

Meno a priezvisko:

Škola:

Predmet:

Školský rok/blok:

Skupina:

Trieda:

Dátum:

Bilingválne gymnázium C. S. Lewisa, Beňadická 38, Bratislava

Fyzika

2008-2009 / D

Teória

Dynamika hmotného bodu

Zotrvačnosť, hmotnosť, hybnosť, sila, skladanie síl

2.3 Hmotnosť a hybnosť

Telesá môžu pri interakcii meniť svoj pohybový stav, teda nadobúdajú zrýchlenie. Ak sa zmení interakcia dvoch telies, zrýchlenia sa môžu zmeniť, ale ich pomer a veľkosť sa nezmení. Tento pomer je pre dané telesá konštantný a nezávisí od interakcie telies. Je charakteristikou telies. Rôzne telesá majú rôznu schopnosť meniť pri interakcii s inými telesami svoj pohybový stav. Vlastnosť telies zotrvať v inerciálnej vzťažnej sústave v pokoji alebo v rovnomernom priamočiari pohybe sa nazýva **zotrvačnosť**. Charakterizujeme ju zotrvačnou hmotnosťou. **Zotrvačná hmotnosť** m_z telesa je fyzikálna veličina, ktorá je mierou zotrvačných vlastností telesa.

Meranie zotrvačnej hmotnosti

Teleso, ktorého zotrvačnú hmotnosť m_z chceme merať, uvedieme do interakcie s telesom, ktorého zotrvačnú hmotnosť definujeme ako jednotkovú. Pri interakcii získajú telesá zrýchlenia

a_z, a_j , pre ktoré platí $\frac{m_z}{m_j} = \frac{a_j}{a_z}$ odkiaľ $m_z = \frac{a_j}{a_z} m_j$.

Hmotnosť dokážeme do fyziky zaviesť aj iným spôsobom. Každé dve telesá vstupujú do gravitačnej interakcie. Rôzne telesá majú rôznu schopnosť gravitačnej interakcie. Fyzikálna veličina, ktorá je mierou gravitačných vlastností telies, sa nazýva **gravitačná hmotnosť** m_g .

Podľa poznatkov súčasnej fyziky pre každé teleso platí $m_z = m_g$, preto prívlastky zotrvačná a gravitačná vynechávame.

Hmotnosť m je mierou je mierou zotrvačných a gravitačných vlastností hmotných objektov. Jednotkou hmotnosti je **kilogram**. Je to hmotnosť medzinárodného prototypu kilogramu.

Klasická fyzika považovala hmotnosť telesa za konštantnú veličinu. Podľa relativistickej fyziky je hmotnosť telesa relatívna veličina. Ak je teleso vzhľadom na inerciálnu vzťažnú sústavu v pokoji, pozorovateľ v tejto sústave nameria hmotnosť m_0 , ktorá sa nazýva **pokojuv hmotnosť** telesa. Ak vzhľadom na inú inerciálnu vzťažnú sústavu je teleso v pohybe s rýchlosťou v , pozorovateľ v tejto sústave nameria hmotnosť

$$m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

ktorá sa nazýva relativistická hmotnosť telesa. ($c \doteq 3.10^8 .m.s^{-1}$ je rýchlosť svetla vo vákuu).

Hybnosť hmotného bodu je vektorová fyzikálna veličina definovaná vzťahom $\vec{p} = m \cdot \vec{v}$. Má smer okamžitej rýchlosti. Pre jej jednotku platí $[p] = [m][v] = 1.kg.m.s^{-1}$ (kilogram meter za sekundu).

2.4 Sila

Sila je vektorová fyzikálna veličina, ktorá je mierou interakcie hmotných objektov. Zapríčiňuje zmenu pohybového stavu, deformáciu, atď. Definičná rovnica sily:

$$\vec{F} = \frac{\Delta \vec{p}}{\Delta t}$$

Sila má smer zmeny hybnosti, ktorú zapríčinila. Takto formulovaná rovnica vyjadruje **priemernú silu**, ktorá pôsobila v dobe Δt . Vzťah pre okamžitú silu (presnejšia formulácia zákona sily):

$$\vec{F} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta \vec{p}}{\Delta t} = \frac{d\vec{p}}{dt} = \frac{d(m\vec{v})}{dt}$$

Ak je hmotnosť konštantná, tak:

$$\vec{F} = \frac{d\vec{p}}{dt} = \frac{d(m\vec{v})}{dt} = m \frac{d\vec{v}}{dt} = m\vec{a}$$

Jednotkou sily je **newton** $[N]$. Platí $[F] = [m][a] = 1.kg.m.s^{-2} = 1N$. Jeden newton je sila, ktorá telesu s hmotnosťou jeden kilogram udelí zrýchlenie $1ms^{-2}$.

