

XIX. Volný pád koule ve viskózní kapalině

Stokesova metoda měření viskozity

Na tuhou kuličku padající ve viskózní kapalině působí tři síly. Je to tíha tělesa G , vztlaková síla F_{vz} a odporová hydrodynamická síla F_x . Pro malé rychlosti v lze odporovou hydrodynamickou sílu vyjádřit *Stokesovým vzorcem*

$$F_x = 6\pi\eta rv, \quad (1)$$

kde η je dynamická viskozita kapaliny, ve které se kulička pohybuje, a r je poloměr kuličky. Tento vzorec byl odvozen pro pohyb tělesa kulového tvaru v neohraničeném prostředí za předpokladu pomalé rychlosti tělesa, tedy při laminárním obtékání. Vztah (1) platí pro rychlosti charakterizované Reynoldsovým číslem $Re \ll 1$ [3], které je definováno vztahem

$$Re = \frac{2r\rho v}{\eta}, \quad (2)$$

kde ρ je hustota prostředí.

Výraz pro měření viskozity Stokesovou metodou je odvozen v [1]. Uvážení korekce na konečné rozměry nádoby, ve které se sleduje pád kuličky, vede pak k výrazu [3]

$$\eta = \frac{2r^2(\rho_T - \rho)g}{9v(1 - 2,4r/R)}, \quad (3)$$

kde R je poloměr válcové nádoby, ρ_T je hustota kuliček a g je místní tíhové zrychlení.

Rychlost v pádu kuličky vypočítáme z doby t jejího pádu mezi dvěma značkami, jejichž vzdálenost je l . V případě volného pádu koule v tekutině známé viskozity bude rychlost koule v počátečním okamžiku nulová, působením tíže začne koule padat a její rychlost se bude zvyšovat. S rostoucí rychlostí bude vzrůstat i odpor, který bude klást tekutina padající kouli. Rychlost koule bude vzrůstat až do jisté maximální hodnoty, mezní rychlosti, při níž bude zrychlující síla právě rovna odporu, který klade tekutina kouli. Po dosažení této rychlosti bude již další pohyb koule přibližně rovnoměrný. Rovnoměrnost pohybu je nutnou podmínkou platnosti rovnice (3).

Literatura:

- [1] J. Brož a kol.: Základy fyzikálních měření I. SPN, Praha 1967, čl. 2.5.3.2
- [2] J. Brož a kol.: Základy fyzikálních měření I. SPN, Praha 1983, čl. 2.4.3.2
- [3] L.D. Landau, E.M. Lifšic: Statističeskaja fizika, Nauka, Moskva 1964
- [4] J. Kvasnica a kol.: Mechanika, Academia, Praha 1988, kap. 10.4