

v kvapaline, pretože objem telesa je úmerný rozdielu jeho tiaže na vzduchu a v kvapaline.

5. Sústavy jednotiek. Ako sme už naznačili v predchádzajúcom článku, odvodené veličiny zavádzame vo fyzike najčastejšie tvorením mocnín základných veličín a súčinov a podielov týchto mocnín. Moment zotrvačnosti hmotného bodu vzhľadom na danú priamku definujeme napr. ako súčin jeho hmotnosti a druhej mocniny jeho vzdialenosti od tejto priamky ($J = ma^2$) alebo rýchlosť pozdĺž danej čiary sa pohybujúceho bodu ako podiel dĺžky prebehnutej dráhy a príslušného času ($v = s/t$).

Pri takomto postupe stretávame sa však s nasledujúcou zásadnou ťažkosťou. V matematike sa definuje súčin v svojej podstate ako súčet daného počtu rovnakých sčítancov a podiel ako výsledok inverznej operácie k násobeniu. Podľa práve uvedenej matematickej definície súčinu, ak napr. a je dĺžka, potom $3a = a + a + a$. Podobne podľa v matematike používanej a pre matematiku samu postačujúcej definície podielu, ak m je hmotnosť, $m : 3$ je taká hmotnosť x , že $3x = m$, alebo ak m_1 a m_2 sú hmotnosti, podiel $m_1 : m_2$ je také číslo y , že $ym_2 = m_1$.

Vo fyzike je však účelné tvoriť súčiny a podiely ľubovoľných veličín. Preto v matematike zavedené definície súčinu a podielu musíme zovšeobecniť.

Definujeme: 1. Súčin dvoch fyzikálnych veličín vo všeobecnosti je veličina nového druhu, ktorej merné číslo sa rovná súčinu merných čísiel obidvoch činiteľov. Jej jednotku zapisujeme ako súčin znakov jednotiek v súčine vystupujúcich veličín.

2. Podiel dvoch fyzikálnych veličín vo všeobecnosti je veličina nového druhu, ktorej merné číslo sa rovná podielu merného čísla delenca a deliteľa. Jej jednotku zapisujeme ako podiel znakov jednotiek delenca a deliteľa.

Vyjadrenie jednotky odvodennej veličiny pomocou jednotiek základných veličín nazýva sa jej *rozmer* alebo *dimenzia*. Predstavuje vzťah veličiny odvodennej k príslušným základným veličinám.

Tento spôsob zavádzania odvodených veličín má nasledujúce veľmi cenné výhody:

1. Jednotka odvodennej veličiny je daná už jej definíciou a vyjadrená jej dimenziou.

2. Vzťahy medzi fyzikálnymi veličinami sú totožné so vzťahmi medzi ich mernými číslami.

3. Prepočítanie vyjadrenia aj odvodennej veličiny na iné jednotky môže sa uskutočniť úpravou daného vyjadrenia. Napríklad rýchlosť

$$v = 72 \frac{\text{km}}{\text{h}} = 72 \frac{1\,000\text{ m}}{3\,600\text{ s}} = 20 \frac{\text{m}}{\text{s}} = 20\text{ ms}^{-1}$$

Súbor príslušnými dohodami alebo normami daných tzv. *základných jednotiek* základných veličín a opísaným spôsobom z nich vyplývajúceich tzv. *hlavných jednotiek* odvodených veličín sa nazýva *sústava jednotiek*. Používaniu aj násobkov a dielov základných a hlavných jednotiek fyzikálnych veličín nestojí nič v ceste, ba môžu sa používať aj tzv. *vedľajšie jednotky* — a aj naše štátne normy to dovoľujú — násobky a diely základných a hlavných jednotiek utvorené pomocou čísiel, ktoré nie sú celočíselnými mocninami čísla 10. Napríklad $1 \text{ kp} = 9,80665 \text{ newton}$ alebo $1 \text{ cal} = 4,186 \text{ joule}$ a pod.

Z uvedeného na prvý pohľad vyplýva, že na vytvorenie sústavy fyzikálnych jednotiek stačí a je aj nevyhnutné definovať pre každú základnú veličinu aj jej jednotku. Postupovať takto môžeme, ale ľahko sa presvedčíme o tom, že to nie je nevyhnutné. Použitím geometrických a fyzikálnych zákonov počet ľubovoľne volených jednotiek možno redukovať až na jednu. Okrem toho ľubovoľne sa nemusia voliť jednotky práve základných veličín. Problém objasníme na príkladoch.

Podľa Newtonovho zákona sily zrýchlenie pohybu telesa a je priamo úmerné sile F a nepriamo úmerné jeho hmotnosti m ; $a = k'F/m$, t. j. $F = kma$. Keďže teda sila je úmerná súčinu $f = ma$, tento súčin je sám vhodným kvantitatívnym vyjadrením sily. Tým však sila, ktorá je podľa svojej fyzikálnej podstaty základnou veličinou, nadobudla formálne charakter odvodenej veličiny. Jej jednotkou, ak jednotka hmotnosti, dĺžky a času boli už zvolené, je sila, ktorá telesu jednotkovej hmotnosti udeľuje jednotkové zrýchlenie.

