

**Príklad 1.** Ako príklad na použitie stavovej rovnice odvodíme závislosť mernej hmotnosti plynu  $s = m/V$  od jeho teploty a tlaku. Ak objem plynu  $V$  vyjadríme zo stavovej rovnice

$$\frac{pV}{T} = \frac{p_0V_0}{T_0}$$

dostávame:

$$s = \frac{m}{V} = m \frac{pT_0}{p_0V_0T} = s_0 \frac{pT_0}{p_0T} = s_0 \frac{p}{p_0} \frac{1}{1 + \frac{t}{T_0}} = s_0 \frac{p}{p_0(1 + \gamma t)} \quad (7)$$

**Úloha 1.** Plyn má pri teplote  $t = 25^\circ\text{C}$  a za tlaku  $p = 726$  torrov objem  $V = 32\text{ cm}^3$ . Aký veľký by bol objem tohto plynu  $V_0$  za normálnych podmienok?

Riešenie: Zo stavovej rovnice vyplýva, že hľadaný objem je

$$V_0 = \frac{pV}{T} \frac{T_0}{p_0} = \frac{726 \cdot 32\text{ cm}^3 \cdot 273,2}{298,2 \cdot 760} = 28,0\text{ cm}^3$$

**10.4. Brownov pohyb.** Roku 1827 zistil anglický botanik Brown, že peľové zrnká prítomné vo vode, ktorú pozoroval mikroskopom, nie sú v pokoji, ale v ustavičnom trhavom pohybe, ktorého smer sa celkom nepravidelne mení. Okrem toho zistil, že pozorovaný pohyb je tým živší, čím sú zrnká menšie. Brown sa pôvodne domnieval, že tento pohyb je prejavom života, t. j. že je pôvodu biologického. Ukázalo sa však, že *Brownov pohyb* možno pozorovať na všetkých čiastočkách podobnej veľkosti, ktoré sa vznášajú v nejakej kvapaline, ako aj na čiastočkách prachu vo vzduchu. Okrem toho sa zistilo, že rýchlosť Brownovho pohybu sa zväčšuje s teplotou. Mnoho rôznych dohadov o príčinách Brownovho pohybu muselo nakoniec ustúpiť výkladu založenému na tzv. tepelnom pohybe molekúl. Nielen Brownov pohyb, ale aj mnohé iné — priame aj nepriame — pozorovania nás presvedčujú o tom, že molekuly a atómy látok všetkých skupenstiev sú pri každej teplote v ustavičnom pohybe, ktorý je tým intenzívnejší, čím je teplota látky vyššia. Pri tomto pohybe, ktorý sa nazýva *tepelný pohyb*, molekuly alebo atómy pevných látok kmitajú okolo svojich stálych rovnovážnych polôh. Molekuly kvapalín kmitajú tiež okolo svojich rovnovážnych polôh, avšak tieto sa pomerne dosť často menia, takže každá jednotlivá molekula kvapaliny sa okrem toho, že koná kmitavý pohyb, ešte aj preplietá medzi ostatnými molekulami kvapaliny. Pohyb molekúl kvapalín predstavuje prechod medzi pohybom molekúl a atómov pevných látok a pohybom molekúl plynu. Zatiaľ čo molekuly pevných látok kmitajú okolo svojich stálych rovnovážnych polôh a molekuly kvapalín okolo rovno-

vážnych polôh, ktoré sa posunujú, molekuly plynov nekonajú už nijaké periodické pohyby. Molekuly plynu sa pohybujú síce rôznymi rýchlosťami a vo všetkých možných smeroch, ale rovnomerne a priamočiario tak dlho, kým náraz na pevnú prekážku alebo zrážka s inou molekulou ich rýchlosť a smer náhle nezmení.

Príčinou tohto kvalitatívneho rozdielu medzi pohybom molekúl v kondenzovanom, t. j. v pevnom alebo kvapalnom skupenstve, a pohybom v plynnom skupenstve spočíva v okolnosti, že plynné skupenstvo je obyčajne skupenstvo veľmi zriedené. Z pomeru merných hmotností plynov na jednej strane a látok pevných a kvapalných na druhej strane vyplýva, že v plynnom stave napríklad za obyčajnej teploty a tlaku je počet molekúl v objemovej jednotke 1 000 až 10 000 ráz menší ako v stave kondenzovanom. Pováčšine malý počet molekúl v objemovej jednotke plynu znamená, že molekuly plynu sú v časovom priemere pomerne ďaleko od seba. To má za následok, že tzv. medzimolekulové sily, ktoré na molekuly pevných látok a kvapalín stále účinkujú a nútia ich ku kmitavým pohybom, na molekuly plynu účinkujú vždy len po veľmi krátky čas, len v priebehu ich zrážky so stenou alebo s inou molekulou, takže už nemôžu vyvolať kmitavý pohyb.

Pomocou tepelného pohybu molekúl Brownov pohyb možno vysvetliť veľmi jednoducho. Jeho príčinou sú náhodilé zrážky pevnej, v kvapaline alebo v plyne sa vznášajúcej čiastočky s molekulami prostredia. Nárazy molekúl na väčšiu čiastočku sa, pravda, neprejavia, lebo na takúto čiastočku naráža stále veľký počet molekúl skoro súčasne a zo všetkých strán, takže ich impulzy aj vo veľmi krátkych časových intervaloch sa navzájom rušia. Keď je však čiastočka dosť malá, aj jej povrch je malý a počet molekúl, ktoré môžu jej pohyb súčasne ovplyvniť, nie je už príliš veľký. V tom prípade môže už ľahšie dôjsť k určitej nesúmernosti nárazov, ktorá sa môže prejavíť tým skôr, že teraz aj hmotnosť čiastočky je malá. Keď vyslovíme ešte predpoklad, že pohyb molekúl prostredia okolo čiastočky je neusporiadaný, t. j. že sa deje vo všetkých možných smeroch a rôznymi rýchlosťami, je jasné, že účinok ich nárazov na pevnú čiastočku sa musí prejavíť v podobe Brownovho pohybu.

Teoretické spracovanie predstavy o tepelnom pohybe molekúl, pomocou ktorej možno veľmi prirodzene vysvetľovať nielen Brownov pohyb, ale aj mnoho iných javov, je pomerne najľahšie a najjednoduchšie pri plynoch; tvorí obsah tzv. *kinetickej teórie plynov*, ktorou sa budeme zaoberať v niekoľkých nasledujúcich článkoch.

**10.5. Princíp štatistickej pravdepodobnosti.** Predstavme si  $n$  rovnocenných, avšak od seba rozoznateľných elementov, napr.  $n$  rovnakých, avšak rôznofarebných alebo rôznymi číslami označených guľ.  $n$  takýchto od seba rozozna-