

jeho bodu, napríklad jeho geometrického alebo inakšie definovaného stredu. Pri riešení a opise pohybu takto upevneného telesa nebude teda treba prihliadať aj k jeho rozmerom, takže pre túto úlohu bude teleso hmotným bodom. Ak však v inom prípade bude treba to isté teleso roztočiť okolo nejakej osi, nebude už možné neprihliadať aj k jeho rozmerom, a teleso sa už nebude môcť pokladať za hmotný bod. Alebo pri riešení pohybu v nejakom smere hodeného kameňa, pričom nás obyčajne zaujíma len translačná časť tohto pohybu, možno kameň považovať za hmotný bod. Avšak pri riešení pohybu delovej strely v ovzduší Zeme, na ktorý pre značnú rýchlosť strely má značný vplyv aj odpor vzduchu, možno strelu len v hrubom priblížení pokladať za hmotný bod. Pri presnom riešení pohybu strely treba bezpodmienečne prihliadať na jej tvar a rozmer, ako aj na rotačnú časť jej pohybu, takže presné riešenie pohybu delovej strely nemožno vykonať ako riešenie pohybu hmotného bodu.

Pri riešení fyzikálnych úloh možno teda to isté teleso niekedy pokladať za hmotný bod, aj keď inokedy už nie.

Abstrakciou zavádzame do svojich fyzikálnych úvah aj pojem tzv. *matematického hmotného bodu*, telesa s nekonečne malými geometrickými rozmermi, avšak napriek tomu nenulovej hmotnosti. Pretože matematický hmotný bod je bezrozmerný, nemožno hovoriť o jeho otáčaní, možno opisovať len jeho pohyb pozdĺž nejakej čiary. Pripomeňme, že na prvý pohľad násilný, avšak pre výstavbu mechaniky veľmi užitočný pojem matematického hmotného bodu je vo veľmi dobrej zhode so skutočnou štruktúrou telies. Vieme totiž, že fyzikálne bezprostredne pozorovateľné telesá sú systavy veľmi veľkého počtu atómov, pozostávajúce z elementárnych materiálnych častíc (protónov, elektrónov, neutrónov), ktorých rozmery aj vzhľadom na atómy ako určité celky sú neobyčajne malé. Skutočné telesá sú teda veľmi dobrou realizáciou systavy abstraktných matematických hmotných bodov.

Kvôli čo najlepšej prehľadnosti a presnosti Newtonove zákony dynamiky vyslovíme pre matematické hmotné body a zákony platné pre pohyb telies nenulových rozmerov dostaneme potom tak, že telesá budeme pokladať za systavy takýchto hmotných bodov alebo za systavy objemových, hmotou (materiú) vyplnených elementov. Matematický hmotný bod si môžeme približne predstavovať ako guľôčku s veľmi malým polomerom, zhotovenú z látky špecificky veľmi ťažkej. Ak v ďalších úvahách budeme hovoriť o hmotnom bode, budeme mať na mysli matematický hmotný bod alebo jeho dostatočne dobrú fyzikálnu realizáciu.

2.1. Zákon zotrvačnosti. Newtonov zákon zotrvačnosti hovorí: *Jestvuje súradnicová sústava, vzhľadom na ktorú sa pohybový stav hmotného bodu nemení, ak hmotný bod nepodlieha vplyvu iných telies.*

Pohybový stav označuje v tejto vete rýchlosť s ohľadom na jej absolútnu hodnotu aj smer. Podľa Newtonovho zákona zotrvačnosti hmotný bod, ktorý sa vzhľadom na vhodne vybranú súradnicovú sústavu nepohybuje, bez vonkajšieho účinku ostane vzhľadom na túto sústavu ľubovoľne dlho v pokoji. Hmotný bod, ktorý sa vzhľadom na túto sústavu pohybuje rýchlosťou \mathbf{v} , túto rýchlosť si podrží, a teda pohybuje sa ľubovoľne dlho rovnomerne pozdĺž stálej tej istej priamky.

Newtonov zákon zotrvačnosti predpokladá existenciu súradnicovej sústavy, vzhľadom na ktorú sa hmotný bod, ak nepodlieha vonkajším vplyvom, pohybuje rovnomerne pozdĺž priamky. Tento zákon však netvrdí, že by to bola sústava viazaná na nejaké vo vesmíre konkrétne jestvujúce teleso. Pripúšťa teda, že sa táto sústava prípadne pohybuje vzhľadom na všetky telesá. Nazýva sa *sústavou inerciálnou* (podľa latinského slova inertia = zotrvačnosť). Z astronomických pozorovaní však vyplýva, že sústava viazaná na stálice je prakticky inerciálna. Inerciálna je napríklad sústava, ktorej začiatok je v strede Slnka (presnejšie: v hmotnom strede slnečnej sústavy) a ktorej osi smerujú k ľubovoľne zvoleným stáliciam.

