....
(Name, Matr.-Nr, Unterschrift)

Klausur Strömungslehre

10. 3. 2005

1. Aufgabe (6 Punkte)

Ein Heißluftballon mit ideal schlaffer Hülle hat beim Start ein Luftvolumen V_0. Während er in die Atmosphäre aufsteigt, kühlt die Heißluft im Ballon ab.

$$T_{HL} = T_L \cdot (1,25 - \frac{z \cdot 10^{-5}}{z_0})$$

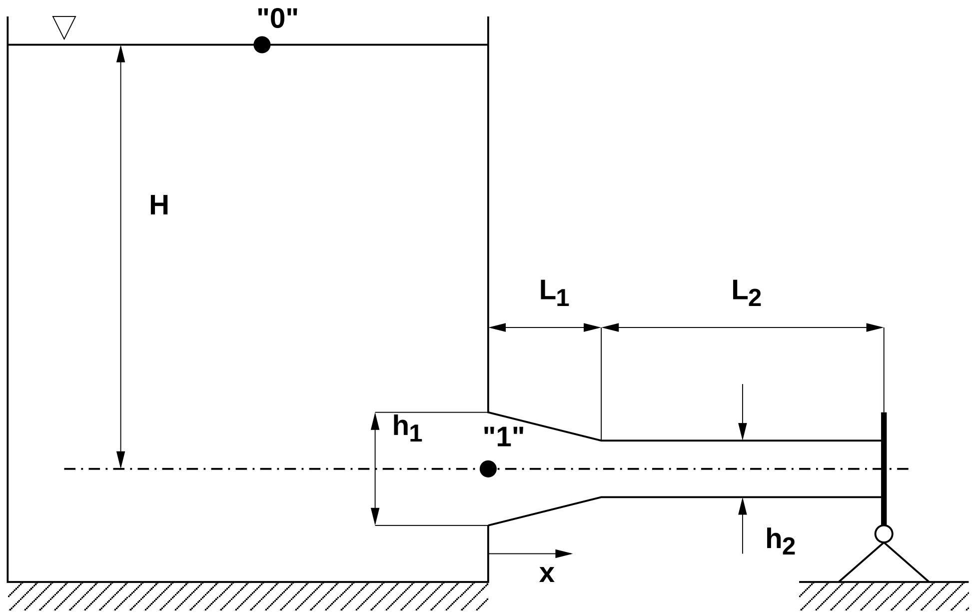
Welches Gewicht dürfen Ballonhülle und Nutzlast (mittlere Dichte ρ_B) haben, damit der Ballon in einer Höhe $H = 10km$ schwebt?

Gegeben:
$V_0 = 200m^3, \quad z_0 = 1m, \quad g = 10m/s^2, \quad \rho_{L0} = 1,25kg/m^3, \quad \rho_B = 10^3kg/m^3$

Hinweis:
$T_{HL} =$ Temperatur der Heißluft in der Höhe z
$T_L =$ Temperatur der Umgebung in der Höhe z

2. Aufgabe (8 Punkte)

Die Klappe am Ende der Ausströmleitung eines großen Behälters wird plötzlich geöffnet. Der rechteckige Querschnitt hat konstante Breite.



Gegeben: $L_1 = 2m,\ L_2 = 5m,\ h_1 = 0,1m,\ h_2 = 0,05m,$
$H = 2m,\ g = 10\dfrac{m}{s^2}$

Bestimmen Sie

a) die Ausströmgeschwindigkeit bei stationärer Strömung

b) die Zeit T, in der die Geschwindigkeit 99 % ihres Endwertes erreicht.

Hinweis: Die Strömung sei inkompressibel, reibungsfrei und eindimensional. Die lokale Beschleunigung zwischen “0” und “1” sei vernachlässigbar.

$$\int \frac{dx}{ax+b} = \frac{1}{a}\ln(ax+b)$$

$$\int \frac{dx}{a^2-x^2} = \frac{1}{2a}\ln(\frac{a+x}{a-x})$$

3. Aufgabe (10 Punkte)

Zwei Gebläse, die Luft aus der ruhenden Umgebung ansaugen, unterscheiden sich in der Form des Einlaufes.

