

rychlostí $\mathbf{v}_1$ a pak byla tažena kolmo k břehům rychlostí $\mathbf{v}_2$ (nebo konala tyto pohyby v opačném pořadí).

Jestliže jsou skládané pohyby rovnoměrné a přímočaré, je rovněž složený pohyb rovnoměrný a přímočarý. Hmotný bod se pohybuje po přímce, jejíž směr je určen směrem výsledné rychlosti.

Obecně je však trajektorií složeného pohybu křivka. Vystřelíme-li např. šikmo vzhůru z pušky, koná střela současně dva pohyby: rovnoměrný přímočarý pohyb ve směru, kterým byla vystřelena, a rovnoměrně zrychlený přímočarý pohyb ve svislém směru (volný pád). Trajektorií tohoto složeného pohybu je potom křivka (část paraboly).

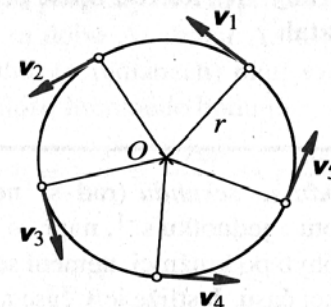
Úlohy

- 1 Plavec, jehož rychlost vzhledem k vodě je $0,65 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$, plave v řece, která teče rychlostí $0,25 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$. Určete dobu, za kterou plavec doplave do vzdálenosti 72 m, směřuje-li a) po proudu, b) proti proudu, c) kolmo k proudu. [a) 80 s; b) 180 s; c) 103 s]
- 2 Lodka má vzhledem k vodě rychlost $5,2 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$, rychlost proudu v řece je $2,4 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$. Pod jakým úhlem vzhledem k proudu musí lodka plout, aby se pohybovala kolmo k břehům řeky? Jak velkou rychlostí se přibližuje k břehu? [117° , $4,6 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$]
- 3 Vlak jede po vodorovné trati rychlostí $20 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$. Na okna vlaku dopadají svisle dolů dešťové kapky rychlostí $9,0 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$. Jak velká je rychlost kapek vzhledem k oknům vlaku? Jaký úhel svírají stopy dešťových kapek na okně vlaku se svislým směrem? [$22 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$, 66°]
- 4 Jeřáb zvedá břemeno rovnoměrným přímočarým pohybem do výšky 6,5 m a současně popojede vodorovným směrem do vzdálenosti 4,2 m. Určete dráhu břemena a úhel, který svírá jeho trajektorie s vodorovným směrem. [$7,7 \text{ m}$, 57°]

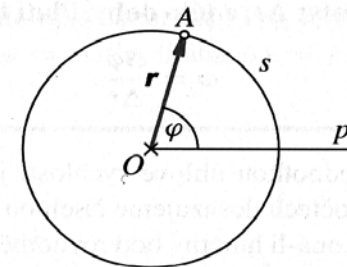
2.10 Rovnoměrný pohyb po kružnici

S pohybem hmotného bodu po kružnici se v praxi setkáváme velmi často. Takový pohyb konají body na obvodu kola s nehybnou osou, např. body na obvodu gramofonové desky, brusného kotouče, setrvačníku.

Rovnoměrný pohyb po kružnici je nejjednodušší křivočarý pohyb. Trajektorie hmotného bodu je kružnice, velikost rychlosti je konstantní. Směr rychlosti se ovšem neustále mění – rychlost hmotného bodu má v každém bodě trajektorie směr tečny ke kružnici, po níž se hmotný bod pohybuje (obr. 2-33, kde $v_1 = v_2 = v_3 = v_4 = v_5$).



2-33 Rovnoměrný pohyb hmotného bodu po kružnici



2-34 Určení polohy hmotného bodu při pohybu po kružnici. Měření velikosti úhlu v radiánech

Pro popis rovnoměrného pohybu hmotného bodu po kružnici zvolíme vztahový bod O ve středu kružnice, zvolíme rovněž základní směr – polopřímku p procházející vztahovým bodem O (obr. 2-34). Spojnice středu kružnice a pohybujícího se hmotného bodu se nazývá **průvodič hmotného bodu**. Délka průvodiče je rovna poloměru kružnice r . V čase t je hmotný bod v poloze A . Průvodič svírá s polopřímkou p úhel φ . Tento úhel se nazývá **úhlová dráha**.

