoměrně zrychlený - velikost rychlosti rovnoměrně roste
  - rovnoměrně zpomalený - velikost rychlosti rovnoměrně klesá
  - nerovnoměrně zrychlený (zpomalený) – velikost rychlosti se mění nerovnoměrně

Poznámka:

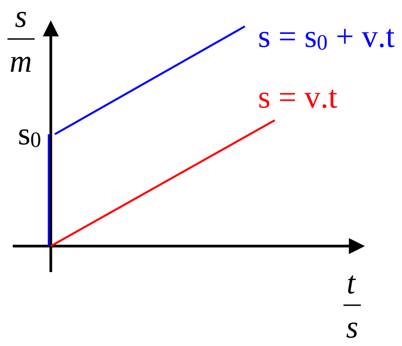
c) U těles rozlišujeme na základě trajektorií jednotlivých bodů tělesa pohyb:
- **posuvný** – všechny body tělesa opisují stejné trajektorie
- **otáčivý** – body tělesa opisují kružnice, jejichž poloměry rostou se vzdáleností bodu od osy otáčení

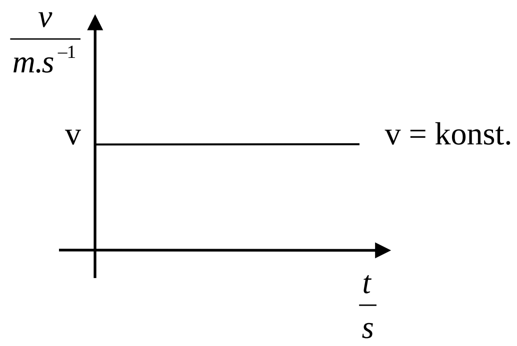
A. Kinematika přímočarých pohybů:

1) Pohyb rovnoměrný přímočarý (PRP)

- trajektorií je přímka, $\vec{v} = \vec{konst}$ … rychlost se nemění, zrychlení je nulové.

Závislost dráhy a rychlosti na čase (numericky a graficky):

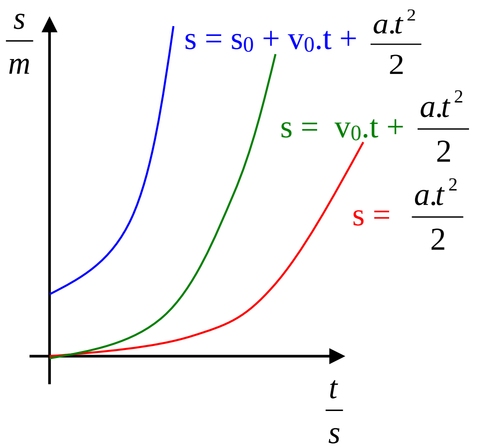


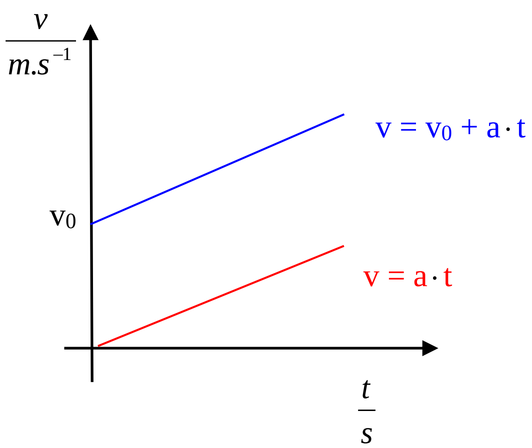


2) Pohyb rovnoměrně zrychlený přímočarý (PRZP)

- trajektorií je přímka, velikost rychlosti lineárně roste, $\vec{a} = \vec{konst}$ ...zrychlení je konstantní a nenulové

Závislost dráhy a rychlosti na čase (numericky a graficky):

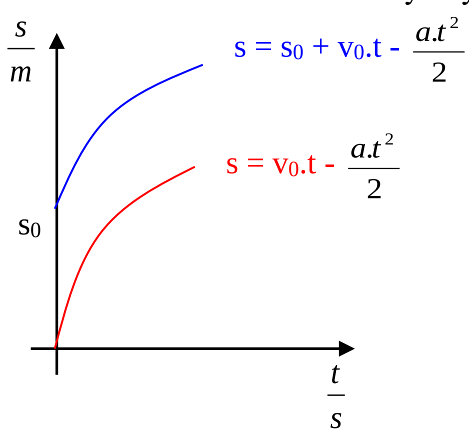


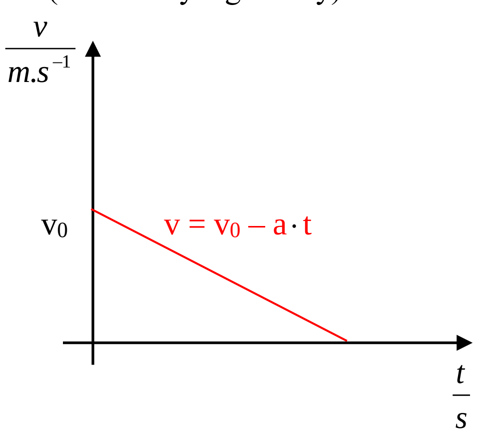


3) Pohyb rovnoměrně zpomalený přímočarý (PRZpP)

- trajektorií je přímka, velikost rychlosti lineárně klesá, $\vec{a} = \vec{konst}$ …zrychlení je konstantní a nenulové

Závislost dráhy a rychlosti na čase (numericky a graficky):





Poznámka 1: V uvedených vztazích označuje s_0 dráhu, kterou hmotný bod urazil před začátkem našeho měření, případně jeho vzdálenost od vztažné soustavy na začátku měření v čase t = 0 s, v_0 je okamžitá rychlost hmotného bodu v čase t = 0 s. V naprosté většině příkladů lze počítat s s_0 = 0 m.

