

2.12 Zložený pohyb

Zopakujte si

1. Čo rozumieme pod relativnosťou pokoja a pohybu?
2. Ako súvisí tvar trajektórie s voľbou vzťažnej sústavy?
3. Ktoré pravidlá používame pri skladaní vektorov?
4. Ktorými vektormi vyjadrujeme polohu a zmenu polohy bodu?



V tejto kapitole sa budeme zaoberať opisom takého pohybu, ktorý vznikne zložením dvoch, alebo aj viacerých jednoduchých pohybov. Čo si však máme pod skladaním pohybov predstaviť?

Vysvetlíme to na príklade, ktorý poznáte z vlastnej skúsenosti.

Cestujúci, ktorý sedí na svojom sedadle vo vlaku, je vzhľadom na vlak v pokoji. Pre pozorovateľa stojaceho pri trati, je každý z cestujúcich unášaný pohybujúcim sa vlakom. Ak sa cestujúci rozhodne naobedovať v jedálnom vozni, ktorý je bližšie k lokomotive, vstane a bude kráčať k dverám svojho vagóna. Pozorovateľovi pri trati sa jeho pohyb bude javiť zložený z dvoch pohybov rovnakého smeru – z chôdze vo vlaku a z pohybu vlaku po trati.

Úloha 1

Opište, ktoré pohyby z hľadiska pozorovateľa na zemi, tvoria pohyb a) motorového člna proti prúdu rieky, b) let futbalovej lopty kopnutej na bránku, c) iskry vzniknutej pri zváraní, d) kolesa vlaku.

Pohyb telesa je prejavom zmeny jeho polohy vzhľadom na zvolenú vzťažnú sústavu, je teda relatívny. Zmenu polohy hmotného bodu vyjadrujeme zmenou jeho polohového vektora $\Delta \mathbf{r} = \mathbf{d}$, vzhľadom na zvolený vzťažný bod. Podľa pravidiel o skladaní vektorov môžeme túto zmenu vyjadriť ako výslednicu

$$\mathbf{d} = \mathbf{d}_1 + \mathbf{d}_2 + \dots + \mathbf{d}_N$$

skladania ľubovoľného počtu N zmien $\mathbf{d}_1, \mathbf{d}_2, \dots, \mathbf{d}_N$ polohového vektora.

Predpokladajme, že cestujúci vo vlaku zmení svoju polohu zo sedadla do jedálneho vozňa stálou rýchlosťou v_1 za čas Δt . Túto zmenu vzhľadom na vlak vyjadríme vektorom \mathbf{d}_1 . Uskutočnila sa na dráhe o veľkosti $\Delta s_1 = |\mathbf{d}_1| = v_1 \Delta t$.

Ak sa vlak po koľajniciach pohybuje stálou rýchlosťou v_2 , zmena jeho polohy voči trati za čas Δt je určená vektorom \mathbf{d}_2 , ktorého veľkosť sa rovná dráhe $\Delta s_2 = |\mathbf{d}_2| = v_2 \Delta t$. Zmenu polohy cestujúceho po jeho príchode do jedálneho vozňa preto pozorovateľ pri trati vyjadrí vektorom $\mathbf{d} = \mathbf{d}_1 + \mathbf{d}_2$. Tento vektor má v danom prípade veľkosť dráhy zloženej z dráh dvoch navzájom nezávislých pohybov rovnakého smeru $|\mathbf{d}| = \Delta s = s_1 + s_2$, t.j.

$$\Delta s = (v_1 + v_2) \Delta t = vt$$

Cestujúci sa teda vzhľadom na trať pohybuje rovnomerne rýchlosťou s veľkosťou $v = v_1 + v_2$

Úloha 2

Bude vzťah pre rýchlosť zloženého pohybu platiť aj v prípade, keď sa cestujúci vo vlaku vracia z jedálneho vozňa k svojmu sedadlu?

Úloha 3

Ako určí pozorovateľ pri trati rýchlosť cestujúceho, ktorý sa vo vlaku pohybuje od jedného okna k druhému na protiľahlej strane vagóna?



