

Name: Vorname:
Matr.-Nr.: HS I / HS II / IP / WI
Beurteilung: Platz-Nr.:

Aufgabe
(Punkte)
1)
2)
3)
4)
5)
6)

KLAUSUR STRÖMUNGSLEHRE

Studium Maschinenbau

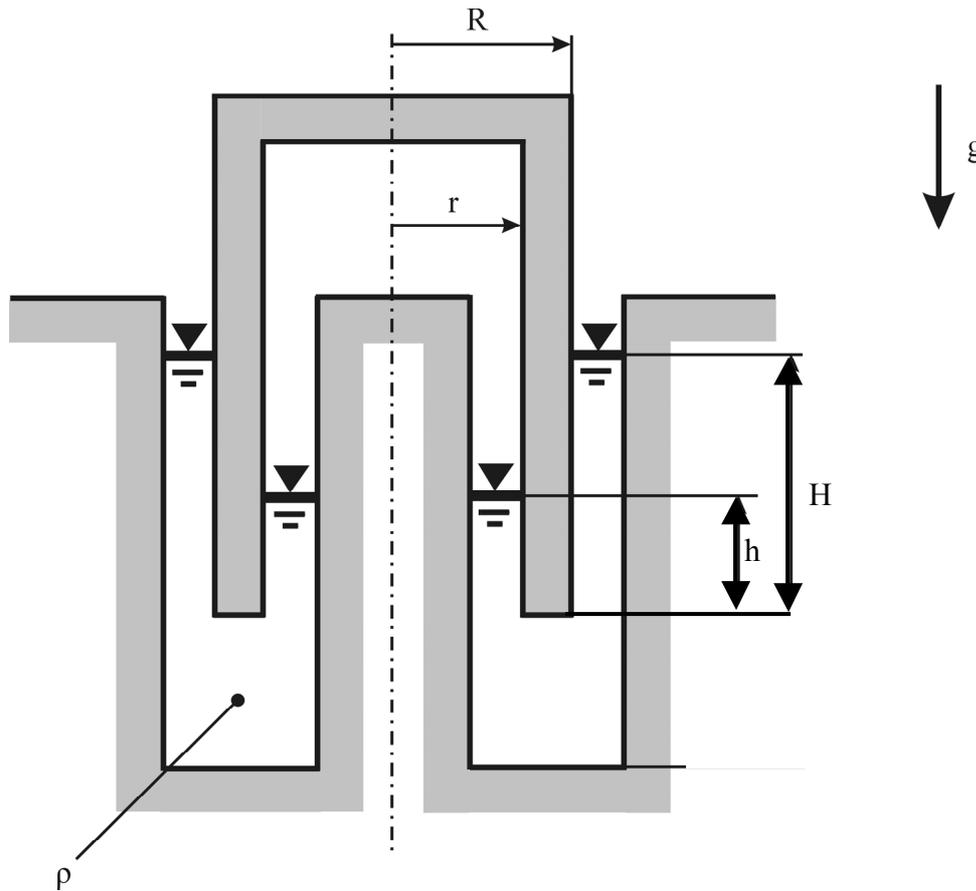
und

Wirtschaftsingenieurwesen
(neue Diplomprüfungsordnung vom 03.09.1996)
Prüfungsfach: Fluid- und Thermodynamik

Aufgabe 1

(7)

Eine rotationssymmetrische Glocke mit kreiszylindrischen Wänden (Innenradius r , Außenradius R) und vertikaler Achse schwimmt in einem Ringkanal, in dem sich eine Flüssigkeit mit der Dichte ρ befindet. Dabei steht der innere Mechanismus der Flüssigkeit um die Höhe h über dem unteren Ende der Glocke (s. Abb.).



