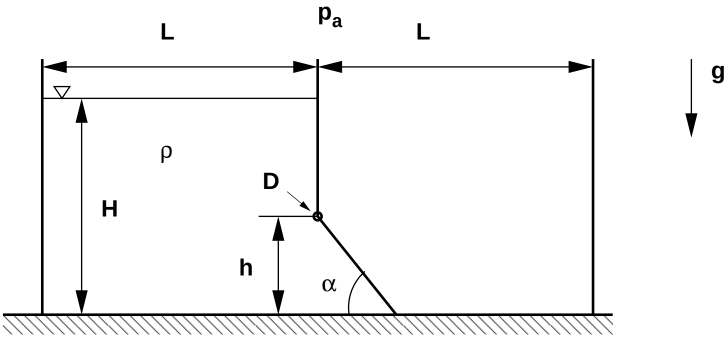
....
(Name, Matr.-Nr, Unterschrift)

Klausur Strömungslehre

12. 8. 2005

1. Aufgabe (14 Punkte)

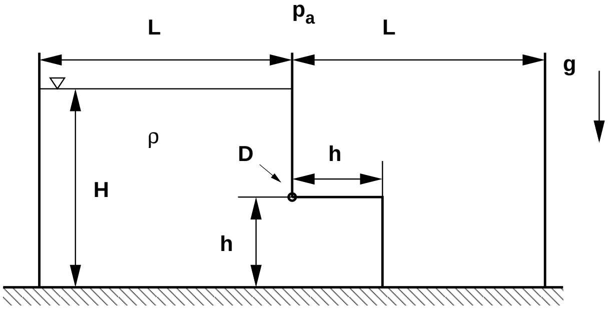
Die Verbindungsöffnung (Spalthöhe h) zweier gleich großer Wasserbehälter (jeweils Tiefe T, Länge L) wird, wie in der Zeichnung dargestellt, durch eine nach außen um den Winkel α angestellte Platte (Tiefe T, Masse m), die im Punkt D drehbar gelagert ist, verschlossen.



a) Berechnen Sie in Abhängigkeit der gegebenen Größen, ab welcher Wasserspiegelhöhe H die Klappe sich öffnet.

b) Der linke Behälter wird mit Wasser bis zu einer Höhe von $2 \cdot H$ gefüllt. Bis zu welchem Wasserspiegel H_2 steigt das Wasser im zweiten Behälter, ehe sich ein neuer Gleichgewichtszustand einstellt, in dem die Klappe wieder geschlossen bleibt?

c) Wie verändert sich die im Behälter aus Aufgabenteil a) maximal mögliche Wasserspiegelhöhe, wenn wie in der unteren Darstellung statt einer geraden Klappe ein gleichschenkliger 90^o-Winkel gleicher Masse verwendet wird? Begründen Sie Ihre Antwort anhand mathematischer Zusammenhänge.