Príklad 1

Ako treba vo všeobecnosti určiť rýchlosť \mathbf{v} hmotného bodu, ktorý vzhľadom na danú vzťažnú sústavu vykonáva súčasne dva navzájom nezávislé, rovnomerné priamočiare pohyby, rýchlosťami \mathbf{v}_1 a \mathbf{v}_2 ?

Riešenie

Rýchlosti \mathbf{v}_1 a \mathbf{v}_2 sú vektory a môžu zvierat' navzájom ľubovoľný uhol. Rýchlosť \mathbf{v} sa v danej vzťažnej sústave javí ako výslednica vektorového súčtu $\mathbf{v} = \mathbf{v}_1 + \mathbf{v}_2$ daných rýchlostí (zložiek).

Poznatky, ktoré sme získali na príklade cestujúceho vo vlaku môžeme zovšeobecniť takto:

Keď teleso vykonáva vzhľadom na pozorovateľa súčasne dva, alebo viac rôznych jednoduchých pohybov, vykonáva, tzv. **zložený pohyb**.

Teleso pri tom zaujme v každom časovom okamihu rovnakú polohu, ako keby jednotlivé jednoduché pohyby vykonalo postupne za sebou a v ľubovoľnom poradí. To svedčí o **vzájomnej nezávislosti skladaných pohybov**.



Rýchlosť je vektorová fyzikálna veličina. Preto na určenie veľkosti a smeru vektora rýchlosti zloženého pohybu používame rovnaké pravidlá, ako pre skladanie vektorov.

Vektorové skladanie rýchlostí

Pre vektor \mathbf{v} výslednej okamžitej rýchlosti pohybu zloženého z dvoch pohybov s okamžitými rýchlosťami $\mathbf{v}_1, \mathbf{v}_2$, platí

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

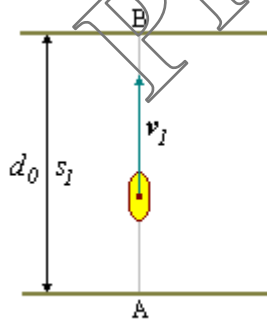
Výsledkom skladania rovnomerných priamočiarych pohybov je opäť rovnomerný priamočiary pohyb.

**Úloha 4**

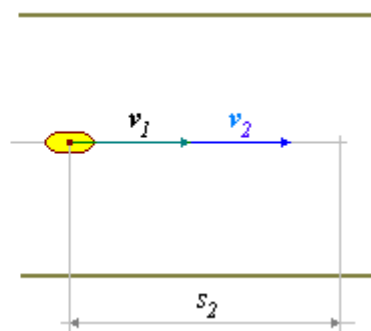
Motor udeľuje člnu vzhľadom na vodu v jazere konštantnú rýchlosť \mathbf{v}_1 . Za aký čas t a po akej dráhe s_1 prejde podľa obr. 66 čln vzdialenosť od jedného brehu k druhému? $[t = \frac{d_0}{v_1}, s_1 = d_0]$

Úloha 5

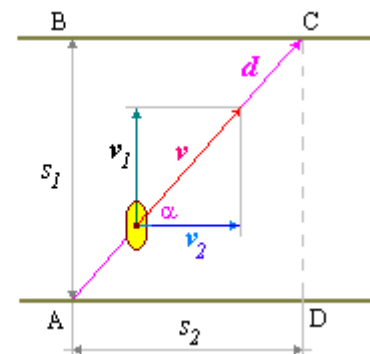
Motor udeľuje člnu vzhľadom na vodu stálu rýchlosť \mathbf{v}_1 v smere prúdu rieky, podľa obr. 67. Voda prúdi stálou rýchlosťou \mathbf{v}_2 . Akú dráhu s_2 vzhľadom na brehy rieky prejde čln za čas t ? $[s_2 = v_1 t + v_2 t]$



Obr. 66 Pohyb člna na hladine jazera



Obr. 67 Pohyb člna v smere prúdu rieky



Obr. 68 Motor udeľuje člnu rýchlosť kolmo na smer prúdu

Príklad 2

Motor udeľuje člnu vzhľadom na vodu stálu rýchlosť v_1 kolmo na breh rieky, podľa obr. 68. Určte vzhľadom na breh rieky a) veľkosť a smer rýchlosti v člna, b) dráhu, ktorú prejde ťažisko člna za čas t , c) druh pohybu člna. Voda prúdi rýchlosťou v_2 .

