Prof. Dr.-Ing. Holger Foysi
Lehrstuhl Strömungsmechanik

SS2012

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

Matr.-Nr.: ....MB-DI / MB-DII / IP-DII / WIW-DII
BSc-MB / BSc-MBD / BSc-BIBME

KLAUSUR Einführung in die Fluid- und Thermodynamik

Fragenteil Fluidmechanik

Bitte direkt auf die Angabe schreiben!

1) Nennen Sie zwei Gründe, wann die inkompressible Bernoulligleichung gültig ist? (2P)

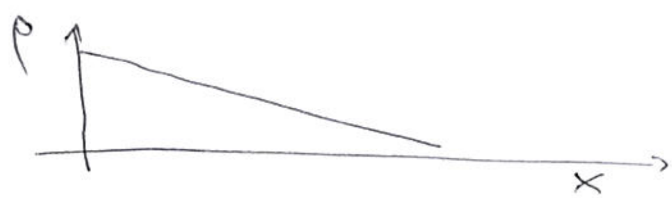
① reibungsfrei oder rotationsfrei oder keine Verluste
② entlang Stromlinie ,....

2) Was bedeuten die beiden Indizes beim Spannungstensor (2P).

- Richtung der Flächennormalen
- Richtung der Spannung

3) Damit Fluid durch ein Rohr fließt, muss der Druckgradient der Strömung positiv, negativ oder gleich Null sein? Kurze Begründung. Skizzieren Sie den Druckverlauf für ein Rohr mit Länge L (Strömung homogen, stationär, inkompressibel, 3P)

$\partial p/\partial x < 0$ ⇒ Druck am Rohranfang ist größer als am Ende, damit Fluid fließen kann



4) Wie ist die Reynoldszahl definiert und wie kann man diese interpretieren? (2P)

$$Re = \frac{\rho u l}{\mu} = \frac{u l}{\nu}$$

Vergleich: $\frac{\text{Inertialkräfte}}{\text{Reibungskräfte}}$

5) Sie befinden sich mit Ihrem Boot in der Nähe des Bermuda-Dreiecks, als plötzlich eine starke Gasblaseneruption vor Ihnen auftritt (Sie können sich das als Wasser gemischt mit einer großen Zahl Gasblasen vorstellen). Behalten Sie den Kurs bei, oder drehen Sie ab? Kurze Begründung. (1P)

Mischung hat geringere Fluiddichte zur Folge.
Auftrieb ≈ Masse des verdrängten Fluids ⇒
Auftrieb sinkt!
Abdrehen!

6) Sie haben einen rechteckigen Kanal der Länge 10km, Breite 10m und Tiefe 5m konstruiert, der unter der gegebenen Wassermenge (Wasserhöhe 5m) gerade noch stabil ist. Ein 500 Tonnen schweres Schiff will den Kanal befahren. Um wieviel müssen Sie diesen verstärken? (2P)

Archimedisches Prinzip: Schiff verdrängt eigenes Gewicht an Wasser

⇒ keine Änderung nötig

7) Sie sind auf Ihrer neuen Mars-Station angekommen und wollen testen, wie hoch Sie mit einem Strohhalm maximal Wasser aus einem Glas saugen können. Schätzen Sie das ab ($g_{Mars} = 3{,}72 m/s^2$) (3P)

$p_0 - p_v = \rho g z$ $\qquad p_0 \approx 10^5$ Pa, $\rho \approx 1000$ kg/m³

$\Rightarrow z \approx \frac{p_0}{\rho g}$

$p_v \approx 0$ da maximale Höhe gefragt ist!

$\Rightarrow z \approx \frac{100}{3{,}72} m \approx \frac{100}{15/4} \approx 26{,}7 m \approx 30 m$

⇒ etwa 3mal so hoch wie auf der Erde

Total 15 Punkte

1a) $-\int p \, \underline{n} \, dA$ Druckintegral (2P)

Frageteile: 15 Punkte
Σ 1: 15 –"–
Σ 2: 18 –"–

48 Punkte, davon 18,75% Übergang = 9 Punkte

oder $\int dp = -\int \rho g \, dz$

Druck entlang horizontaler Ebene = konstant

2 Möglichkeiten: Drücke oben + unten bestimmen

(A) $p_{ob} = p_0 + \rho_1 g (h - L/3)$ (2)

$p_{unt} = p_0 + \rho_1 g h + \rho_2 g \, 2/3 \, L$ (2)

(denn $p_h - p_0 = \rho_1 g h$

$p_{unten} - p_h = \rho_2 g (h + 2/3 L - h)$

Σ liefert Behauptung)

Fläche: L^2 (1)

Auftrieb = Gewichtskraft

$$\Rightarrow L^2 (p_0 + \rho_0 g h + x \rho_0 g \, 2/3 \, L) - L^2 (p_0 + \rho_0 g (h - L/3)) \stackrel{!}{=} \rho_c g L^3 \quad (1)$$

$$\Rightarrow \rho_0 h + x \rho_0 \frac{2}{3} L - \rho_0 h + \rho_0 L/3 = \rho_c L$$

$$\Rightarrow \boxed{x = \frac{3}{2} \left(\frac{\rho_c}{\rho_0} - \frac{1}{3} \right)} \quad (1)$$