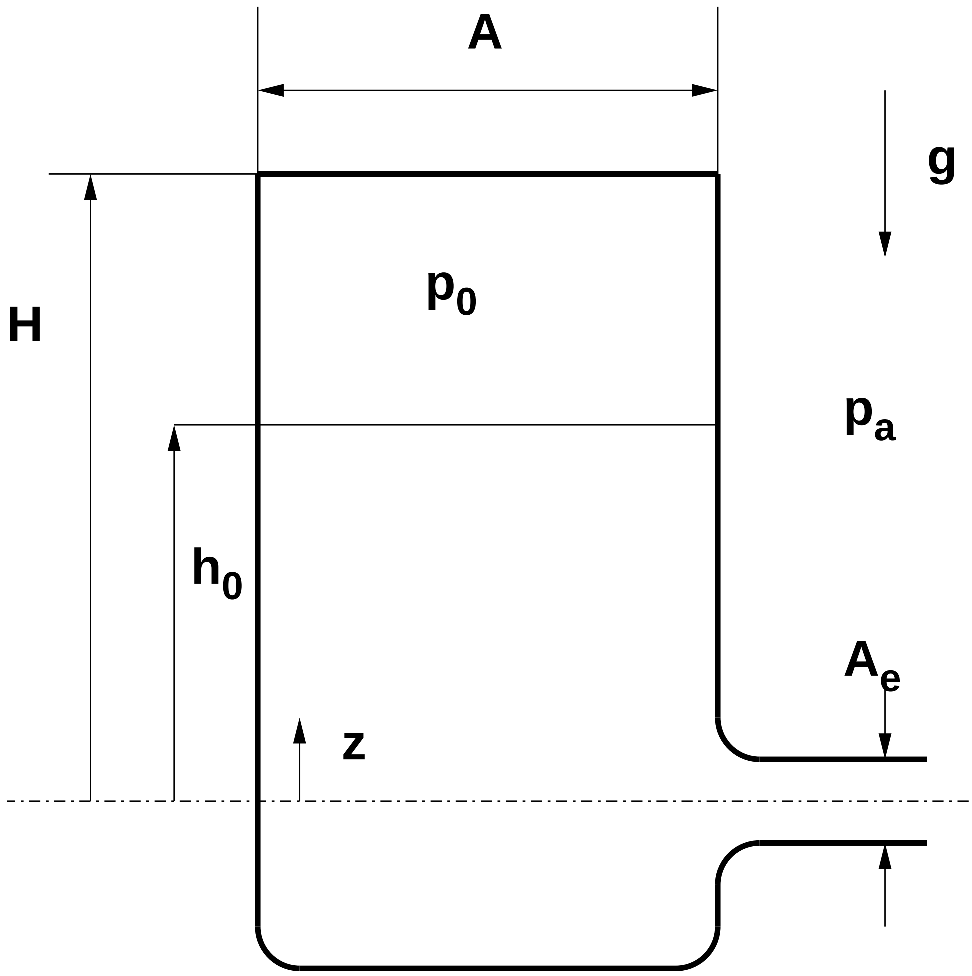


Gegeben: $h, T, L, m, \alpha, g, p_a, \rho, h << (H, L)$

Hinweis: Die Drehlagerung ist reibungsfrei und der hydrostatische Auftrieb der Klappe kann vernachlässigt werden.
Nehmen Sie für Teil b) an, dass das Wasser im zweiten Behälter die Spalthöhe übersteigt.

2. Aufgabe (10 Punkte)

Aus einem geschlossenen Überdruckbehälter fließt Wasser (Dichte ρ) ins Freie. Zu Beginn ist der Behälter bis zur Höhe h_0 gefüllt und der Luftdruck im Behälter beträgt p_0. Die Luft ist ein ideales Gas und die Zustandsänderung ist isotherm.



a) Bestimmen Sie die Geschwindigkeit v_e im Austritt in Abhängigkeit von z unter der Annahme von verlustfreier, quasistationärer Strömung.

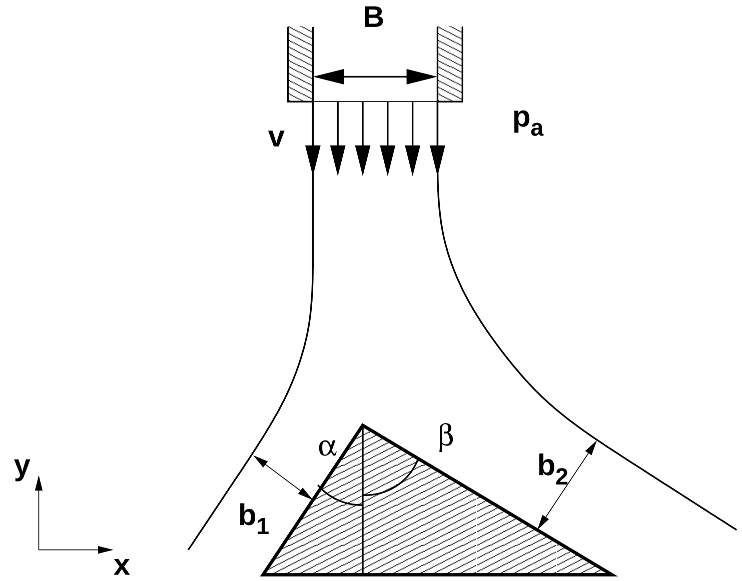
b) Bei einem bestimmten Unterdruck kommt die Strömung zum Stehen. Berechnen Sie die Höhe h_1, bei der dies geschieht.