Riešenie:

Ak motor udeľuje člnu v rieke stálu rýchlosť v_1 v smere od bodu A ku bodu B, prúdiaca voda ho súčasne unáša rýchlosťou v_2 v smere od bodu A k D. Čln vykonáva vzhľadom na breh súčasne dva navzájom kolmé a od seba nezávislé pohyby.

a) Veľkosť rýchlosti v ako výslednice zloženého pohybu, určíme buď graficky podľa obr. 67., alebo podľa Pytagorovej vety vzťahom $v = \sqrt{v_1^2 + v_2^2}$. Smer rýchlosti určíme napr. veľkosťou uhla α , pre ktorý platí $\operatorname{tg} \alpha = \frac{v_1}{v_2} = \frac{v_1 t}{v_2 t} = \frac{s_1}{s_2}$.

b) Zmenu polohy z A do B vyjadríme vektorom \mathbf{d}_1 s veľkosťou $|\mathbf{d}_1| = s_1$, zmenu polohy z A do C vektorom \mathbf{d}_2 s veľkosťou $|\mathbf{d}_2| = s_2$. Pre veľkosť výslednice $d = |\mathbf{d}| = AC$ potom vychádza vzťah $s = \sqrt{v_1^2 + v_2^2} t = vt$.

c) Výsledný pohyb člna je rovnomerný, priamočiary.

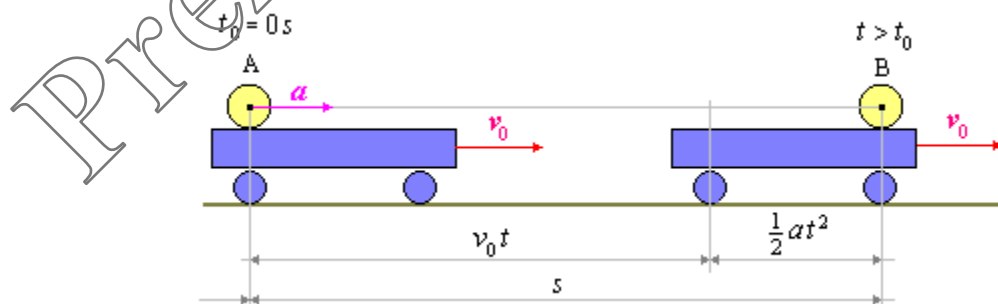
Príklad 3.

Po priamych koľajniciach sa pohybuje podľa obr. 69 vozík stálou rýchlosťou v_0 . Na plošine vozíka je nehybná guľôčka. V čase $t_0 = 0$ sa guľôčka začne po plošine pohybovať so stálym zrýchlením a v smere rýchlosti v_0 . Aký pohyb bude guľôčka vykonávať vzhľadom na koľajnice a akú dráhu pritom za čas $t > t_0$ prejde?



Riešenie

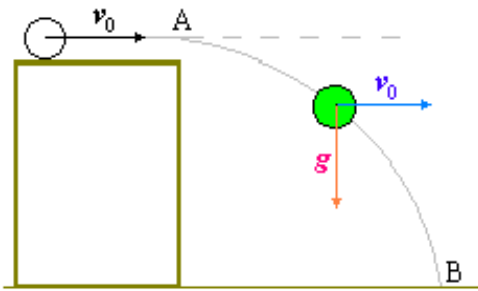
Pohyb guľôčky vzhľadom na koľajnice (obr. 69) je zložený z rovnomerného priamočiareho pohybu vozíka vzhľadom na koľajnice a rovnomerne zrýchleného priamočiareho pohybu guľôčky vzhľadom na vozík. **Výsledný pohyb je rovnomerne zrýchlený, priamočiary.**



Obr. 69 Guľôčka vykonáva vzhľadom na koľajnice zložený pohyb

Príklad 4.