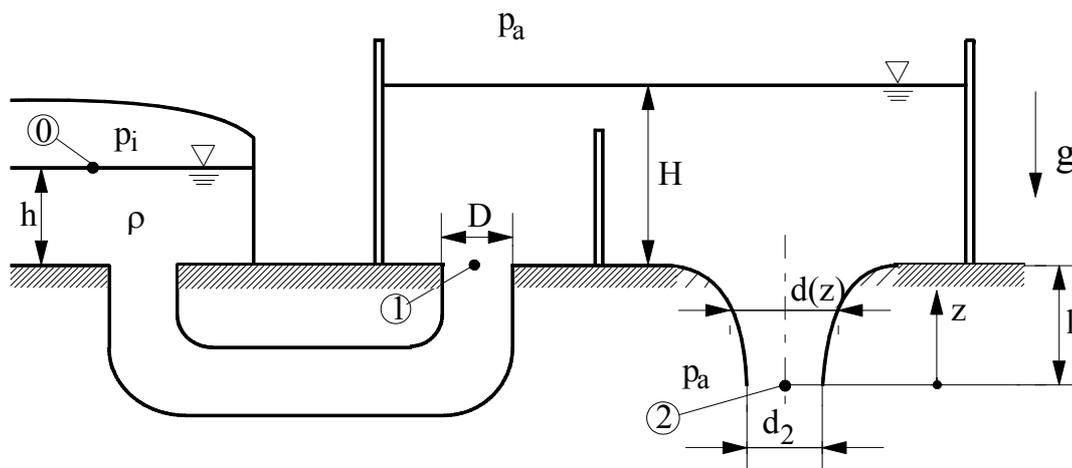
Man bestimme in Abhängigkeit gegebener Größen die Gewichtskraft G der Glocke.

Gegeben sind: r, R, h, H, ρ, g

Aufgabe 2:

(11)

Aus einem großen, geschlossenen Behälter mit dem konstanten Innendruck p_i und der konstanten Spiegelhöhe h strömt Wasser (Dichte ρ) durch ein Kreisrohr (Innendurchmesser D) und tritt an dessen Ende bei ① als Freistrahlin in ein offenes Becken. Gleichzeitig strömt Wasser aus dem beruhigten Teil des Beckens durch eine Ausflusssdüse der Länge l mit variablem Kreisquerschnitt (Enddurchmesser d_2) als Freistrahlin bei ② in die Atmosphäre aus. Über dem Wasserspiegel des offenen Beckens und in der Umgebung der Ausflusssdüse herrsche der konstante Umgebungsdruck p_a . Der Strömungsvorgang sei stationär und abgesehen vom Freistrahlin bei ① reibungsfrei.



Mit Hilfe der Stromfadentheorie bestimme man in Abhängigkeit gegebener Größen:

a) die Wasserspiegelhöhe H im offenen Becken

b) wie der Durchmesser $d(z)$ der Düse für $0 \leq z \leq l$ zu wählen ist, damit für den statischen Druck in diesem Bereich gilt: $p(z) = p_2 \left\{ 1 + \alpha \cdot \frac{z}{l} \right\}$. Dabei ist p_2 der statische Druck im Querschnitt ②.

Gegeben sind:

$p_i, p_a, \rho, h, D, d_2, \alpha, l, g$.

Hinweis:

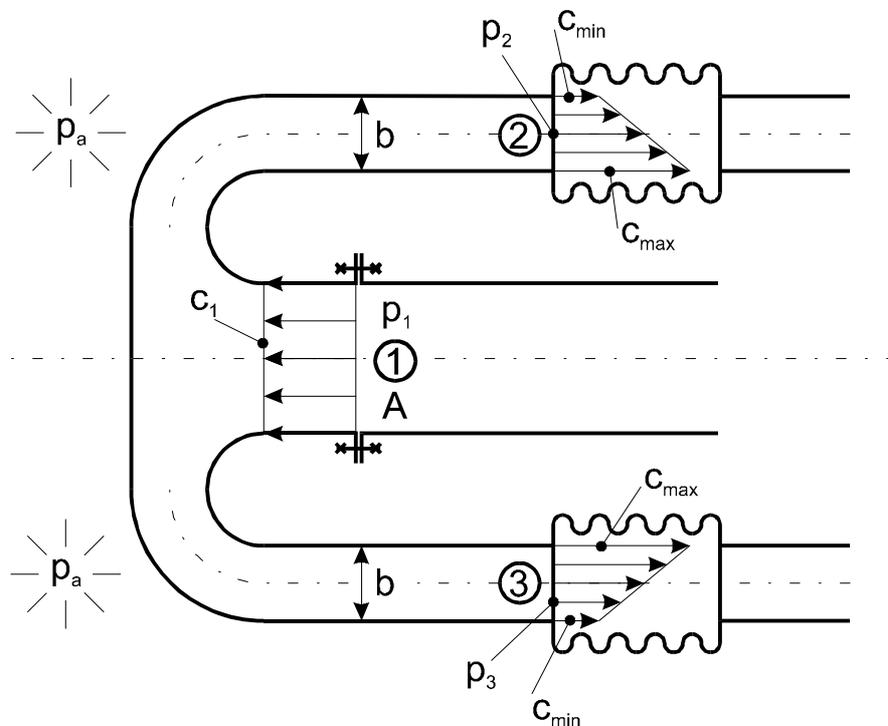
Bei der Beantwortung von b) können zuvor berechnete Größen als gegeben angesehen werden.