Podľa poznatkov súčasnej fyziky existujú štyri druhy interakcie hmotných objektov:

1. **Gravitačná interakcia**, ktorá existuje medzi hmotnými objektami.
2. **Elektromagnetická interakcia**, ktorá sa prejavuje medzi telesami s elektrickým nábojom.
3. **Silná interakcia**, ktorá sa prejavuje medzi časticami v jadrách atómov.
4. **Slabá interakcia**, ktorá sa podieľa na niektorých premenách elementárnych častíc.

Silu ako mieru interakcie používame iba na charakterizovanie gravitačnej a elektromagnetickej interakcie. Silná a slabá interakcia sa charakterizuje iným spôsobom. Sily, s ktorými sa bežne stretávame sú gravitačného alebo elektromagnetického pôvodu.

1. Telesom voľne pustené na Zem koná rovnomerne zrýchlený pohyb so zrýchlením g . Podľa zákona sily naň pôsobí sila $\vec{F}_G = m\vec{g}$, ktorá sa nazýva **tiažová sila**. Má pôvod v gravitačnej interakcii. Od tiažovej sily odlišujeme **tiaž** $\vec{G}$ **telesa**. Tiaž telesa, na rozdiel od tiažovej sily, nepôsobí na teleso. Je to sila, ktorou zavesené teleso pôsobí na záves, respektíve položené teleso pôsobí na podložku. Tiaž telesa sa nemusí rovnať tiažovej sile pôsobiacej na teleso. Ak tiaž telesa je nulová, hovoríme, že teleso je v **beztiažovom stave**.

2. Pri pružnej deformácii telesa nastáva zmena rovnovážnych polôh častíc telesa. Preto v pružne deformovanom telese vznikajú sily súvisiace s molekulovými silami, ktoré sa nazývajú **sily pružnosti**. Sú to sily elektromagnetického pôvodu. Napríklad pri predĺžení pružiny dĺžky l vznikne sila pružnosti, ktorej veľkosť je až do istého predĺženia priamo úmerná úmerná predĺženiu Δl , teda $F_p = k\Delta l$, kde k je tuhosť pružiny.

3. Pri relatívnom pohybe dotýkajúcich sa telies vzniká sila pôsobiaca proti pohybu, ktorá sa nazýva **trecia sila**. Trecia sila súvisí s molekulovými silami, teda má elektromagnetický pôvod.

Príklad.

Na vozík s hmotnosťou $3,0kg$ pôsobí stála sila $12N$. Aké je zrýchlenie vozíka?

Riešenie:

Podľa zákona sily pre veľkosť zrýchlenia platí: $a = \frac{F}{m} = \frac{12N}{3kg} = 4,0.m.s^{-2}$

Vozík bude mať zrýchlenie $4,0.m.s^{-2}$.

Príklad.

Pôsobením stálej sily $20N$ prešlo teleso z pokoja za $10s$ dráhu $25m$. Akú má hmotnosť?

Riešenie:

Teleso bude konať rovnomerne zrýchlený priamočiary pohyb z pokoja, preto vzťah pre dráhu bude: $s = \frac{1}{2}at^2$, z toho možo vyjadriť $a = \frac{2s}{t^2}$. Potom zo zákona sily platí: $m = \frac{F}{a} = \frac{Ft^2}{2s}$. Po

dosadení: $m = \frac{20N \cdot 100s^2}{50m} = 40kg$.

Teleso má hmotnosť 40kg.

2.5 Skladanie a rozkladanie síl pôsobiach na hmotný bod

Ak na hmotný bod pôsobia súčasne sily $\vec{F}_1, \vec{F}_2, \dots, \vec{F}_n$; môžeme ich nahradiť jedinou silou $\vec{F}$, ktorá sa nazýva výslednica a je vektorovým súčtom pôsobiach síl, teda $\vec{F} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \dots + \vec{F}_n$.

Naopak, ak na hmotný bod pôsobí sila $\vec{F}$, môžeme ju nahradiť dvoma alebo viacerými silami, ktorých vektorový súčet je $\vec{F}$. Hovoríme, že sme silu rozložili na zložky.

