

Meno a priezvisko:

Škola:

Škola pre mimoriadne nadané deti a Gymnázium

Školský rok/blok:

Predmet:

Fyzika

Skupina:

Trieda:

Dátum:

Teória

2 Mechanika hmotného bodu

2.1 Kinematika

2.1.7 Voľný pád

Voľný pád je zvláštny prípad **rovnomerne zrýchleného pohybu s nulovou počiatočnou rýchlosťou**. Jedná sa o pohyb telesa voľne pusteného v blízkosti povrchu Zeme vo vákuu.

Predpoklad blízkosti povrchu Zeme je dôležitý, pretože v takomto prípade môžeme považovať tiažové zrýchlenie za konštantné. Predpoklad vákuua je dôležitý preto, aby teleso nebolo nadľahčované vzduchom a nepôsobili na neho odporové sily.

Prvým pokusom s voľným pádom sa venoval v 17. storočí Galileo Galilei (1564-1642). Ten dokázal, že sa jedná o pohyb rovnomerne zrýchlený a neskôr bolo určené aj jeho zrýchlenie. Nazýva sa **tiažové zrýchlenie** a označujeme ho $\vec{g}$, smeruje zvisle dole a má veľkosť

$$g = 9,81 m.s^{-2} \doteq 10 m.s^{-2}.$$

Veľkosť tiažového zrýchlenia je závislá od nadmorskej výšky a od zemepisnej šírky daného miesta na Zemi. Dohodou bola stanovená hodnota normálového tiažového zrýchlenia na $g = 9,80665 m.s^{-2}$ (presne).

Vzhľadom k tomu, že sa jedná o pohyb rovnomerne zrýchlený, je možné voľný pád opísať nasledujúcimi vzťahmi:

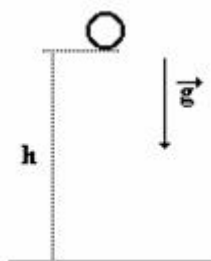
$$h = \frac{1}{2} g t^2$$

$$v = g t$$

kde h je výška nad povrchom Zeme, z ktorej bolo teleso zhodené, v je rýchlosť pádu telesa v čase t .

Medzi ďalšie charakteristiky voľného pádu patrí čas dopadu t_d , t.j. čas, ktorý uplynie od zhodenia telesa z výšky h do jeho dopadu na Zem, a veľkosť rýchlosti dopadu v_d , teda rýchlosť, ktorou teleso dopadne na Zem.

Čas dopadu t_d je možné vyjadriť zo vzťahu $h = \frac{1}{2} g t_d^2$ takto: $t_d = \sqrt{\frac{2h}{g}}$.



Pre určenie veľkosti rýchlosti dopadu v_d je nutné si uvedomiť, že rýchlosť dopadu je rýchlosť, ktorú nadobudne teleso v čase, keď dopadne na Zem (teda v čase t_d). Preto je možné napísať

$$\text{vzťah } v_d = g \cdot t_d, \text{ čo po dosadení je } v_d = g \sqrt{\frac{2 \cdot h}{g}} = \sqrt{2gh}.$$

V našich úvahách nevystupovala hmotnosť telesa. Z toho vyplýva, že rýchlosť dopadu, ani čas dopadu nie je závislý od hmotnosti telesa. **Všetky telesá teda padajú vo vákuu k Zemi rovnakou rýchlosťou.**

Tento poznatok je silne v rozpore s našou bežnou skúsenosťou: ak hodíme z mostu do rieky pierko a kameň, dopadne podstatne skôr do vody kameň. Problém je v tom, že v skutočnosti na pohybujúci sa predmet pôsobí ešte aj odporová sila vzduchu. Vzhľadom na to, že je závislá od plochy telesa, je výrazne väčšia u ľahkého pierka s veľmi členitým povrchom. Pierko preto dopadne neskôr.

Existuje tzv. **Newtonova trubica** – trubica, z ktorej je možné odčerpať vzduch. A po vyčerpaní vzduchu sa môžeme presvedčiť, že pierko i kamienok dopadnú na jej dno v rovnakom čase. Vo vyčerpanej trubici nie je vzduch a teda ani na padajúce predmety nepôsobí odporová sila vzduchu.