Gegeben: $h_0 = 4$ m, $H = 6$ m, $A = 3.14$ m^2, $A_e = 3.14 \times 10^{-2}$m^2, $p_0 = 2$ bar,

$p_a = 1$ bar , $\rho = 1000\frac{kg}{m^3}$, $g = 10\frac{m}{s^2}$

3. Aufgabe (8 Punkte)

Aus einer Düse mit rechteckigem Querschnitt (Breite B, Tiefe T senkrecht zur Zeichenebene) tritt ein Wasserstrahl (Dichte ρ) als Freistrahl mit der Geschwindigkeit v in die umgebende Atmosphäre (Umgebungsdruck p_a) aus. Dieser Wasserstrahl wird von einem asymmetrischen Keil ($\alpha \neq \beta$) in zwei Teilstrahlen der Tiefe T und der Breiten b_1 bzw. b_2 geteilt (s. Abb.). Die Lage des Keils zum Strahl ist so gewählt, dass die vom Wasser auf den Keil ausgeübte Kraft keine Komponente in x-Richtung hat.



Bestimmen Sie in Abhängigkeit der gegebenen Größen

a) die Strahlbreiten b_1 und b_2,

b) die zur y-Achse parallele äußere Kraft F_y, die am Keil angreifen muss, damit dieser im Gleichgewicht ist.

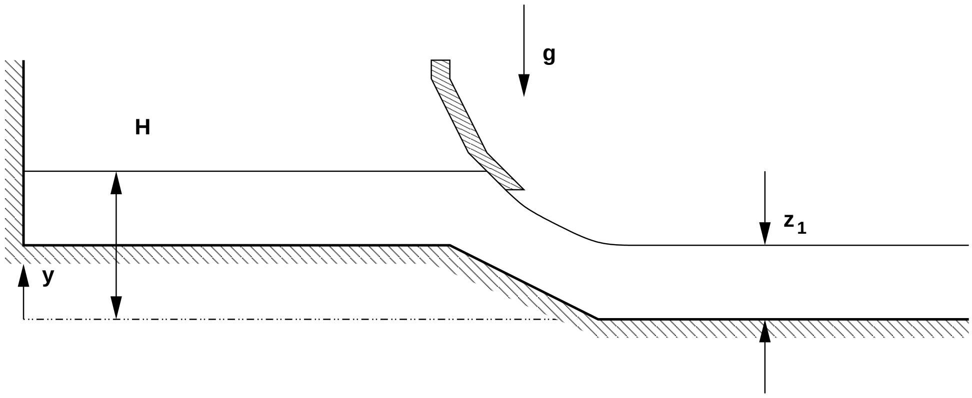
Hinweis: Die Strömung sei reibungsfrei, die Gravitation wird vernachlässigt und der Umgebungsdruck p_a ist konstant.

Gegeben: $B, T, \rho, v, \alpha, \beta$

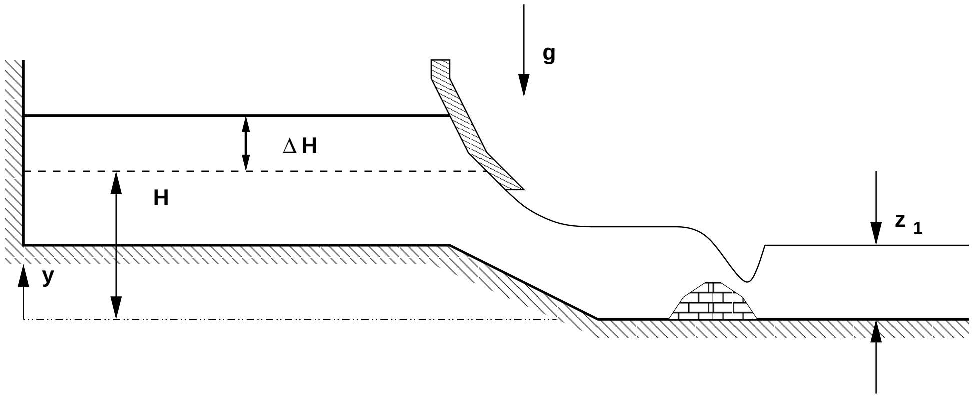
4. Aufgabe (13 Punkte)

Aus einem großen Becken strömt Wasser in einen offenen Abwasserkanal der Breite B und der Wassertiefe z_1.

a) Bestimmen Sie den Volumenstrom.



b) Durch Verschmutzung bildet sich im Abwasserkanal ein Hindernis in Form eines Wehres (Höhe $y_W = 0.25$ m). Um wieviel muss der Wasserspiegel im großen Behälter steigen, damit derselbe Volumenstrom mit derselben Geschwindigkeit transportiert wird?