Bestimmen Sie für beide Anordnungen:

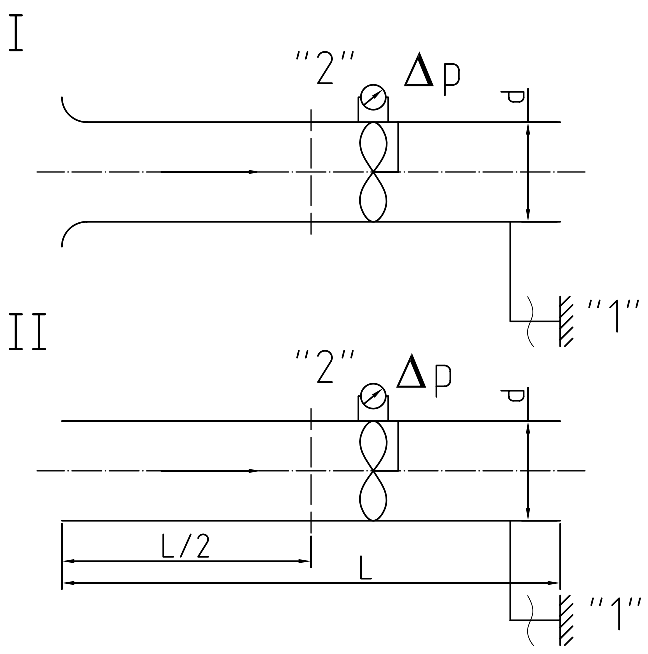
a) den Volumenstrom,

b) die Gebläseleistung,

c) die Haltekraft in ’1’,

d) und die Schnittkraft im Gebläsemantel im Schnitt ’2’.

Nehmen Sie für das Gebläse I eine reibungsfreie und für das Gebläse II mit einem Einlaufverlustbeiwert von $\zeta_e = 1$ eine **reibungsbehaftete** Strömung an, bei der die Wandschubspannung über die gesamte Rohrlänge konstant ist.



Gegeben: ρ, Δp, d für Gebläse I und II
λ (= Rohrreibungsbeiwert), ζ_e, L für Gebläse II.

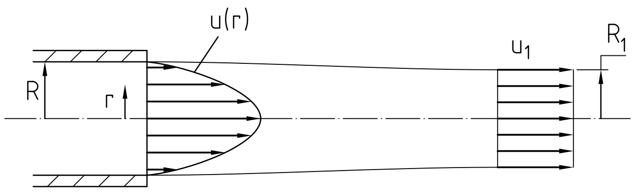
Hinweis: Der Abstand der Druckmessstellen in Anordnung II soll so gering sein, dass der Einfluss der Wandreibung auf die gemessene Druckdifferenz vernachlässigt werden kann.

4. Aufgabe (7 Punkte)

Aus einem Rohr (Radius R) strömt Wasser ins Freie. Die Geschwindigkeitsverteilung im Strahl ist

$$u = u_{max} \cdot (1 - \frac{r^2}{R^2})$$

Bei Vernachlässigung der Erdschwere und der Reibung mit der Luft nimmt der Strahl in einiger Entfernung die konstante Geschwindigkeit u_1 an.



Bestimmen Sie R_1/R.

5. Aufgabe (5 Punkte)

In einer Gasströmung ist der Wärmetransport durch Reibungswärme und Wärmeleitung bestimmt. Die Einflussgrößen sind die Wärmeleitfähigkeit $\lambda\ \left[\frac{kg\ m}{s^3 K}\right]$, die dynamische Scherzähigkeit $\eta\ \left[\frac{kg}{m\ s}\right]$ und die Referenzwerte für die Temperatur, die Geschwindigkeit und die Länge. Der physikalische Zusammenhang wird durch die Energiegleichung

$$\lambda \frac{\partial^2 T}{\partial y^2} + \eta \left(\frac{\partial u}{\partial y}\right)^2 = 0$$

beschrieben.

