Prof. Dr.-Ing. Holger Foysi
Lehrstuhl Strömungsmechanik

SS2013

Name:.................................... Vorname:.. Punkte:.........

Matr.-Nr.: ....

KLAUSUR EFT - Teil Fluiddynamik - Fragenteil

Bitte direkt auf die Angabe schreiben, Blatt evtl. wenden!

1) Wie ist die Reynoldszahl definiert und wie können wir sie interpretieren? (2P)

$$Re = \frac{\rho u L}{\mu} \qquad \frac{\text{Trägheits / Inertialkräfte}}{\text{visk. Kräfte}}$$

(krit. Parameter wichtig zur Beschreibung des Über-gangs laminar – turbulent)

2) Betrachten Sie die inkompressible Strömung von Wasser und Luft bei gleicher Reynoldszahl und Strouhalzahl, ohne Schwerkrafteinfluss um eine Kugel mit Durchmesser *D*. Wie unterscheiden sich die Strömungen (kurze Begründung) und wie sollte die Reynoldszahl hier definiert werden? (2P)

– gar nicht, da Kennzahlen gleich (Ähnlichkeit)

– $Re = \frac{\rho u_\infty \cdot D}{\mu}$

3) Geben Sie die Formel für den Auftrieb eines Körpers (Volumen V_k) an, dessen eine Hälfte sich in Fluid der Dichte ρ_1, die andere in Fluid der Dichte ρ_2 befindet. (2P)

$$F_A = \rho_1 g V_k/2 + \rho_2 g V_k/2$$
$$= g \frac{V_k}{2} (\rho_1 + \rho_2)$$

4) Wie funktioniert ein Schrägrohrmanometer? Geben Sie auch die Formel für die Druckdifferenz und eine Skizze an. (5P)

$\Delta p = \rho_F g \sin\alpha \cdot \Delta x$
(Δx Verschiebung d. Flüssigkeit)

Druck des zu messenden Gases drückt Testflüssig-keit ins Schrägrohr. Aus d. Verschiebung des Flüssigkeitsspiegels Δx (mit Dichte ρ_F und dem Winkel lässt sich die Druckdif. bestimmen $\Delta p = \rho_F g \sin\alpha \, \Delta x$

5) Was besagt das Reynolds'sche Transporttheorem (in Worten)? (1P)

Tot. Zeitl. Änderung einer Größe ist gleich d. zeitl. Änderung der [Größe/Volumen] im Kontrollvo. + dem Fluss dieser Größe über die Kon. fläche

6) Geben Sie den Drehimpulssatz für eine Strömung (homogen über den Querschnitt), ohne Druck- Volumenkräfte (beliebiges Kontrollvolumen mit 2 Kontrollflächen) an. (2P)

$$\rho A_1 (\underline{r}_1 \times \underline{u}_1)(\underline{u}_1 \cdot \underline{n}) + \rho A_2 (\underline{r}_2 \times \underline{u}_2)(\underline{u}_2 \cdot \underline{n}) = \sum_{i=1}^{2} M$$
$$= \underline{r}_1 \times \underline{F}_1 + \underline{r}_2 \times \underline{F}_2$$

(stationär, sonst instationärer Term hinzunehmen

Total 14 Punkte. Viel Erfolg!

Fragen: 14 Pkt.
Aufgaben: 36 Pkt
Σ 50 Pkt.

Musterlösung Klausur Fluid- u. Thermodynamik ; Teil Fluiddynamik

SS 2014 23.08.2014

$\boxed{A1}$ a) ges.: P_p

Σ 12,5

Bernoulli-Gl von Wasseroberfläche Behälter bis Rohrende S

$$p_0 + \frac{\rho}{2} v_1^2 + \rho g h = p_0 + \frac{\rho}{2} v_S^2 + \rho g \cdot 0 - \Delta p_P + \frac{\rho}{2} v_S^2 \cdot \lambda \frac{L_1 + L_2}{d}$$