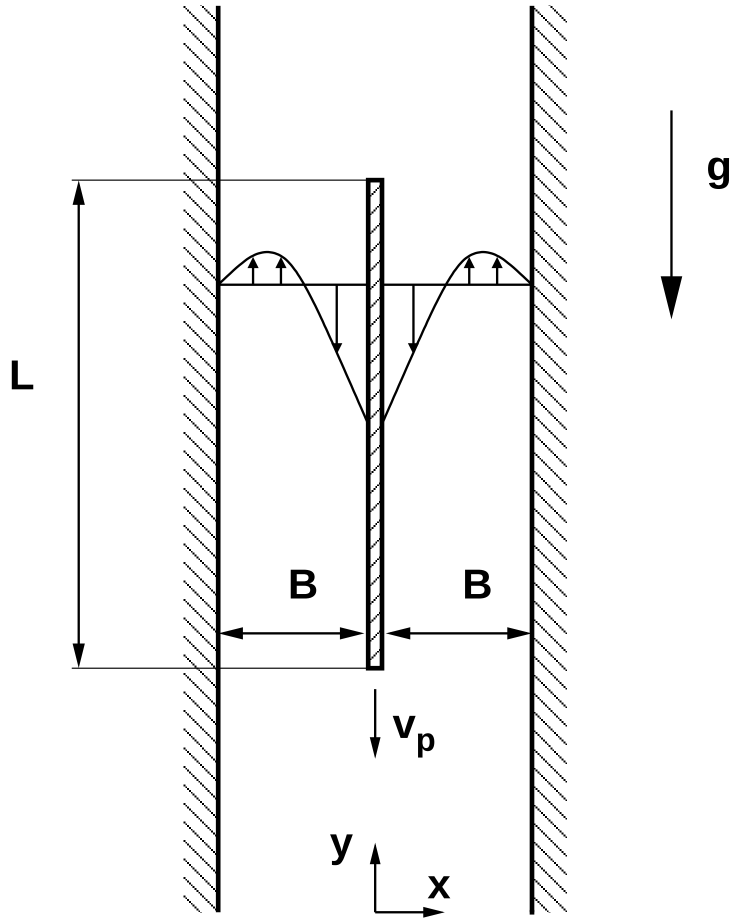


c) Tragen Sie qualitativ die Zustandsänderungen für Teil b) in das Energiehöhendiagramm ein, das auf dem Lösungsblatt abgedruckt ist.

Gegeben: $H = 0.36$ m, $z_1 = 0.3$ m, $B = 1.5$ m, $y_W = 0.25$ m, $g = 10\ \frac{m}{s^2}$

5. Aufgabe (11 Punkte)

In einem mit Öl gefüllten vertikalen Spalt der Breite $2 \cdot B$ wird eine Platte der Tiefe T (senkrecht zur Zeichenebene), der Länge L und vernachlässigbarer Dicke mit konstanter Geschwindigkeit v_P so eingeführt, dass sie stets in der Mitte des Spaltes bleibt (s. Abb.). Durch die Schleppwirkung der Platte wird in deren Nachbarschaft Öl abwärts transportiert. Aufgrund der Massenerhaltung muss im restlichen Teil des Spaltes eine entsprechende Menge Öl entgegengesetzt strömen, so dass sich das in der Skizze dargestellte Geschwindigkeitsprofil $v(x)$ einstellt. Für $B << L$ kann die Strömung als ausgebildet betrachtet werden.