Rovnako sa postupuje často aj v geometrii. Keďže pri používaní ľubovoľnej jednotky dĺžky a ľubovoľnej jednotky plošného obsahu plošný obsah obdĺžnika je úmerný súčinu dvoch jeho na seba kolmých strán, za mieru plošného obsahu sa berie súčin $F = ab$. Pri používaní *centimetra* ako jednotky dĺžky jednotkou plošného obsahu je potom tzv. *štvorcový centimeter*, ktorého matematické vyjadrenie je cm^2 .

Z definície rýchlosti rovnomerne sa pohybujúceho bodu ($v = s/t$) pre dráhu s vyplýva vyjadrenie $s = vt$. Keď okrem sekundy ako jednotky času ako ďalšiu jednotku zvolíme ľubovoľne nie jednotku dĺžky, ale rýchlosti, namiesto rýchlosti dĺžka — v našom prípade prebehnutá dráha — sa stane formálne odvodenou veličinou. Jej jednotkou bude dráha prebehnutá za jednotku času pri jednotkovej rýchlosti. Keby sme napr. pri ponechaní sekundy ako jednotky času za jednotku rýchlosti zvolili rýchlosť svetla vo vákuu a označili ju skratkou *vel* (podľa latinského slova *velocitas* = rýchlosť), dráhu by sme vyjadrovali ako formálne odvodenú veličinu vo velsekundách. Takto sa postupuje v elektrodynamike pri vyjadrovaní veľkosti elektrického náboja v ampérsekundách. Táto možnosť vyplýva z definície intenzity elektrického prúdu $I = Q/t$, z ktorej pre elektrický náboj vyplýva vyjadrenie $Q = It$.

Jednotlivé sústavy fyzikálnych jednotiek sa líšia od seba: a) počtom fyzikálnych veličín, ktorých jednotky boli zvolené ľubovoľne,

b) voľbou týchto veličín,

c) voľbou ich jednotiek.

Keď vo všetkých častiach fyziky chceme dôsledne používať tú istú sústavu jednotiek a súčasne chceme, aby sa čo najväčší počet základných a hlavných jednotiek sústavy zhodoval s jednotkami používanými v elektrotechnike, musíme sa rozhodnúť pre sústavu vybudovanú na jednotke teploty a na jednotkách troch ďalších mechanických veličín a niektorej elektrickej alebo magnetickej veličiny.

Najnovšie sa pre fyziku aj ako celok najviac odporúča používanie Medzinárodnej sústavy jednotiek SI (*Système International d'Unités*), v ktorej okrem jednotky teploty a svietivosti ľubovoľne volenými jednotkami sú jednotka dĺžky (*meter*), jednotka hmotnosti (*kilogram*), jednotka času (*sekunda*) a jednotka elektrického prúdu (*ampér*). Budeme ju dôsledne používať aj my. V elektrotechnickej praxi je už medzinárodne predpísaná.

V Medzinárodnej sústave jednotiek jednotky ostatných fyzikálnych veličín vyplývajú zo vzťahov daných definíciami odvodených veličín a z Newtonovho zákona sily, napísaného v tvare $f = ma$.

Vo fyzike sa však ešte aj dnes často používajú rôzne tzv. trojjednotkové gram-centimeter-sekundové sústavy (sústavy CGS), v ktorých okrem jednotky teploty ľubovoľne volenými jednotkami sú gram ako jednotka hmotnosti, centimeter a sekunda. Nazývajú sa, nevhodne, *absolútnymi sústavami*. V stavitelstve a strojnictve sa zvyčajne používa tzv. *technická sústava* kilopond-metersekundová (sústava MKpS), v ktorej ľubovoľne volenými jednotkami sú silový kilogram (*kilopond*, kp) ako jednotka sily, meter a sekunda. Aj tieto sústavy sa opierajú o Newtonov zákon sily, napísaný v tvare $f = ma$.

Rozmery fyzikálnych veličín sa označujú pomocou symbolov príslušných veličín v hranatých zátvorkách. V sústave SI rozmer dĺžky l je teda $[l] = m$ (alebo M), rozmer rýchlosti v je $[v] = \text{ms}^{-1}$ (alebo MS^{-1}), rozmer sily f je $[f] = \text{kgms}^{-2}$ (alebo KMS^{-2}) a pod.

6. Obsah a rozsah platnosti fyzikálnych zákonov. Fyzikálne zákony vyjadrujú objektívne jestvujúce súvislosti medzi fyzikálnymi javmi. Dakedy majú len kvalitatívny, ale zväčša aj kvantitatívny obsah. Len kvalitatívny obsah má napríklad všeobecne platný poznatok, že teplo prechádza vždy z telesa teplejšieho na teleso chladnejšie, alebo že na dvoch elektródach z rozličných kovov, ktoré boli ponorené do toho istého elektricky vodivého roztoku, sa vytvára potenciálový rozdiel. Kvantitatívny obsah má ale napríklad zákon o zachovaní energie, podľa ktorého množstvo energie sa zachováva nielen pri fyzikálnych