

Innere Reibung in Flüssigkeiten (7) η

Physik Praktikum

15. November 2002

0 Grundlagen

η = Zähigkeitskonstante, Koeffizient der inneren Reibung, Viskosität.

Materialkonstante hängt stark von der Temperatur ab.

$[\eta] = \frac{kg}{ms}$ oder auch $(1 \frac{kg}{ms} = 10 \frac{g}{cms} = 10 Poise)$

1 η nach Hagen-Poiseuille

Flüssigkeit fliesst durch eine Röhre.

$\tau = -\eta \frac{dv}{dr}$ ($\frac{dv}{dr} < 0$) Schubspannung $\frac{dv}{dr} = \frac{p_1 - p_2}{2\eta l} r \Rightarrow v(r) = \frac{p_1 - p_2}{4\eta l} (R^2 - r^2)$

$Q = \frac{R^2 \pi v_0}{2} = \frac{R^2 \pi p_1 - p_2}{2 \cdot 4\eta l} R^2$ mit v_0 bei $r = 0$ (grösste Geschwindigkeit) $\Rightarrow$ Geschwindigkeitsverteilung im Rohr wird nicht berücksichtigt $\Rightarrow$ Tatsächliche Durchflussmenge ist kleiner.

1.1 Versuch

$$Q = \frac{V}{t} = \frac{\pi}{8} \cdot \frac{(h_1 + h_2 + l)\rho g}{\eta l} R^4 \approx \frac{\pi \bar{h} \rho g R^4}{8\eta l} \Rightarrow \eta = \frac{t \pi \bar{h} \rho g R^4}{8Vl}$$

2 Freier Fall einer Kugel in einer zähen Flüssigkeit

Nach kurzer Zeit stellt sich eine stationäre Geschwindigkeit ein ($\sum K_i = 0$).

Gewichtskraft: $G = \frac{4\pi}{3} r^3 \rho_K g$

Auftrieb: $A = \frac{4\pi}{3} r^3 \rho_{Fl} g$

Reibungskraft: $W = 6\pi \eta r v$

$\Rightarrow 0 = G - A - W = \frac{4\pi}{3} r^3 g (\rho_K - \rho_{Fl}) - 6\pi \eta r v$

$\Rightarrow \eta = \frac{2r^2 (\rho_K - \rho_{Fl}) g}{9v} = \frac{2r^2 (\rho_K - \rho_{Fl}) g}{9l} t$

Wegen des Wandeinflusses wird anstelle von W , W^* genommen:

$W^* = 6\pi \eta r v (1 + 2.1 \frac{r}{R})$

2.1 Versuch

$$\frac{2r^2(\rho_K - \rho_{Fl})g}{9l(1 + 2.1\frac{r}{R})}t = \frac{2r^2R(\rho_K - \rho_{Fl})g}{9l(R + 2.1r)}$$

Stahlkugeln: $2r = 1, 2$ und $3mm$

$$\rho_K = 7600 \frac{kg}{m^3}$$

ρ_{Fl} mit Aräometer messen

3 Viskosimeter von Hoesppler

Das Hoesppler'sche Viskosimeter ermöglicht Zähigkeitskonstanten von $3 \cdot 10^{-4}$ bis $100 \frac{kg}{ms}$ zu messen, bei Temperaturen zwischen $20^\circ C$ und $80^\circ C$. Dabei ist $\eta \propto$ Fallzeit. Der Proportionalitätsfaktor heisst Kugelfaktor (c) und ist eine Instrumentenkonstante

3.1 Versuch

$$\eta = t \cdot c$$

Graphische Darstellung: $\eta = f(T)$ (zwischen $20^\circ C$ und $50^\circ C$)

4 Turbulente Strömung

Für nicht sehr zähe Flüssigkeiten und für grosse Geschwindigkeiten übertrifft der Wirbelwiderstand den Reibungswiderstand um mehrere Zehnerpotenzen. Der Reibungswiderstand kann daher vernachlässigt werden. Der Widerstand beträgt daher:

$$W = c_w \frac{\rho v^2}{2} F \quad (F = \text{Querschnittsfläche})$$

c_w hängt von der Form des Körpers ab.

4.1 Versuch

$G + G^* - A - A^* - W = 0$ stationäre Geschwindigkeit, wobei $G = A$

$$c_w \frac{\rho_{Fl} v^2}{2} F = W = G^* - A^* = m_G g \frac{\rho_G - \rho_{Fl}}{\rho_G}$$

Graphische Darstellung: $W = f(v^2)$