Berechnen Sie unter Voraussetzung einer ausgebildeten, laminaren Strömung

a) den Verlauf des Geschwindigkeitsprofils $v(x)$ als Funktion des Druckgradienten $\partial p/\partial y$,

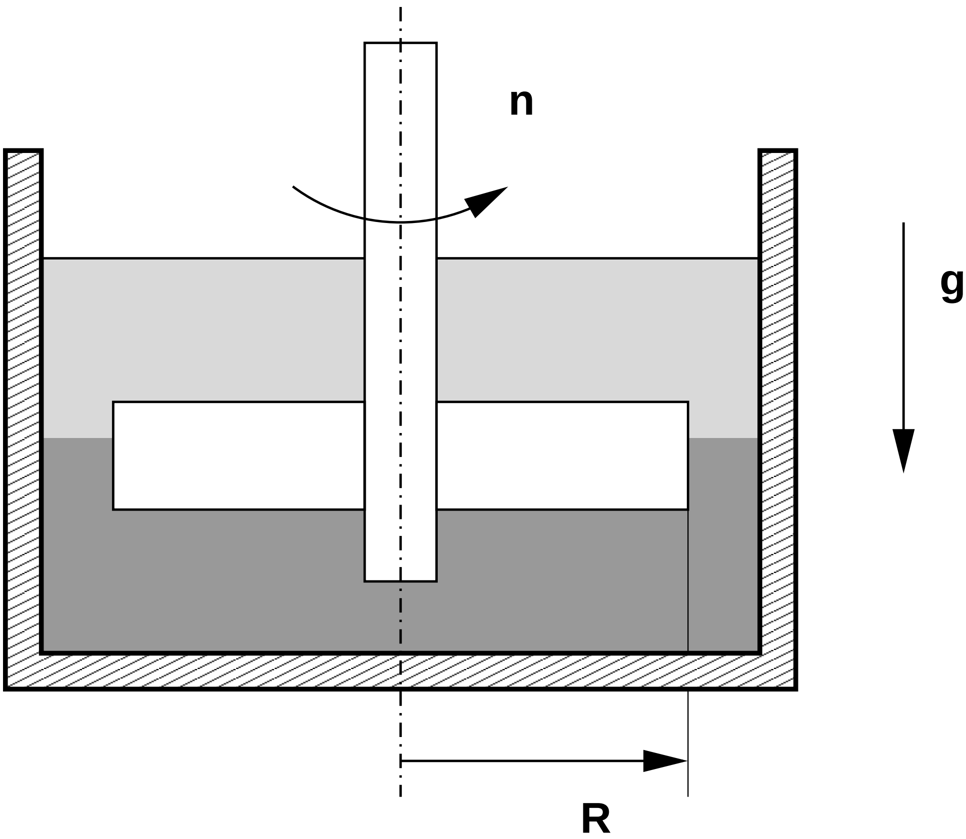
b) den Druckgradienten $\partial p/\partial y$, der sich im Spalt einstellt

c) und die Reibkraft $\vec{F}_R$, die das Öl auf die Platte ausübt.

Gegeben: $\rho, \eta, B, v_P, T, L, g, B << L$.

6. Aufgabe (10 Punkte)

In einem zylindrischen Behälter soll eine Emulsion aus zwei Flüssigkeiten (ρ_1, ν_1 und ρ_2, ν_2) mit Hilfe eines Rührwerkes hergestellt werden. Zur Auslegung des Rührwerkes wird zunächst ein Modellversuch im Verkleinerungsmaßstab 1:3 gemacht. Im Folgenden sind die Modellgrößen mit (') gekennzeichnet.



Bestimmen Sie

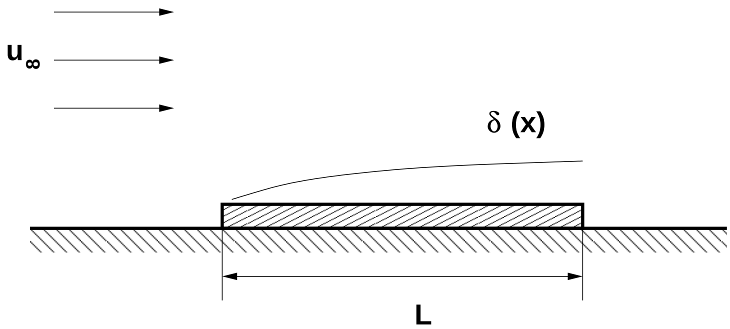
a) die Drehzahl n' und die kinematischen Zähigkeiten ν_1' und ν_2' im Modellversuch,

b) das Drehmoment M der Hauptausführung aus dem im Modellversuch ermittelten Moment M',

c) die Leistung P in der Hauptausführung.