Poznámka 2: Okamžitá rychlost míří u přímočarého pohybu vždy ve směru trajektorie, okamžité zrychlení míří ve směru trajektorie u pohybu rovnoměrně zrychleného přímočarého a proti směru pohybu u pohybu rovnoměrně zpomaleného přímočarého.

Poznámka 3: Z dalších pohybů, kterými se zabývá středoškolská fyzika, je nutné znát volný pád, svislý vrh vzhůru, vodorovný vrh, případně šikmý vrh vzhůru a kmitavý pohyb, jejichž podrobný rozbor je uveden v jiných maturitních otázkách.

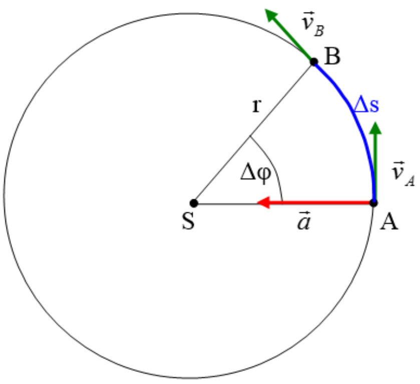
B. Kinematika křivočarých pohybů:

1) Pohyb rovnoměrný po kružnici (PRpoK)

- trajektorií hmotného bodu je kružnice, velikost rychlosti se nemění, okamžitá rychlost má v každém bodě směr tečny k trajektorii, okamžité zrychlení míří v každém bodě trajektorie do jejího středu.

Základní pojmy:

- poloměr trajektorie r, [r] = m
- perioda T – doba jedné otáčky, [T] = s
- frekvence f – udává počet otáček hmotného bodu za jednotku času, [f] = s^{-1} = Hz
- s, Δs - dráha uražená hmotným bodem, [Δs] = m
- φ , $\Delta\varphi$ – úhlová dráha … jedná se o bezrozměrnou fyzikální veličinu, kterou udáváme v obloukové míře v radiánech
- obvodová rychlost v, [v] = $m.s^{-1}$
- úhlová rychlost ω, [ω] = s^{-1}
- dostředivé zrychlení a_d, [a_d] = $m.s^{-2}$



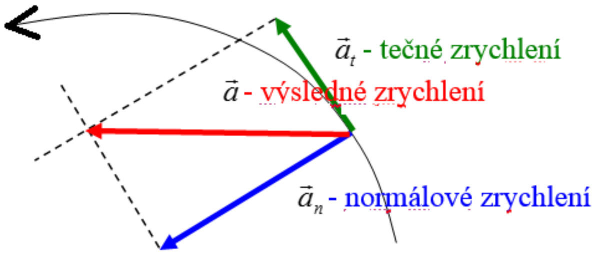
Základní vztahy mezi veličinami:

- $f = \dfrac{1}{T}$
- $\varphi = \dfrac{\Delta s}{r}$
- $v = \dfrac{\Delta s}{\Delta t} = \dfrac{2.\pi.r}{T} = \omega \cdot r$
- $\omega = \dfrac{\Delta\varphi}{\Delta t} = \dfrac{2.\pi}{T} = \dfrac{v}{r}$
- $a_d = v \cdot \omega = \omega^2 \cdot r = \dfrac{v^2}{r} = \dfrac{4 \cdot \pi^2 \cdot r}{T^2} = 4.\pi^2 \cdot f^2 r$

Poznámka: Jak vysvětlíme zdánlivý paradox, že při pohybu **rovnoměrném** po kružnici zrychlení překvapivě není nulové?
Vysvětlení je jednoduché. Zrychlení není nulové, pokud se mění rychlost. Protože je rychlost vektorovou fyzikální veličinou, lze její změnu vyvolat nejen změnou její velikosti, ale také změnou jejího směru, což nastává právě u pohybu rovnoměrném po kružnici. Šikovný student by měl být schopen odvodit vztah pro dostředivé zrychlení – mnohem lépe by tím zdánlivému paradoxu porozuměl.

2) Obecný křivočarý pohyb

- trajektorií je křivka, rychlost ani zrychlení nemusí být konstantní.



Zrychlení hmotného bodu míří šikmo k trajektorii. Lze je rozložit na dvě složky:

1. zrychlení tečné - pokud míří ve směru trajektorie, tak způsobuje zrychlování, pokud míří proti směru trajektorie, způsobuje zpomalování.
2. zrychlení normálové - je příčinou pro zakřivení trajektorie.

Poznámka: Na obrázku je zakreslen příklad pohybu křivočarého a zrychleného.