//10

(B) $L^3 \rho_c g = \frac{L^3}{3} \rho_1 g + \frac{2}{3} L^3 \rho_2 g$ (1) (1) für L^2 (2) (2)

$$\Rightarrow \rho_c = \rho_1/3 + 2/3 \, \rho_2 \Rightarrow \frac{3 \rho_c}{\rho_0} = 1 + 2x \Rightarrow x = 3/2 \left(\frac{\rho_c}{\rho_0} - \frac{1}{3} \right)$$ (1) (1)

//10

b) neue Druckkräfte bestimmen, durch Integration $p_z = p_0 - \int_0^{-z} \rho g \, dz$

$$p_0 - p_z = g \int_0^{-z} \rho_0 \left(1 - \frac{z'}{H}\right) dz' = \rho_0 g \left[-z - z^2/2H \right]$$ (1/2) (1/2)

$$\Rightarrow p_z = p_0 + \rho_0 g \, (z + z^2/2H)$$

$$\Rightarrow p_z (h - 1/3 L) = p_0 + \rho_0 g \left(h - 1/3 L + \frac{h^2 + 1/9 \, L^2 - 2/3 \, h L}{2H} \right)$$ (1)

$$p_z (h + 2/3 L) = p_0 + \rho_0 g \left(h + 2/3 L + \frac{h^2 + 4/9 \, L^2 + 4/3 \, h L}{2H} \right)$$ (1)

$$\Rightarrow F_A = F_u - F_o = \rho_0 g L^2 \left(L + 1/6 \, \frac{L^2}{H} + \frac{hL}{H} \right) = L^3 \left(1 + 1/6 \, L/H + \frac{h}{H} \right) \rho_0 g$$ (1/2) (1/2)

$[\hat{=} \; \bar{\rho} \, g \, V_{Würfel}]$ $\bar{\rho}$ mittlere Dichte

4/1

c) Ja, falls die <u>mittlere</u> Dichte benutzt wird, d.h.

$\bar{\rho} = \frac{1}{\cdot} (\rho_{oben} + \rho_{unten}) = \rho (1 + \Delta \ldots + h \ldots)$

2 a) $Re = \frac{u \cdot D}{\nu} = 2 \cdot 10^5$ (1)

Konti: da gleicher $\varnothing \Rightarrow$ Geschwdgk. im Rohr annähernd gleich $\Rightarrow$ selber λ im Rohr $u = u_7$ (1)

glatt $\Rightarrow k_s = 0$

$\lambda \approx 0{,}016$ (1)

Krümmer:

$\frac{r}{D} = 1 \Rightarrow \zeta \approx 0{,}25$ (1)

Einlauf $r \ll D$ Schätzung: $\zeta \approx 0{,}1$ (1)

Leistg: $\eta \, \Delta p_T \cdot v_7 \cdot D^2 \pi / 4$ (1/2)

Δp_T aus Bernoulli!
η Wirkungsgrad

$$0 + gH_0 + p_0/\rho = \frac{v_7^2}{2} + 0 + \underset{\overset{\shortparallel}{p_0/\rho}}{p_7/\rho} + \frac{v_7^2}{2}\left\{\zeta_K + \zeta_E + \frac{\lambda}{D}\left(L_{1-2} + L_{3-4} + L_{6-7}\right)\right\}$$

(2)

$\searrow$ hydraulische $\varnothing$ $= D$ hier!

$+ \Delta p_T/\rho$ (direkt

$$\Rightarrow \Delta p_T = \rho g H_0 - \frac{\rho v_7^2}{2}\left(1 + \zeta_K + \zeta_E + \frac{\lambda}{D}\left[L_{1-2} + L_{3-4} + L_{6-7}\right]\right)$$

(0,5) 8//

b) Unterdruck muss vorherrschen, so daß $p_0 \geq p_5 + \rho g H_1$ ist! (1)

$\Rightarrow$ Bernoulli: $5 \to 7$:

wie oben, mit L_{6-7}

$$\frac{v_5^2}{2} + p_5/\rho = \frac{v_7^2}{2} + p_0/\rho + \Delta p_V$$ (2)

Konti: $v_5 = v_7 \frac{A_6}{A_5}$ (1)

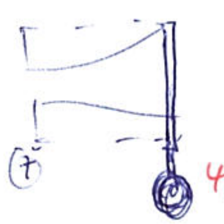
$$\Rightarrow p_5 - p_0 = \frac{\rho v_7^2}{2}\left(1 - \left(\frac{A_6}{A_5}\right)^2\right) + \Delta p_V \leq -\rho g H_1 \;!$$ (1)

$$\Rightarrow \frac{A_6}{A_5} \geq \sqrt{1 + \frac{2gH_1}{v_7^2} + \frac{\Delta p_V 2}{\rho v_7^2}}$$ (1) $\cancel{(\approx 1{,}05)}$

6//

c) Impulssatz, relative Drücke $\Rightarrow$ Druckanteile $= 0$! (1)

auf Platte: $v = 0$ (1)



$$\Rightarrow -v_R^2 A_7 \rho = -F_R$$ (1)

$$v_R = v_7 - \omega R$$ (1)

4//