$(\frac{1}{2})$ $=0\,(\frac{1}{2})$ $(\frac{1}{2})$ $(\frac{1}{2})$ $(\frac{1}{2})$ $(\frac{1}{2})$ $(\frac{1}{2})$ $(\frac{1}{2})$

v_S über Bernoulli-Gl. zwischen S und Fontänenende

$(\frac{1}{2})$ $(\frac{1}{2})$ $(\frac{1}{2})$ $(\frac{1}{2})$ $(\frac{1}{2})_2$ $(\frac{1}{2})$

$$p_0 + \frac{\rho}{2} v_S^2 + \rho g \cdot 0 = p_0 + \underbrace{\frac{\rho}{2} v_{FE}}_{=0} + \rho g H$$

$$\frac{\rho}{2} v_S^2 = \rho g H \Rightarrow v_S = \sqrt{2gH} \overset{(\frac{1}{2})}{=} 10 \frac{m}{s}$$

Bestimmung von d mit Konti. Gl. $Q = v_S \cdot \frac{\pi}{4} d^2$ (1)

$$\Rightarrow d = \sqrt{\frac{4 \cdot Q}{\pi v_S}} = 0{,}036\ m \quad (\tfrac{1}{2})$$

Bestimmung von λ: $Re = \frac{v_S \cdot d}{\nu} = \frac{10 \frac{m}{s} \cdot 0{,}036}{1{,}004 \cdot 10^{-6} \frac{m^2}{s}} \approx 3{,}6 \cdot 10^5$ (1)

$\Rightarrow$ Moody-Diagramm: $\lambda = 0{,}014$ $(\frac{1}{2})$

$$\Rightarrow \Delta p_P = \frac{\rho}{2} v_S^2 \left(1 + \lambda \frac{L_1 + L_2}{d}\right) - \rho g h$$

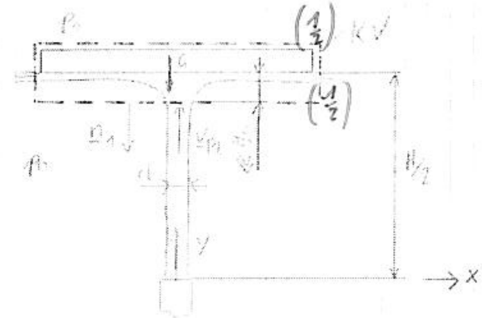
$$= 1.994.444\ Pa - 30.000\ Pa = 1{,}914 \cdot 10^6\ Pa \quad (\tfrac{1}{2})$$

$$P_P = \Delta p_P \cdot Q = 19{,}14\ kW \quad (\tfrac{1}{2})$$

(1)

b) ges.: Schwebt Platte auf Fontäne?

Σ 9,5



$\underline{n}_1 = \begin{pmatrix} 0 \\ -1 \end{pmatrix}$

$\underline{v}_{Pl} = \begin{pmatrix} 0 \\ v_{Pl} \end{pmatrix}$

Impulssatz für Platte im Gleichgewicht in y-Richtung

$(\frac{1}{2})$ $(\frac{1}{2})$ $(\frac{1}{2})$ $(\frac{1}{2})$

$$\rho\, v_{Pl}\, (0 \cdot 0 + v_{Pl} \cdot (-1))\, \frac{\pi}{4} d^2 = -G$$

Druckkräfte heben sich auf (.

$$-\rho\, v_{Pl}^2 \frac{\pi}{4} d^2 = -G$$

Bestimmung von v_{Pl} mit Bernoulli:

$(\frac{1}{2})$ $(\frac{1}{2})_2$ $(\frac{1}{2})$ $(\frac{1}{2})$ $(\frac{1}{2})$ $(\frac{1}{2})$

$$p_0 + \frac{\rho}{2} v_S^2 + \rho g \cdot 0 = p_0 + \frac{\rho}{2} v_{Pl}^2 + \rho g \frac{H}{2} \quad | \cdot 2$$

$$v_{Pl}^2 = v_S^2 - gH = 2gH - gH = gH \quad (\tfrac{1}{2})$$

$$\Rightarrow \rho g H \frac{\pi}{4} d^2 = G = A_{Pl} \cdot t \cdot \rho_{Pl} \cdot g \quad (\tfrac{1}{2})$$

$$50{,}9\,N \neq 10\,m^2 \cdot 0{,}002\,m \cdot 100 \frac{kg}{m^3} \cdot 10 \frac{m}{s^2} = 20\,N \quad (\tfrac{1}{2})$$

$\Rightarrow$ Platte schwebt nicht! (1)

$\boxed{A2}$ a) ges.: Kräftebilanz
$\Sigma 5$

Kugelvolumen: $V_K = \frac{4\pi}{3} R^3$ (1)

$$-m \cdot a = -g + F_A + F_W \quad (\tfrac{1}{2})\ (\tfrac{1}{2})\ (\tfrac{1}{2})\ (\tfrac{1}{2})$$

Vorzeichen $(\tfrac{1}{2})$

$$m \cdot a = -m \cdot g + V_K \cdot S_W\, g + 6\pi\mu R u \quad (\tfrac{1}{2})\ (\tfrac{1}{2})$$

$$-V_K \cdot S_K \cdot a = -V_K \cdot S_K \cdot g + V_K S_W g + 6\pi\mu R u \quad (\tfrac{1}{2})$$

b) ges.: DGL für u
$\Sigma 7$

(1) DGL

$$-a = -g + \frac{S_W}{S_K} g + \frac{6\pi\mu R}{\frac{4\pi}{3} R^3 S_K} u \qquad | \cdot (-1)$$

$$(\tfrac{1}{2})\ \frac{du}{dt} = \underbrace{-g\left(\frac{S_W}{S_K} - 1\right)}_{=A = 0{,}001\,\frac{m}{s^2}} (\tfrac{1}{2}) - \underbrace{\frac{9\mu}{2R^2 S_K}}_{=B = 0{,}0018\,\frac{1}{s}} (\tfrac{1}{2})\, u$$

← für Zusammenfassen

$$\Rightarrow \frac{du}{dt} = A - B \cdot u$$

$$\frac{1}{B}\frac{du}{dt} = \frac{A}{B} - u$$

$$\Rightarrow \frac{du}{\frac{A}{B} - u} = B\,dt \quad (\tfrac{1}{2})$$

Trennung der Veränd.

$$\int_0^u \frac{du}{\frac{A}{B} - u} = \int_0^t B\,dt$$

$$-\ln\left(\frac{A}{B} - u\right)\Big|_0^u = Bt\Big|_0^t$$

(1) $(\tfrac{1}{2})$ Integration

$$-\ln\left(\frac{A}{B} - u\right) + \ln\left(\frac{A}{B}\right) = B \cdot t - 0 \quad (\tfrac{1}{2})\ (\tfrac{1}{2})\ (\tfrac{1}{2})$$

$$\ln\left(\frac{\frac{A}{B} - u}{\frac{A}{B}}\right) = -Bt$$

$$\ln\left(1 - \frac{Bu}{A}\right) = -Bt \quad (\tfrac{1}{2}) \qquad | e$$

$$1 - \frac{Bu}{A} = e^{-Bt}$$

$$u = \left(e^{-Bt} - 1\right)\left(-\frac{A}{B}\right) \quad (\tfrac{1}{2})$$

c) ges.: u für sehr große Zeit t
$\Sigma 2$

$$u = (\underbrace{e^{-Bt}}_{\to 0 \text{ für großes } t} - 1)\left(-\frac{A}{B}\right) \quad (1)$$

$$\Rightarrow u = \frac{A}{B} = \frac{0{,}001\,\frac{m}{s^2}}{0{,}0018\,\frac{1}{s}} = 0{,}55\,\frac{m}{s}$$

$(\tfrac{1}{2})$ $(\tfrac{1}{2})$