Aufgabe 3

(22)

Gegeben ist ein symmetrisches Verzweigungsstück mit dem Querschnitt A bei ① und quadratischem Querschnitt (Seitenlänge b) bei ② und ③. Das Verzweigungsstück wird stationär von Wasser (Dichte ρ) durchströmt, das bei ① mit konstanter Geschwindigkeit c_1 eintritt. Bei ② und ③ strömt es mit jeweils gleichem Volumenstrom wieder aus (s. Abb.). Die Geschwindigkeitsverteilung bei ② bzw. ③ kann jeweils durch einen linearen Verlauf zwischen $c_{\min} = \frac{1}{2} \cdot c_{m2,3}$ und $c_{\max} = \frac{3}{2} \cdot c_{m2,3}$ approximiert werden, wobei $c_{m2,3}$ den volumetrischen Mittelwert der Geschwindigkeit bei ② und ③ darstellt. Die statischen Drücke p_1 , p_2 und p_3 (wobei $p_2 = p_3$ gilt) bei ①, ② und ③ sind nicht gegeben. Außerhalb des Verzweigungsstückes herrsche überall der konstante Außendruck p_a .

Das Verzweigungsstück ist bei ① an ein Rohrende angeflanscht. Bei ② und ③ bestehen abdichtende Verbindungen (z. B. Gummimanschetten) zu den anschließenden Rohrleitungen, die keine Kräfte in Strömungsrichtung übertragen können.



Man bestimme in Abhängigkeit gegebener Größen die Horizontalkomponente der Haltekraft F_H , die in der Flanschverbindung auf das Verzweigungsstück übertragen wird.

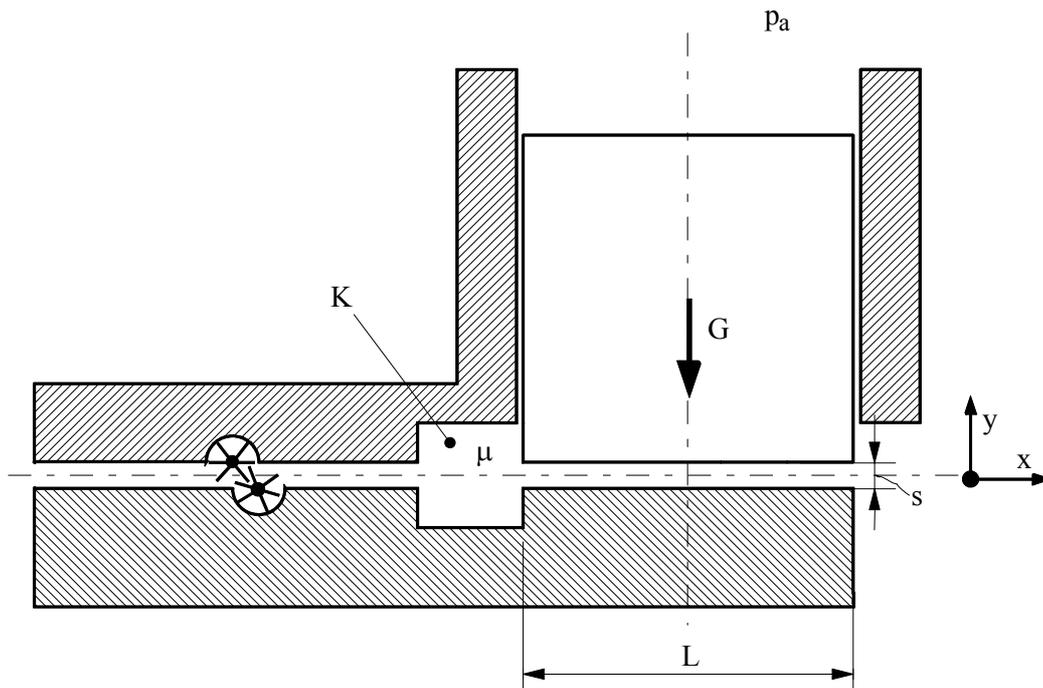
Gegeben sind:

ρ , A , b , c_1 , p_2 , p_3 , p_1 , p_a .

Aufgabe 4

(22)

Ein inkompressibles NEWTONsches Medium mit der dynamischen Zähigkeit μ wird von einer Zahnradpumpe mit konstantem Volumenstrom in eine Vorkammer K gefördert. Von dort strömt es durch einen schmalen Spalt von der Länge L und der Breite b (senkrecht zur Zeichenebene) in die Umgebung mit dem Druck p_a aus. Die obere Wand des Spaltes wird durch die Unterseite eines Quaders (Gewichtskraft G) gebildet. Dieser wird reibungsfrei vertikal geführt, auf seine Oberseite wirkt der konstante Umgebungsdruck p_a (s. Abb.). Die Strömung im Spalt sei laminar und über die ganze Länge L voll ausgebildet.



Man bestimme in Abhängigkeit gegebener Größen:

- die Geschwindigkeitsverteilung $c(y)$ im Spalt,
- den Volumenstrom \dot{V} , den die Zahnradpumpe liefern muss, damit sich eine vorgegebene Spalthöhe s einstellt.

Gegeben sind:

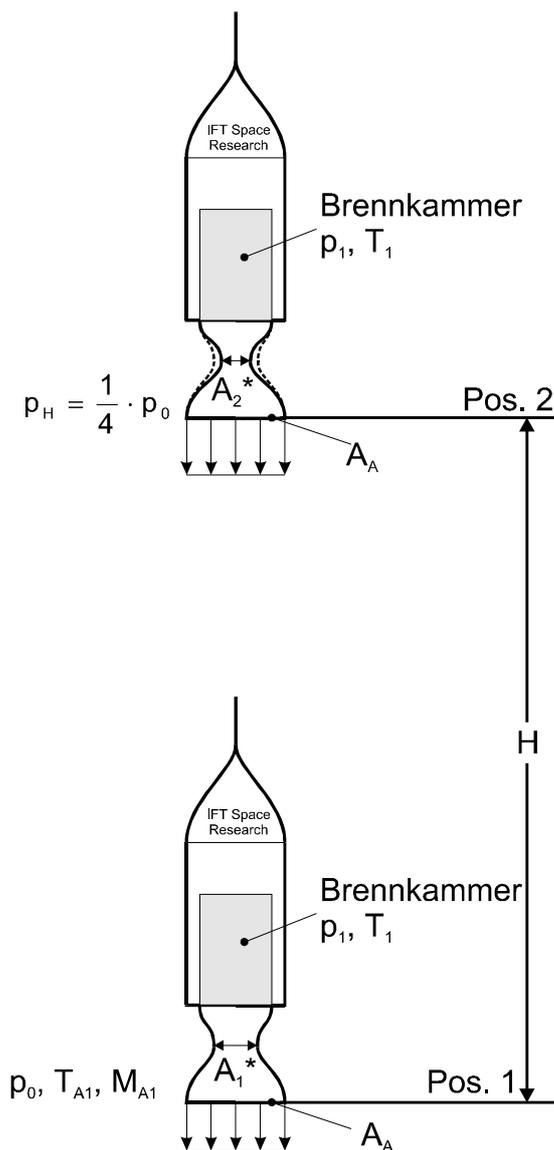
μ , L , s , G .

Hinweis:

Man benutze das eingezeichnete Koordinatensystem x_g .