2.1.8 Voľný pád – zrýchlenie padajúcich telies

Telesá voľne pustené z určitej výšky padajú smerom k Zemi zrýchleným pohybom. Z výsledkov svojich pokusov Galileo Galilei usúdil (čo sa neskoršie potvrdilo), že dráha pohybu telies padajúcich vo vákuu je priamo úmerná druhej mocnine času. Matematicky to môžeme zapísať rovnicou

$$s = k \cdot t^2$$

kde k je konštanta úmernosti. Tento vzťah používame pre výpočet dráhy rovnomerne zrýchleného pohybu s nulovou začiatkovou rýchlosťou.

Príčinou zrýchleného pohybu telies padajúcich na Zem je gravitačné pole Zeme. V tomto poli pôsobí na každé teleso tiažová sila a spôsobuje jeho zrýchlený pohyb so zrýchlením, ktoré sa nazýva **tiažové zrýchlenie (gravitačné zrýchlenie)**. Podmienky, pri ktorých sila udeľuje telesu zrýchlenie, budeme študovať v dynamike.

Všetky telesá padajú v blízkosti Zeme vo vákuu s rovnakým a konštantným tiažovým zrýchlením g . Pohyb voľne padajúcich telies je preto priamočiary rovnomerne zrýchlený, a nazývame ho **voľný pád**. Smerom tiažového zrýchlenia kdekoľvek na zemskom povrchu je zvislý smer.

Veľkosť g tiažového zrýchlenia závisí od geografickej šírky daného miesta na zemskom povrchu a na jeho vzdialenosti od stredu Zeme. Pri hladine mora sa mení v intervale približne od $9,78 \frac{m}{s^2}$ do $9,83 \frac{m}{s^2}$. Medzinárodne dohodnutá štandardná veličina normálne tiažové

zrýchlenie má hodnotu presne $g_n = 9,80665 \frac{m}{s^2}$. Pre praktické účely používame približnú

hodnotu $g \approx 9,81 \frac{m}{s^2}$ alebo $g \approx 10 \frac{m}{s^2}$.

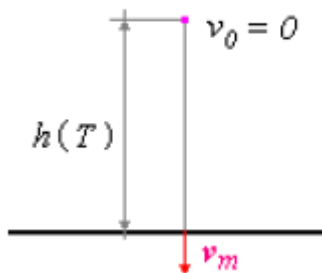
Voľný pád je zvláštnym prípadom rovnomerne zrýchleného priamočiareho pohybu so zrýchlením s veľkosťou $a = g = \text{konšt.}$ a s nulovou začiatkovou rýchlosťou. Pre okamžitú rýchlosť v a dráhu s voľného pádu preto platia vzťahy:

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

Príklad

Vypočítajte, ako dlho by trval voľný pád telesa z výšky 100 m, a akou rýchlosťou by teleso dopadlo na zem.

Riešenie:



$h = 100\text{m}$ (výška nad zemským povrchom)

$T = ?$ (čas pádu)

$v_d = ?$ (rýchlosť dopadu)

Dráha voľného pádu za čas T je $s = h = \frac{1}{2}gT^2$. Odtiaľ: $T = \sqrt{\frac{2h}{g}}$. Rýchlosť voľného pádu pri

dopade je $v_d = gT$. Po dosadení za T a po úprave je $v_d = \sqrt{2gh}$.

Čas pádu:

$$T = \sqrt{\frac{2 \cdot 100\text{m}}{10 \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-2}}} = \sqrt{20\text{s}^2} = 4,5\text{s} ; v_d = \sqrt{2 \cdot 10\text{ms}^{-2} \cdot 100\text{m}} = 45\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$$

Hmotný bod by padal voľným pádom z výšky 100m asi 4,5s. Tesne pred dopadom na Zem by mal rýchlosť približne $45\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$.

2.1.9 Skladanie pohybov a rýchlostí

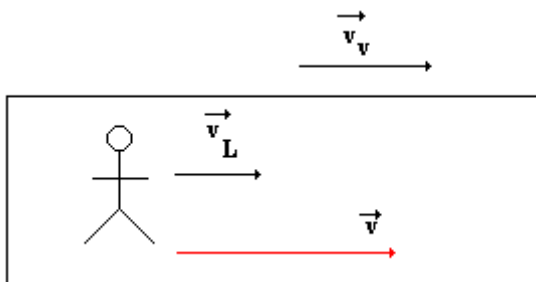
Ak koná hmotný bod viac pohybov v rôznych smeroch súčasne, vníma pozorovateľ tento pohyb ako jediný plynulý výsledný pohyb. Polohu hmotného bodu, ktorý koná niekoľko pohybov v rôznych smeroch, možno určiť podľa **princípu nezávislosti pohybov (princíp superpozície pohybov)**, ktorý vyslovil už Galilei:

Hmotný bod v ľubovoľnom časovom okamihu zaujme takú polohu ako by vykonal všetky čiastkové pohyby nezávisle na sebe postupne a v ľubovoľnom poradí.