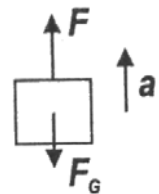
1. Ak hmotný bod koná rovnomerný priamočiary pohyb, $\vec{v} = \text{konšt.}$, preto $a = 0m.s^{-2}$ a podľa zákona sily $F = m.a = 0N$. Teda ak hmotný bod koná rovnomerný priamočiary pohyb, je výslednica síl pôsobiach na bod nulová.

2. Ak hmotný bod koná rovnomerne premenný (pozn.: zrýchlený, resp. spomalený) priamočiary pohyb, $\vec{a} = \text{konšt.}$ a podľa zákona sily pre výslednicu síl platí $\vec{F} = m.\vec{a} = \text{konšt.}$ Výslednica pôsobiach síl je konštantná sila rovnakého alebo opačného smeru ako rýchlosť.

3. Ak hmotný bod koná rovnomerný pohyb po kružnici, má dostredivé zrýchlenie veľkosti $a_d = \omega^2 r$. Podľa zákona sily pôsobí naň výslednica síl veľkosti $F_d = m.a_d = m.\omega.r^2$, ktorá má smer do stredu trajektórie a nazýva sa **dostredivá sila**.

Príklad.

Žeriav dvíha teleso s hmotnosťou 500kg so zrýchlením $2,0m.s^{-2}$. Akou silou pôsobí rameno žeriava na teleso?



Riešenie:

$$m = 500kg; a = 2,0m.s^{-2}; g = 10m.s^{-2}; F = ?N$$

Na teleso pôsobí tiažová sila $\vec{F}_G = m.\vec{g}$ a rameno žeriava silou $\vec{F}$. Podľa zákona sily:

$$\vec{F} + \vec{F}_G = m.\vec{a}$$

$$F - F_G = m.a$$

Z toho vyplýva:

$$F = m.a + F_G = m.a + m.g = m.(a + g); F = 500kg \cdot 12m.s^{-2} = 6000N$$

Rameno žeriava pôsobí na teleso silou 6000N.

Príklad.

Aká dostredivá sila pôsobí na guľočku s hmotnosťou 0,50kg upevnenú na niti s dĺžkou 1,0m, ak koná rovnomerný pohyb po kružnici rýchlosťou $3,0m.s^{-1}$ vo vodorovnej rovine?

Riešenie: Na guľočku bude pôsobiť dostredivá sila veľkosti $F_d = m.a_d = m.\omega.r^2 = \frac{mv^2}{r}$. Po

dosadení do vzťahu $F_d = \frac{mv^2}{r} = \frac{0,5kg \cdot 9,0m^2.s^{-2}}{1,0m} = 4,5N$

Na guľočku pôsobí dostredivá sila s veľkosťou 4,5N.

Príklad.

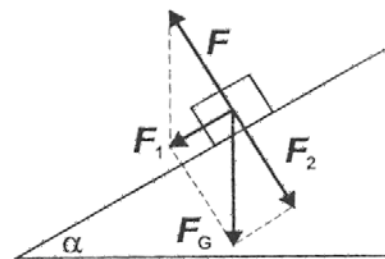
Na naklonenej rovine s uhlom sklonu 30° je kváder s hmotnosťou $2,0\text{kg}$. Aké bude mať zrýchlenie, ak trenie neuvažujeme?

Riešenie:

Na kváder pôsobí tiažová sila $\vec{F}_G$, ktorú môžeme rozložiť na zložku $\vec{F}_1$ rovnobežnú s naklonenou rovinou a na zložku $\vec{F}_2$ kolmú na naklonenú rovinu. Pre ich veľkosti platí

$$F_1 = m \cdot g \cdot \sin \alpha$$

$$F_2 = m \cdot g \cdot \cos \alpha$$



Na kváder pôsobí tiež naklonená rovina silou $\vec{F}$, pre ktorú podľa zákona akcie a reakcie platí $\vec{F} = -\vec{F}_2$. Pohyb kvádra je spôsobený výslednicou vonkajších síl $\vec{F}_G + \vec{F} = \vec{F}$ a preto

$$a = \frac{F_1}{m} = \frac{m \cdot g \cdot \sin \alpha}{m} = g \cdot \sin \alpha$$

Potom $a = 10 \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-2} \cdot \sin 30^\circ = 5,0 \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-2}$.

Kváder bude mať zrýchlenie $5,0 \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-2}$.