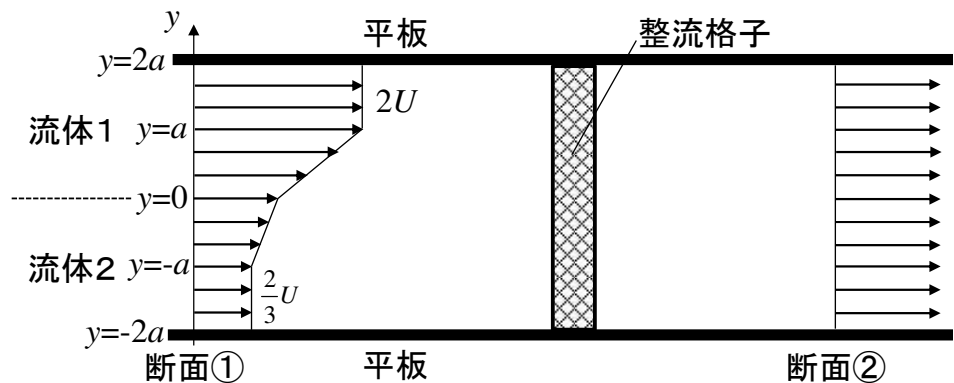


問(I)

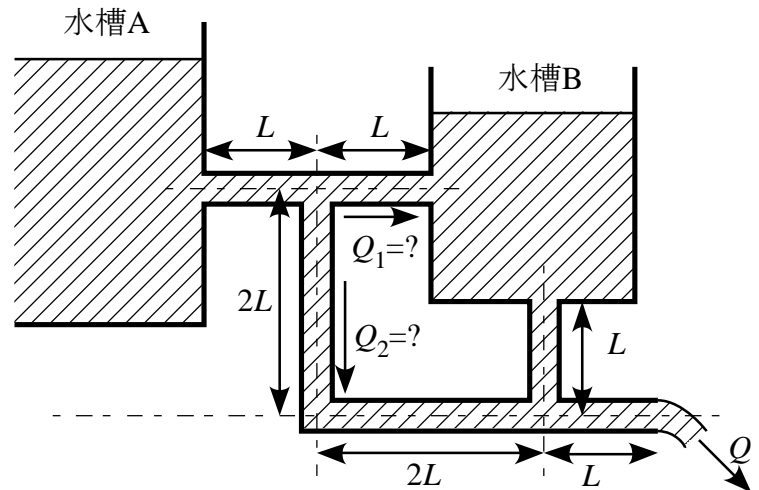
平行二平板からなる流路幅が $4a$ の水平な二次元流路において、図のように左側から流れてきた流体1と流体2が整流格子を通過した後、右側に流れている。流体1と流体2の密度はともに ρ である一方、流体1と流体2の粘度はそれぞれ $\mu, 3\mu$ である。ここで、流路幅の中央を原点として y 軸を図中のとおり設定すると、断面①において流体1は $0 \leq y \leq 2a$ の領域を、流体2は $-2a \leq y < 0$ の領域を、それぞれ完全に分離した状態で流れている。また、同断面において、流体1と流体2は流路中心軸に平行な方向のみの流速成分を有し、 $a \leq y \leq 2a$ の領域での流速は $2U$ 、 $-2a \leq y < -a$ の領域での流速は $2U/3$ である一方、 $-a \leq y < 0$ 、 $0 \leq y \leq a$ の領域では図中のようにそれぞれ一定の速度勾配を有している。また、整流格子よりも十分下流側の断面②では、流れは流路中心軸に平行な方向のみの流速成分を有し、流速分布も一様である。断面①および断面②の圧力分布はともに一様であり、かつ断面①と断面②の圧力差が $\Delta P (> 0)$ であるとして、以下の問いに答えよ。ただし、流れ場は定常かつ等温であり、流体と平板間の摩擦損失は無視せよ。また、流体1と流体2はともに非圧縮のニュートン流体であり、流体1と流体2の比内部エネルギーは等しいとみなしてよい。(50点)



- (1) 断面①における流体1と流体2の境界面 ($y=0$) の流速 U_i を求めよ。
- (2) 断面②における流速 u を求めよ。
- (3) 単位奥行きあたりの整流格子が流体から受ける水平方向の力 F を求めよ。ただし、水平右向きを正とする。
- (4) 断面①から断面②までの間に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 ΔE を求めよ。

問(Ⅱ)

図のように十分大きな水槽Aと大きさが有限の水槽Bが、円管で構成される管路系で接続されている。両者の水槽はともに上部が大気に開放されている。全ての円管で管摩擦係数は λ で一定であり、内径は D である。管路の各部の長さは D よりも十分に大きく、図に示す通りである。すなわち、水槽Aと水槽Bをつなぐ水平管の長さは $2L$ となっており、その中央部から枝管が分岐している。分岐管は鉛直下方に長さ $2L$ だけ延びたのち、曲がり部を経て水平方向に長さ $3L$ だけ延びている。さらに水槽Bの底面から長さ L の円管が鉛直下方に延びており、曲がり管の曲がり部から距離 $2L$ の位置で曲がり管の



水平部に合流する。水槽Bの水面は水槽Aと水槽Bを接続する水平管出口より上にあり、その高さは時間変化せず一定であるとき、以下の問いに答えよ。ただし、重力加速度を g とし、管路の入口損失、分岐損失、合流損失および曲がり部損失は無視でき、また水槽Bにおいて、管の出入口近傍を除き水は静止しているとみなせるものとする。さらに管路出口で縮流はないものとし、また水槽Aの水面は水槽Bの水面より上にあるとする。(50点)

- (1) 水槽Aと水槽Bを接続する水平円管の分岐後において、水平円管と分岐管を流れる流量をそれぞれ Q_1 および Q_2 とすると、 Q_1/Q_2 を、 λ 、 L および D で示せ。
- (2) 合流後の管路出口より流出する水の流量を測ったところ、 Q であった。このとき、合流後の管路出口の高さを基準とした水槽Bの水面高さ H_B を、 λ 、 L 、 D 、 g および Q で示せ。

問(Ⅲ)

図のような大気に開放された軸対称容器（回転体形状の容器）に水を入れて、容器の底に小さな穴（断面積 a ）を開けると、水が大気中に流出し、時間とともに容器内の水位が低下する。この水位の下降を利用した計時機能を持つ道具は水時計と呼ばれる。計時機能の利便性を考慮して、水位の変化速度が一定となるように容器の形状を設計することを考える。図のとおり、容器底の穴中心に原点 O を、容器の中心軸に沿って鉛直上向きに z 軸をとり、軸対称容器の内半径を R とする。このとき、水位の変化速度が一定値 k ($k < 0$) となる容器の内半径 R を z の関数として示せ。ただし、水位の変化速度の絶対値は穴から流出する水の速度に比べて十分小さく、流れは準定常的に変化するものとせよ。さらに、流動損失はすべて無視できること、容器の穴から水が流出する時に縮流は起きていないこと、容器の肉厚は十分薄く無視できること、および穴の面積は容器の断面積に比べて十分に小さいことを仮定せよ。なお、重力加速度を g とする。(50点)