Ve fyzice je často výhodné měřit velikost úhlu v radiánech (značka rad).

Velikost úhlu v radiánech je určena poměrem délky oblouku kružnice s a poloměru r této kružnice:

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

Velikost 1 radián má úhel, jemuž přísluší oblouk kružnice stejné délky, jako je poloměr kružnice, tedy $s = r$. Radián je bezrozměrová veličina s jednotkou 1 (*jedna*), proto při výpočtech s úhly v radiánech dosazujeme jen číselnou hodnotu.

Plný úhel má velikost $\varphi = 2\pi r/r = 2\pi \text{ rad}$. Pro převod mezi radiány a úhlovými stupni platí převodní vztahy: $1 \text{ rad} = 57^\circ 20'$, $1^\circ = \pi/180 \text{ rad}$.

Skupina A

1. Automobil jel půl hodiny rychlostí $50 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$, další hodinu jel po dálnici rychlostí $110 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$. Určete a) celkovou dráhu, kterou automobil urazil, b) průměrnou rychlost automobilu.

[a) 135 km ; b) $90 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$]

2. Letadlo se rozjíždí z klidu rovnoměrně zrychleně a za dobu 15 s dosáhne rychlosti $60 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$. Vypočítejte a) velikost zrychlení letadla, b) dráhu, kterou při rozjezdu urazí.

[a) $4 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$; b) 450 m]

3. Ve vagonu vlaku, který jede stálou rychlostí $25 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ po přímé vodorovné trati, je vržen míč rychlostí $15 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ vzhledem k vagonu. Jak velká je rychlost míče vzhledem k povrchu Země, je-li míč vržen a) ve směru jízdy, b) proti směru jízdy, c) kolmo ke směru jízdy?

[a) $40 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$;
b) $10 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$; c) $29 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$]

4. Určete průměrnou rychlost automobilu, který se pohybuje a) první polovinu doby své jízdy rychlostí $90 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$, druhou polovinu rychlostí $30 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$, b) na první polovině celkové dráhy rychlostí $90 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$, na druhé polovině rychlostí $30 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$.

[a) $v_p = (v_1 + v_2)/2 = 60 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$;

b) $v_p = 2v_1v_2/(v_1 + v_2) = 45 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$]

5. Z téhož místa se začnou současně pohybovat dvě tělesa ve stejném směru, první rovnoměrně rychlostí $12 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$, druhé rovnoměrně zrychleně s nulovou počáteční rychlostí a se zrychlením $2 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$. Určete výpočtem i graficky, za jakou dobu budou mít obě tělesa stejnou rychlost.

[6 s]

6. Na obr. C2-2 je nakreslen graf závislosti rychlosti motocyklu na čase. Určete zrychlení motocyklu v časech 1 s , 4 s a 8 s .

[$4 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$, $0 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$, $1 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$]

Skupina B

1. Cyklista urazí na vodorovné silnici dráhu 300 m rychlostí $6 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ a pak na mírném stoupání dráhu 150 m rychlostí $3 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$. Určete a) celkovou dobu jízdy cyklisty, b) jeho průměrnou rychlost.

[a) 100 s ; b) $4,5 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$]

2. Motocykl se rozjíždí z klidu s konstantním zrychlením $0,5 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$. Určete a) dobu, za kterou dosáhne rychlosti $10 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$, b) dráhu, kterou za tuto dobu urazí.

[a) 20 s ; b) 100 m]

3. Plavec, jehož rychlost vzhledem k vodě je $0,85 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$, plave v řece, která teče rychlostí $0,40 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$. Určete rychlost plavce vzhledem k břehům řeky, směřuje-li a) po proudu, b) proti proudu, c) kolmo k proudu.