Nech je sústava S , viazaná na teleso T , inerciálna. Sústava S' nech je viazaná na teleso T' , ktoré sa vzhľadom na teleso T (sústavu S) pohybuje translačne, konštantnou rýchlosťou \mathbf{v}_0 . Pretože sústava S je inerciálna, ľubovoľný hmotný bod P , ak nepodlieha účinkom iných telies, pohybuje sa vzhľadom na sústavu S rýchlosťou \mathbf{v} , ktorá sa s časom tiež nemení. Podľa vzorca (1.11.2) hmotný bod P pohybuje sa potom vzhľadom na sústavu S' rýchlosťou

$$\mathbf{v}' = \mathbf{v} - \mathbf{v}_0 - (\boldsymbol{\omega} \times \mathbf{r}') = \mathbf{v} - \mathbf{v}_0 = \text{const}$$

lebo $\boldsymbol{\omega} = 0$. Inerciálna je teda aj sústava S' . Ak teda existuje jedna inerciálna sústava, je ich nekonečne mnoho: všetky sústavy sú inerciálne, ktoré vzhľadom na nájdenú jednu konajú rovnomerný a priamočiary translačný pohyb ($\mathbf{v}_0 = \text{const}$, $\boldsymbol{\omega} = 0$), a — ako uvidíme — všetky sú fyzikálne rovnocenné.

Predstavme si teraz, že na teleso T viazaná súradnicová sústava je inerciálna a že teleso T' sa vzhľadom na teleso T pohybuje tak, že tento pohyb nie je rovnomerný a priamočiary translácia. Ak potom rýchlosť nejakého bodu P vzhľadom na teleso T je $\mathbf{v} = \text{const}$, je rýchlosť tohože bodu vzhľadom na teleso T'

$$\mathbf{v}' = \mathbf{v} - \mathbf{v}_0 - (\boldsymbol{\omega} \times \mathbf{r}') \neq \text{const}$$

Na takto sa pohybujúce teleso T' viazaná súradnicová sústava nie je teda už inerciálna; inými slovami: pre pohyb hmotného bodu vzhľadom na takto sa pohybujúce teleso neplatí Newtonov zákon zotrvačnosti.

Súradnicový systém viazaný na našu Zem nie je teda inerciálny. Ale pre-

tože naša Zem obieha okolo Slnka rýchlosťou, ktorej smer a hodnota sa pomerne málo menia, a pretože sa okolo svojej osi otáča aj pomerne malou uhlovou rýchlosťou, pri riešení mnohých mechanických úloh môžeme s dostatočnou presnosťou aj súradnicový systém viazaný na našu Zem pokladať za inerciálny.

Mnohé mechanické javy veľmi presvedčivo naznačujú platnosť zákona zotrvačnosti, ktorý však jednako bezprostredne experimentálne nemožno overiť, lebo 1. súradnicový systém viazaný na Zem nie je dokonale inerciálny a 2. podmienky pokusu nemožno voľiť tak, aby na pozorované teleso iné telesá vôbec nepôsobili. Platnosť zákona zotrvačnosti potvrdzuje iba dokonalá zhoda dôsledkov so skutočnosťou, ktoré z neho vyplývajú. Stav pokoja telies vzhľadom na povrch zemský, ktorý pozorujeme denne na rôznych predmetoch, nie je podmienený tým, že na tieto telesá nepôsobia nijaké vonkajšie vplyvy, ale tým, že sa tieto vplyvy prakticky navzájom kompenzujú. Ostávajúce výsledné pôsobenie má za následok, že teleso sleduje pohyb príslušného miesta povrchu Zeme, pričom — ako už vieme — súradnicová sústava viazaná na zemský povrch nie je, presne vzaté, inerciálna. Na teleso, ktoré pokojne stojí na podlahe miestnosti, pôsobí príťažlivosť zemská, ale aj odpor podložky, ktorý vplyv zemskej príťažlivosti prakticky ruší.

Omnoho ľahšie než o platnosti zákona zotrvačnosti pre pohyb vzhľadom na vhodne zvolené teleso môžeme sa presvedčiť o jeho neplatnosti pre pohyb vzhľadom na telesá, ktoré vzhľadom na predošlé sú v nerovnomernom pohybe translačnom alebo sa otáčajú. Guľa spočívajúca na vodorovnej podlahe železničného vozňa sa rozbehne smerom k lokomotive, ak vlak znižuje svoju rýchlosť, a v smere opačnom, ak sa rýchlosť vlaku zväčšuje. Ak vlak zatáča vľavo, guľa odbehne vpravo.

2.2. Zákon sily. Newtonov zákon sily vo formulácii platnej pre hmotný bod hovorí: *Sila pôsobiaca na hmotný bod je úmerná súčinnu jeho hmotnosti a zrýchlenia, ktoré mu udeľuje.*

Touto vetou vyslovený obsah Newtonovho zákona sily vyžaduje bližšie objasnenie, pretože sa tu hovorí o sile a hmotnosti, fyzikálnych to veličinách, s ktorými sme sa ešte výslovne nezaoberali.

Z Newtonovho zákona zotrvačnosti vyplýva, že len pôsobenie iných telies môže zmeniť pohybový stav telesa pohybujúceho sa vzhľadom na inerciálnu súradnicovú sústavu určitou rýchlosťou. Na druhej strane aj v dennom živote hovoríme, že ak chceme zmeniť pohybový stav telesa, napríklad ak chceme uviesť teleso z pokoja do pohybu alebo zmeniť jeho rýchlosť, musíme na teleso pôsobiť silou, ktorú podľa svojich zmyslových vnemov pokladáme za tým väčšiu, čím rýchlejšie meníme rýchlosť, t. j. čím väčšie je silou vyvolá-