Leiten Sie

a) mit der Methode der Differentialgleichungen und

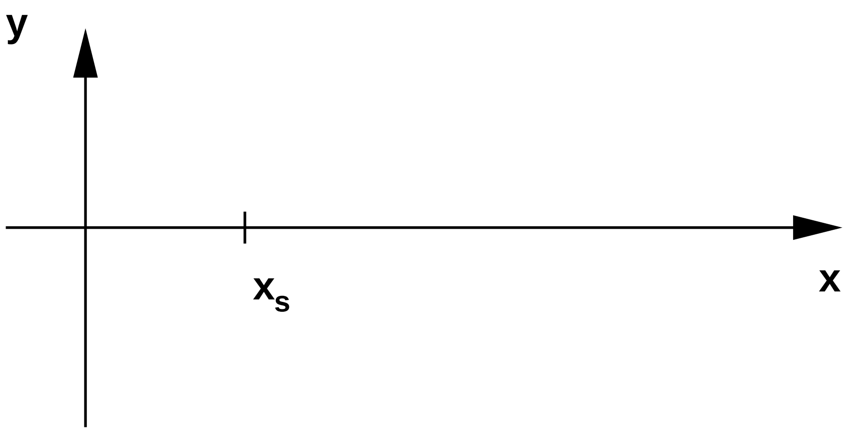
b) mit dem Π-Theorem die Kennzahl des Problems ab.

c) Erweitern Sie die gefundene Kennzahl mit der spezifischen Wärmekapazität c_p und stellen Sie die Kennzahl als Produkt von aus der Strömungstechnik bekannten Kennzahlen dar.

Hinweis:
Die Stoffgrößen sind als konstant anzusetzen. Die vierte Grunddimension ist die Temperatur.

6. Aufgabe (8 Punkte)

Einer Parallelströmung (Geschwindigkeit u_∞) werden eine Quelle (Ergiebigkeit E_Q) im Koordinatenursprung ($x = 0,\ y = 0$) und eine Senke (Schluckvermögen E_S) im Punkt ($x = x_s,\ y = 0$) überl;agert.



a) Skizzieren Sie die Konturen für

- $E_S \ll E_Q$
- $E_S = E_Q$
- $E_S = E_Q/2$

Bestimmen Sie für gegebene Werte von $u_\infty,\ E_Q,\ E_S$ und x_S

b) das Potential $\Phi(x, y)$

c) die Stromfunktion $\Psi(x, y)$

d) die Ordinate y_∞ der Kontur für $x \to \infty$.

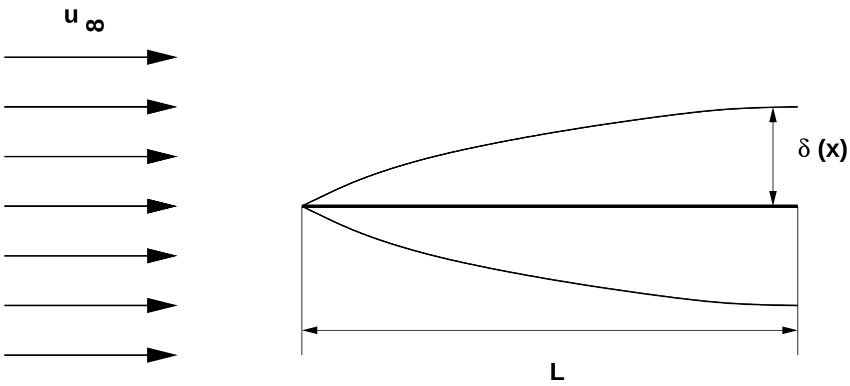
Hinweis:

Gegeben sind die folgenden komplexen Potentialfunktionen:

- $F_Q(z) = \dfrac{E}{2\pi} \ln z$

7. Aufgabe (9 Punkte)

Eine ebene Platte (Länge L, Breite B) wird parallel zur Oberfläche mit Luft angeströmt.



a) Das Geschwindigkeitsprofil der sich ausbildenden Grenzschicht wird durch ein Polynom dritten Grades angenähert.

