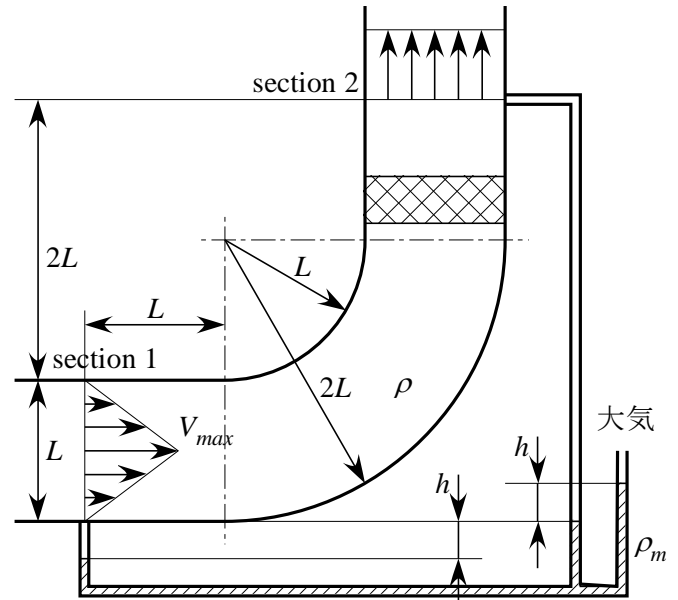


問(I)

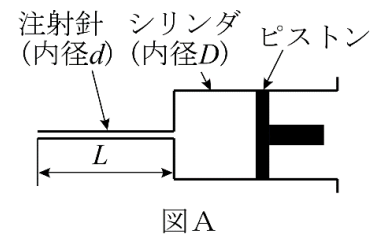
図のように曲がり部を有する幅 L の二次元ダクトが鉛直に立てられ、その中を密度 ρ の水が流れている。ダクト内には整流格子が入っている。上流側の断面1は鉛直面上にあり、断面1を通過する流れは水平方向のみの速度成分を有し、かつ断面上の速度分布はダクト中心で最大となる三角形状であり、ダクト中心部における流速は V_{max} 、上下壁面における流速は0となっている。一方、下流側の断面2は水平面上にあり、かつ断面1の上壁面より $2L$ だけ高い位置にある。断面2を通過する流れは鉛直方向上向きのみ速度成分を有し、かつ流速は断面上で一様である。ダクト曲がり部の曲率半径は内側で L 、外側で $2L$ である。断面1からダクト曲がり部までの距離は L である。また、断面1の下壁面および断面2の壁面には密度 ρ_m (ただし $\rho_m > \rho$)の液体を入れたマンメーターが接続されており、その液面は大気開放部の液面よりそれぞれ $2h$ および h だけ下方にあり、かつ後者の液面は断面1の下壁面と同じ高さである(なお、断面1および断面2に接続されたマンメーターの液面より上側は水で満たされていることに注意せよ)。重力加速度を g として、以下の間に答えよ。(50点)



- (1) 断面2における流速 V_2 を求めよ。
- (2) 断面1から断面2までの部分におけるダクトの単位奥行きあたりの質量(内部の整流格子を含む)を M とするとき、断面1から断面2までの部分において、単位奥行きあたりのダクトを支持するために必要な力の水平方向成分 F_x および鉛直方向成分 F_z を、 ρ 、 ρ_m 、 L 、 h 、 V_{max} 、 M および g で表せ。ただし、それぞれ断面1および断面2における流れ方向を正の向きとする。
- (3) 断面1と断面2の間で生じる単位奥行きかつ単位時間あたりのエネルギー損失 E_{loss} を、 ρ 、 ρ_m 、 L 、 h 、 V_{max} および g で表せ。

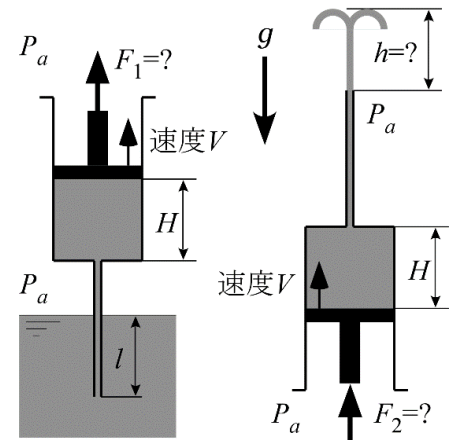
問(II)

図Aに示すように、長さ L の細い注射針（内径 d の円管）が底面中央に取り付けられた内径 D ($\gg d$) のシリンダと質量の無視できるピストンからなる手のひらサイズの注射器を考える。注射針の管摩擦係数を λ （一定とする）とし、シリンダ内の流体管摩擦は無視できるものとする。大気圧を P_a 、重力加速度を g とし、シリンダとピストン間の漏れがなく、シリンダとピストン間に作用する摩擦力も無視できるものとして、以下の問いに答えよ。



図A

- (50点)
- (1) 図Bに示すように、密度 ρ の注射液が貯められた十分大きな容器に、注射針がその先端より長さ l ($< L$) までつかるように注射器を鉛直に突き刺し、ピストンを移動速度 V で上方に引っ張ることにより注射液を注射器内に吸入する。流れは定常であるものとし、ピストンのシリンダ底面からの変位が H のときにピストンを引っ張るために必要な力 F_1 を求めよ。ただし、注射針先端部の入口損失係数を ζ_{in1} とし、注射針からシリンダ内への液の流出時に縮流は生じないものとする。また、注射器内は液で満たされているものとする。
- (2) (1)において、ピストンの移動速度を増加させてもシリンダ内に吸入できる注射液の体積流量には限界がある。最大体積流量 Q_{max} を求めよ。ただし、液の飽和蒸気圧は大気圧に比べて十分に小さいものとみなしてよい。



図B

図C

- (3) 次に、図Cに示すように、注射器を容器から完全に取出し、注射針の先端を鉛直上向きに向けた上で、ピストンを移動速度 V で押すことにより、注射液を大気中に放出させる。流れは定常であるものとし、ピストンのシリンダ底面からの変位が H のときにピストンを押すために必要な力 F_2 を求めよ。ただし、注射針付け根部の入口損失係数を ζ_{in2} とし、液の大気への流出時に縮流は生じないものとする。
- (4) (3)のとき、注射針先端から流出した注射液が鉛直方向に到達する距離 h を求めよ。ただし、液と大気間の摩擦は無視できるものとする。

問(III)

図のように、両端が大気開放された、内径が一定のU字管内の左側に液体A、右側に液体Bが入っている。液体Aと液体Bは混ざり合わないものとし、U字管の水平部の水平方向の長さを $2L$ 、その中央の位置を原点Oとして、次の問に答えよ。ただし、重力加速度は g とする。また、U字管の内径は十分小さいとみなしてよいが、表面張力の影響は無視できるものとする。(50点)

- (1) 液体Aと液体Bの境界面が原点Oの位置にあるとき、U字管の水平部からの左右の液面高さはそれぞれ L_A , L_B となった。このとき、液体Aと液体Bの密度比 α を求めよ。
- (2) (1)の状態から、原点Oを通る鉛直軸まわりにU字管を一定の角速度 ω_c で回転させたところ、左右の液面高さが等しくなった。原点Oから右方向を正として、液体Aと液体Bの境界面の座標 x_c を、 L_A , L_B を用いて表せ。ただし、 $|x_c| < L$ とする。
- (3) (2)における ω_c を、 g , L , L_A , L_B を用いて表せ。