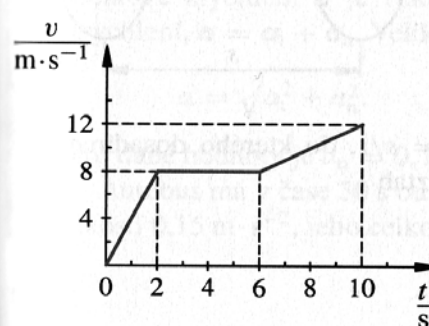
[a) $1,25 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$;

b) $0,45 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$;

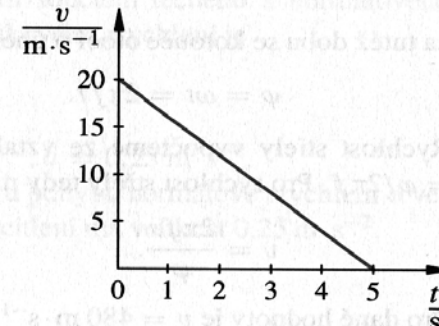
c) $0,94 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$]

7. Rychlost vlaku, který jel rovnoměrně zpomaleně po přímé trati, se během 20 s zmenšila z $54 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ na $36 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$. Vypočítejte velikost zrychlení vlaku a dráhu, kterou za danou dobu urazil.

[$0,25 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$, 250 m]



C2-2



C2-3

8. Na obr. C2-3 je nakreslen graf závislosti rychlosti hmotného bodu na čase. Jaký pohyb hmotný bod koná? Jak velké je jeho zrychlení? Na jaké dráze zastaví?

[rovnoměrně zpomalený pohyb, $4 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$, 50 m]

9. Loďka, jejíž rychlost vzhledem k vodě je $5,5 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$, pluje v řece, která teče rychlostí $1,5 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$. Pod jakým úhlem vzhledem k proudu musí loďka plout, aby se pohybovala kolmo k břehům řeky? Jakou rychlostí se přibližuje k břehu?

[106° , $5,3 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$]

Cvičení 3 KINEMATIKA KŘIVOČARÉHO POHYBU

Příklad 1

Na prodloužené ose motoru jsou upevněny ve vzdálenosti $0,80 \text{ m}$ od sebe dva papírové kotouče, které se rovnoměrně otáčejí s frekvencí 50 Hz . Kotouče jsou proráženy střelou letící rovnoběžně s osou otáčení. Podle otvorů způsobených střelou v kotoučích bylo zjištěno, že se během průletu střely kotouče otočily o úhel 30° . Vypočítejte rychlost střely.

Řešení

$$s = 0,80 \text{ m}, \quad f = 50 \text{ Hz}, \quad \varphi = 30^\circ = \frac{\pi}{6} \text{ rad}; \quad v = ?$$

1. Balík je uvolněn za letu z letadla, které se pohybuje vodorovně rychlostí 200 m/s a dopadne na zem za dobu 12 s. Určete výšku letadla, dráhu balíku ve vodorovném směru a rychlost dopadu balíku. Odpor vzduchu je zanedbatelný.

[705,6 m; $2,4 \cdot 10^3$ m; $2,32 \cdot 10^2$ m/s]

2. Projektil je vystřelen ve vodorovném směru ve výšce 49 m a dopadne na zem ve vodorovné vzdálenosti 2 km od místa výstřelu. Určete rychlost výstřelu projektilu.

[$6,32 \cdot 10^2$ m/s]

3. Vojenský bombardér má za úkol zasáhnout ponorku z letové výšky 7840 m. Určete dobu, kterou má k dispozici ponorka od okamžiku uvolnění střely z letounu, aby se včas ponořila. Zanedbejte odpor vzduchu.

[40 s]

4. Motorista, který se pohybuje rychlostí 54 km/h, přijede nečekaně k propadlé vozovce v délce 3 m s úrovnovým rozdílem 1 m. Určete, zda se řidiči podaří překážku překonat.

[ano]