Gegeben: $R, n, \nu_1, \nu_2, \rho_1, \rho_2, \rho_1'$

7. Aufgabe (15 Punkte)



Eine ebene Platte (Länge L, Tiefe T, Masse m) liegt auf dem Boden und wird auf der Oberseite von Luft mit der Geschwindigkeit $U(x) = u_\infty = konst.$ überströmt. Dadurch bildet sich auf der Oberseite eine Grenzschicht aus, deren Geschwindigkeitsprofil durch folgendes Polynom dritten Grades angenähert werden kann

$$\frac{u(x,y)}{U(x)} = a_0 + a_1\left(\frac{y}{\delta}\right) + a_2\left(\frac{y}{\delta}\right)^2 + a_3\left(\frac{y}{\delta}\right)^3.$$

a) Bestimmen Sie die Koeffizienten des Polynoms der Geschwindigkeitsverteilung.

b) Berechnen Sie aus der Geschwindigkeitsverteilung den Verlauf der Wandschubspannung $\tau_W(x)$ in Abhängigkeit der Grenzschichtdicke δ und der Geschwindigkeit u_∞.

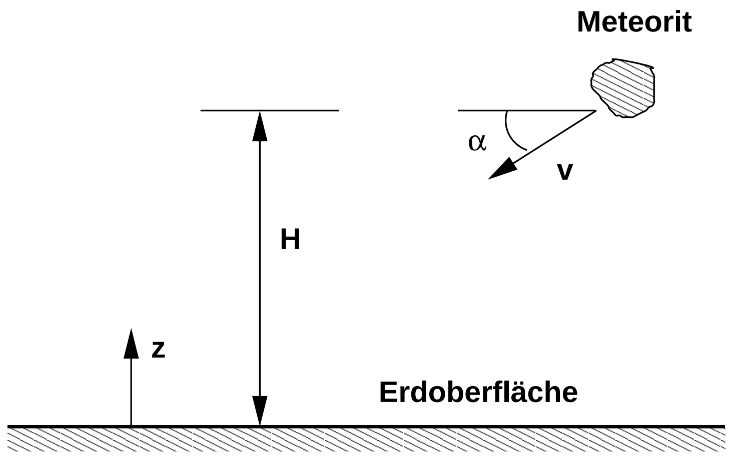
c) Bestimmen Sie den Grenzschichtverlauf $\delta(x)$ auf der Plattenoberseite.

d) Bei welcher Geschwindigkeit u_∞ beginnt die Platte aufgrund der Reibungskraft auf der Plattenoberseite über den Boden zu gleiten, wenn der Haftreibungskoeffizient zwischen Platte und Boden μ beträgt?

Gegeben: $L, T, m, g, \mu, \rho, \eta$

Hinweis: von Kármánsche Integralbeziehung: $\frac{d\delta_2}{dx} + \frac{1}{U}\frac{dU}{dx}\left(2\delta_2 + \delta_1\right) = \frac{\tau_W}{\rho U^2}$

8. Aufgabe (9 Punkte)



Ein Meteorit nähert sich mit konstanter Überschallgeschwindigkeit v und unter konstantem Winkel α der Erdoberfläche (siehe Abb.). Der Temperaturverlauf in der Erdatmosphäre sei linear

$$T(z) = T_0 - k \cdot z, \quad k = konst. > 0$$

a) Geben Sie die Machzahl des Meteoriten als Funktion der Höhe z an.

b) Ein in der Höhe H erzeugtes Geräusch erreicht den Erdboden um das Zeitintervall Δt vor bzw. nach dem Aufschlag des Meteoriten. Berechnen Sie diese Zeitdifferenz.

c) Skizzieren Sie, in welcher Form sich eine Schallwelle ausbreitet, die in einer bestimmten Höhe ausgesendet wurde (Begründung).

d) Skizzieren Sie die Bereiche, in denen Geräusche, die von dem Meteoriten ausgesendet wurden, zu einem bestimmten Zeitpunkt wahrgenommen werden können, für eine Flugbahn parallel sowie senkrecht zur Erdoberfläche (Begründung).

Gegeben: $H, \alpha, \gamma, R, k, T_0, v$

Hinweis: $\int \frac{dx}{\sqrt{ax+b}} = \frac{2}{a}\sqrt{ax+b}$