Aufgabe 5

(15)



Eine Rakete ist mit einem Triebwerk mit verstellbarer LAVALDüse ausgestattet. Unmittelbar nach dem Start am Boden (Pos. 1) tritt der Düsenstrahl durch den Austrittsquerschnitt A_A mit konstanter Machzahl $M_{A1} = 2$ und konstanter Temperatur $T_{A1} = 2000^\circ\text{C}$ parallel in die Umgebung mit dem Druck p_0 aus.

Nachdem die Rakete die Höhe H erreicht hat (Pos. 2), ist der Umgebungsdruck p_H auf $1/4$ des ursprünglichen Umgebungsdruckes p_0 abgesunken ($p_H = 1/4 \cdot p_0$). Die Zustandsgrößen im Inneren der Brennkammer p_1 und T_1 sind indes konstant geblieben. Um weiterhin eine parallele Abströmung zu gewährleisten, muß jedoch der engste Querschnitt von A_1^* auf A_2^* nachgestellt werden

Bestimmen Sie:

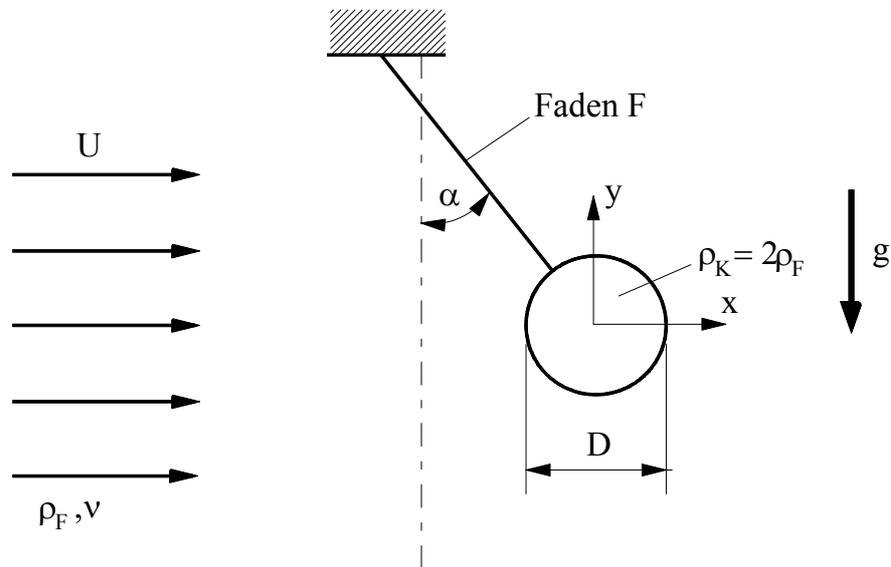
- die Zustandsgrößen (Ruhegrößen) T_1 und p_1 in der Brennkammer des Raketen-triebwerks,
- für die Pos. 1 im Austrittsquerschnitt A_A die Schallgeschwindigkeit a_{A1} und die Austrittsgeschwindigkeit v_{A1} ,
- für die Pos. 2 in der Höhe H die Strahltemperatur T_{A2} sowie die Machzahl M_{A2} ,
- das Verhältnis der engsten Querschnitte A_1^*/A_2^* .

geg: $\kappa = 1.4$, $IR = 286.9 \text{ m}^2/(\text{s}^2\text{K})$, $T_{A1} = 2000^\circ\text{C}$, $p_0 = 1 \text{ bar}$, $M_{A1} = 2$, $p_H = 1/4 \cdot p_0$

Hinweis: Man nehme eine isentrope Zustandsänderung an

Aufgabe 6:**(16)**

In einer stationären, horizontalen Parallelströmung eines inkompressiblen NEWTONschen Fluides mit der Dichte ρ_F und der kinematischen Zähigkeit ν befindet sich stationär eine Kugel mit dem Durchmesser D und der Dichte ρ_K ($\rho_K = 2 \rho_F$). Die Kugel wird von einem Faden F gehalten, der um den Winkel α gegenüber der Vertikalen geneigt ist (s. Abb.).



Unter der Voraussetzung schleichender Strömung bestimme man in Abhängigkeit gegebener Größen die Anströmgeschwindigkeit U_∞ der Parallelströmung.

Gegeben sind:

ν , ρ_F , $\rho_K = 2 \cdot \rho_F$, α , D , g .