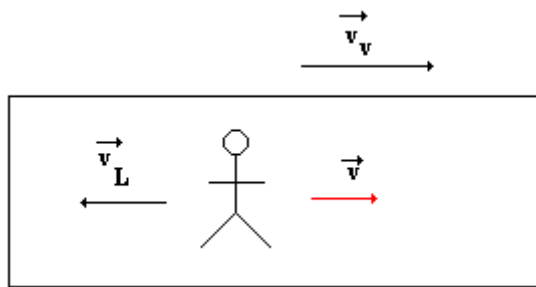
To znamená, že hmotný bod bude určitý čas konať jeden typ pohybu, potom rovnaký časový interval bude konať ďalší typ pohybu, Najjednoduchší príklad na skladanie dvoch pohybov je prípad, keď vektory rýchlostí ležia na spoločnej vektorovej priamke (majú rovnaký alebo opačný smer).

Ako príklad môžeme uviesť vlak, ktorý sa pohybuje rýchlosťou $\vec{v}_V$ voči nástupišťu, a zlodeja, ktorý uteká vo vlaku rýchlosťou $\vec{v}_Z$ vzhľadom na vlak. Pre vektor $\vec{v}$ výslednej rýchlosti zlodeja voči nástupišťu platí: $\vec{v} = \vec{v}_V + \vec{v}_Z$. Veľkosť výslednej rýchlosti v možno určiť nasledovne:

- $v = v_V + v_Z$ ak beží zlodej v smere jazdy vlaku

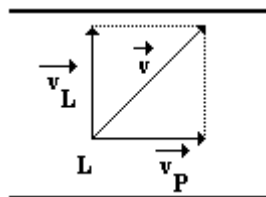


- $v = v_V - v_Z$ ak beží zlodej v smere jazdy vlaku



Je možné skladať aj pohyby, ktorých vektory rýchlosti ležia na rôznych vektorových priamkach:

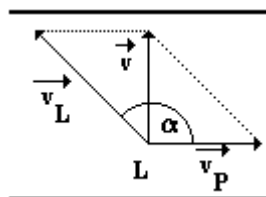
Loďka L pláva priečne riekou rýchlosťou $\vec{v}_L$ vzhľadom k vode; loďka pláva kolmo k obojmu brehu. Prúd v rieke má rýchlosť $\vec{v}_P$ vzhľadom k brehom.



Polohu loďky v ľubovoľnom časovom okamihu po štarte z jedného brehu je možné určiť tak, že najprv určíme, kam by loďka doplávala, ak by sa nechala len unášať prúdom, a z tejto polohy nezávisle na unášaní prúdom určíme polohu, do ktorej by sa loďka dostala len veslovaním. Postup samozrejme môžeme obrátiť: najprv určiť polohu danú len veslovaním a potom určiť polohu, do ktorej by sa loďka dostala len unášaním prúdu.

Výsledná rýchlosť loďky $\vec{v}$ vzhľadom k brehu je daná zložením rýchlosti loďky $\vec{v}_L$ vzhľadom k vode a rýchlosti prúdu $\vec{v}_P$ vzhľadom k brehom: $\vec{v} = \vec{v}_L + \vec{v}_P$. Veľkosť tejto rýchlosti je možné s pomocou Pythagorovej vety vypočítať: $v = \sqrt{v_L^2 + v_P^2}$.

Analogicky možno postupovať aj v prípade, keď táto istá loďka pláva v rovnakej rieke, ale s rozdielom, že vektory oboch rýchlostí zvierajú ľubovoľný uhol α (nie pravý uhol).



Výsledná rýchlosť loďky $\vec{v}$ vzhľadom k brehu je opäť daná vektorovým súčtom rýchlosti loďky $\vec{v}_L$ vzhľadom k vode a rýchlosťou prúdu $\vec{v}_P$ vzhľadom k brehom. Platí $\vec{v} = \vec{v}_L + \vec{v}_P$, veľkosť výslednej rýchlosti $\vec{v}$ možno určiť pomocou kosínusovej vety:

$$v = \sqrt{v_L^2 + v_P^2 - 2 \cdot v_L \cdot v_P \cdot \cos \beta}$$

kde $\beta = 180^\circ - \alpha$