Výsledkom skladania dvoch navzájom kolmých priamočiarych pohybov je aj pohyb guľôčky znázornený na obr. 70, ktorá po uvedení do pohybu v rovine stola, opustí jeho okraj.



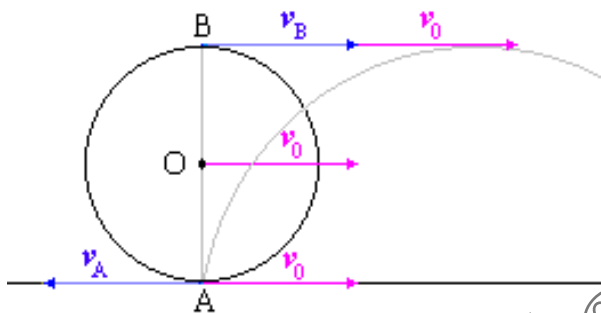
Obr. 70 Krivočiary pohyb guľôčky

Guľôčka pritom vykonáva vzhľadom na zem **krivočiary pohyb**, zložený z dvoch navzájom nezávislých pohybov

- vodorovného rovnomerného priamočiareho pohybu stálou rýchlosťou v_0 , a
- rovnomerne zrýchleného priamočiareho pohybu v zvislom smere, so stálym zrýchlením g .

Príklad 5

Koleso, napr. vagóna idúceho vlaku, vykonáva po koľajniciach tzv. **valivý pohyb**. Body na obvode kolesa (obr.71) pritom vykonávajú **krivočiary pohyb** zložený z



Obr. 71 Valivý pohyb kolesa

- rovnomerného pohybu po kružnici vzhľadom na os O kolesa a
- rovnomerného priamočiareho pohybu spolu s osou, ktorá je pevnou súčasťou vlaku.

Pri rovnomernom priamočiaram pohybe vlaku rýchlosťou v_0 , majú body na obvode kolesa stálu rýchlosť s veľkosťou $v = v_0$.

Na obr. 71 je znázornené skladanie rýchlostí v bodoch A, B a naznačená časť trajektórie bodu A vzhľadom na koľajnice. Trajektóriu bodu na obvode valiaceho sa kolesa (cykloidu) a bodu na jeho osi (polpriamka) zobrazuje fotografia na obr. 72.



Obr. 72 Fotografia dvoch svietiacich bodov na valiacom sa kolese

Pri opise pohybu umiestnime vzťažný bod spravidla do takého vzťažného telesa, aby sa pohyb javil čo najjednoduchší.

Otázky a úlohy

1. Kedy nazývame pohyb telesa *zloženým pohybom*?
2. Prečo súvisí pojem zloženého pohybu s voľbou vzťažnej sústavy?
3. Ktoré pravidlo platí pre určenie *rýchlosti zloženého pohybu*?
4. Čo rozumieme pod *nezávislosťou skladaných pohybov*?
5. Aký pohyb vzniká zložením dvoch rovnomerných priamočiarych pohybov?
6. Aký pohyb vzniká zložením priamočiareho rovnomerného a priamočiareho zrýchleného pohybu?
7. Existujú také časti pohybujúceho sa vlaku, ktoré sú v danom momente vzhľadom na zem v pokoji?
8. Napíšte vzťah pre dráhu guľôčky na obr. 70 vzhľadom na a) podložku, b) koľajnice.
9. Opíšte pohyb koncového bodu vrtule lietadla letiaceho vodorovne rovnomerne zrýchleným pohybom.
10. Vysvetlite súvislosť skladania pohybov s relativnosťou pokoja a pohybu.