$$\frac{u}{u_\infty} = \frac{3}{2}\left(\frac{y}{\delta}\right) - \frac{1}{2}\left(\frac{y}{\delta}\right)^3$$

Gegeben: $L, = 1\,m,\ B = 0,5\,m,\ u_\infty = 7\,\frac{m}{s}$

$\delta(L) = 6,79\,mm,\ \rho = 1,25\,\frac{kg}{m^3}$

Bestimmen Sie mit Hilfe des Impulssatzes den Widerstand der Platte. Die Zähigkeit ist nicht gegeben.

b) In einer Grenzschicht mit sinusförmigem Geschwindigkeitsprofil

$$\frac{u}{u_\infty} = \sin\left(\frac{\pi}{2}\frac{y}{\delta}\right) \text{ gilt: } \quad \frac{\delta}{x} = \frac{4,8}{\sqrt{\mathrm{Re}_x}}$$

Bestimmen Sie die Schubspannung im Punkt P ($x_P = 0,5\,m$, $y_P = 3,5\,mm$) für $u_\infty = 9\,m/s,\ \rho = 1,25\,\frac{kg}{m^3}$ und $\nu = 1,5 \cdot 10^{-5}\,m^2/s$.

8. Aufgabe (7 Punkte)

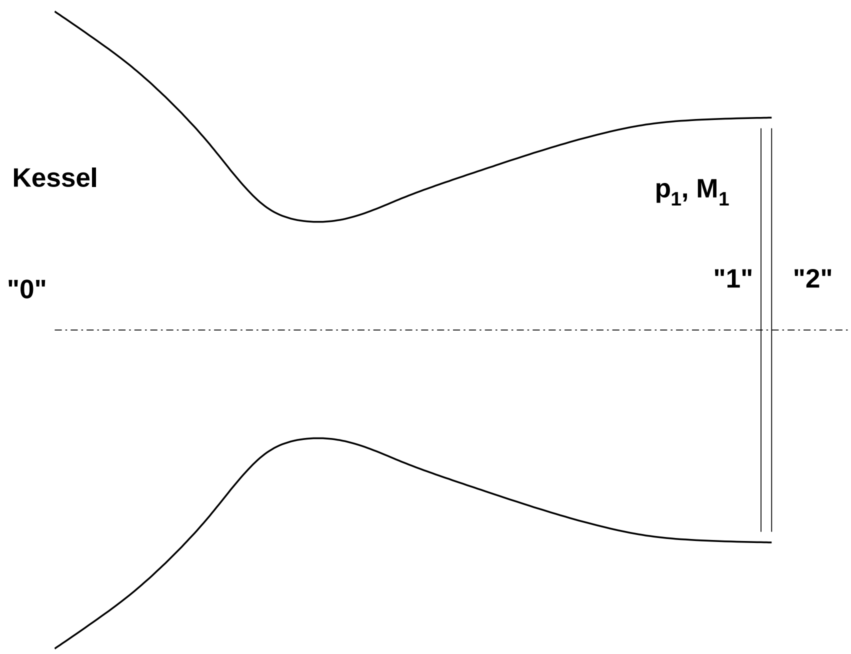
a) Leiten Sie den Zusammenhang zwischen $\frac{p}{p_0}$ und M für isentrope Strömungen her.

b) Die Machzahl im Austrittsquerschnitt einer Lavaldüse, die isentrop durchströmt wird, soll $\mathrm{M}_1 = 3$ betragen.

Berechnen Sie unter der Voraussetzung, dass im Austrittsquerschnitt ein senkrechter Verdichtungsstoß steht,

- den Kesseldruck für $p_a = 1$ bar Umgebungsdruck,
- die Geschwindigkeit u_2 hinter dem Stoß.

Gegegeben: $T_0 = 293\,K,\ \gamma = 1,4,\ R = 287\frac{J}{kg\,K}$



Hinweis: $$\frac{p_2}{p_1} = 1 + \frac{2\gamma}{\gamma+1}(M_1^2 - 1)$$

$$\frac{T}{T_0} = \left(\frac{p}{p_0}\right)^{(\gamma-1)/\gamma}$$