3-2. 図に示す漏斗の下部は円筒になっている．これに密度 ρ の液体を入れて (3) から流出させるとき，円筒上部 (2) の圧力 p を大気圧の ε 倍 ($\varepsilon < 1$) にするには，円筒部分の長さ h をいくらにしたらよいか．

（解）

$$\frac{p}{\rho g} + h = p_a, \quad p = p_a\varepsilon, \quad h = \frac{p_a - p}{\rho g} = \frac{p_a}{\rho g}(1-\varepsilon)$$

3-3. オリフィスかあら水が毎分 0.42 立方米流出している．オリフィスのヘッドが $2m$ 直径が $5cm$ ならば流量係数はいくらか．

（解）

$$Q = CA\sqrt{2gH}, \quad C = \frac{0.42/60}{(\pi 0.05^2/4)\sqrt{2g \times 2)}} = 0.569$$

3-4. 噴水を設計するにあたり，吹き上げる高さを $10m$ にしたい．速度係数 0.9 のノズルを使用するとき，必要な圧力を求めよ．

（解）

$$H = \frac{v_a^2}{2g} = \frac{c_v^2(2gH')}{2g}, \quad H' = \frac{H}{c_v^2} = \frac{10}{0.9^2} = 12.34m$$

$$p = 121.1kPa(1.234kgf/cm^2)$$

3-5. 図に示すベンチュリ管において断面 (1) の直径が $7.5cm$, 断面 (2) の直径が $5.0cm$ である．水の流量が $0.6m^3/min$ のとき断面 (1)， (2) 間に生じる圧力差は水銀マノメータでいくらに指示されるか．

（解）

$$v_1 = \frac{Q}{\pi d_1^2/4} = \frac{0.01 \times 4}{\pi 0.075^2} = 2.26m/s, \quad v_2 = \frac{Q}{\pi d_2^2/4} = \frac{0.01 \times 4}{\pi 0.05^2} = 5.09m/s$$

$$\frac{p_1 - p_2}{\rho g} = \frac{v_2^2 - v_1^2}{2g} = \frac{5.09^2 - 2.26^2}{2g} = 1.06$$

$$\frac{p_1 - p_2}{\rho g} = 1.06 = h(\frac{\rho_g}{\rho} - 1), \quad h = 84.2mmHg$$

3.6. 図に示すような管を流れる水の流量を求めよ．ただし図の位置におけるピトー管によって管内平均流速が測定されるとする．また水および $CC14$ の密度はそれぞれ $998kg/m^3$, $1594kg/m^3$ とする．

（解）

$$v = \sqrt{2gh(\frac{\rho_g}{\rho} - 1)} = \sqrt{2gh \times 0.1(\frac{1594}{998} - 1)} = 1.08m/s$$

$$Q = \frac{\pi 0.15^2}{4} \times 1.08 = 0.0191m^3/s$$

3-7. 上部が大気に開放している直径 $1m$ の円筒形水槽の底に流量係数 0.6 直径 $5cm$ の小孔を設けけ排水する．水槽水面の高さが $2m$ のとき，水槽内の水を全部排水するのに必要な時間を求めよ．

（解）

$$-Adz = Qdt, \quad Q = cav = ca\sqrt{2gz}$$

$$-Adz = ca\sqrt{2gz}dt, \quad dt = -\frac{A}{ca\sqrt{2g}}\frac{dz}{\sqrt{z}}$$

$$T = \frac{2A}{ca\sqrt{2g}}\sqrt{(H-0)}$$

$$T = \frac{2(\pi 1^2/4)}{0.6(\pi 0.05^2/4)\sqrt{2g}} \times \sqrt{2} = 426sec$$

3-7-2. 上部が大気に開放している直径 $2m$ の円筒形水槽の底に流量係数 0.63 直径 $6cm$ の小孔を設けけ排水する．水槽水面の高さが $3m$ のとき，水槽内の水を全部排水するのに必要な時間を求めよ．

（解）

$$-Adz = Qdt, \quad Q = cav = ca\sqrt{2gz}$$

$$-Adz = ca\sqrt{2gz}dt, \quad dt = -\frac{A}{ca\sqrt{2g}}\frac{dz}{\sqrt{z}}$$

$$T = \frac{2A}{ca\sqrt{2g}}\sqrt{(H-0)}$$

$$T = \frac{2(\pi 2^2/4)}{0.63(\pi 0.06^2/4)\sqrt{2g}} \times \sqrt{3} = 1379.3sec = 23min$$

3-8. 図に示すようなピストンおよびシリンダーがある．直径 $D = 30cm$ のピストンに力 $F = 4kN$ を加えた．オリフィスの直径 $d = 5cm$, $H = 0.5m$ のとき，オリフィスからの水の流量を求めよ．ただし流量係数は $c = 0.6$ とする．

（解）

$$p_{1gage} = \frac{4 \times 10^3}{\pi 0.3^3/4} = 56.6Pa$$

$$\frac{p_1}{\rho g} + H = \frac{v_2^2}{2g}, \quad 4.55 + 0.5 = \frac{v_2^2}{2g}$$

$$v_2 = 11.1m/s, \quad Q = 0.6 \times \frac{\pi 0.05^2}{4} \times 11.1 = 0.013m^3/s$$

3-9. ポンプで水を吸い上げるている．吸い込みから面管内 $z = 1.5$ の高さにおいて水銀マノメータで吸い込み管内の静圧を測定した場合， $hmmHg$ だけ大気圧より低い値を得た．ポンプ流量 $Q = 0.6m/min$, 吸い込み直径 $7.5cm$ のとき $hmmHg$ を求めよ．但し水銀の密度は 13550 kg/m^3， 水の密度は $998kg/m^3$， 大気ヘッドは $10.3mmAq.abs.$ とする．

（解）

$$\frac{v^2}{2g} + \frac{p}{\rho g} + z = p_a, \quad v = \frac{0.6/60}{\pi 0.075^2/4} = 2.26m/s$$

$$\frac{v^2}{2g} + z = \frac{\rho_g}{\rho}h = 0.26 + 1.5 = 1.76, \quad h = \frac{998}{13550} \times 1.76 = 129.6mmHg$$

3-10. 図に示すような低速風胴用ファンがある．直径 $400mm$ の吹き出しし口から，最大流速 $30m/s$ の風を送るとする．ファンの効率 75% とするとき，これを駆動するモ-タの動力を求めよ．ただし空気の密度は $1.205kg/m^3$ とする．

（解）

$$H_f = \frac{v^2}{2g}, \quad Q = \frac{\pi D^2}{4}v, \quad L = \frac{\rho g Q H_f}{\eta}$$

$$Q = \frac{\pi 0.4^2}{4} \times 30 = 3.77, \quad H_f = \frac{30^2}{2g} = 45.87$$

$$L = \frac{1.205g \times 3.77 \times 45.87}{0.75} = 2.72kw$$

3-11. 図のような管路を $7.0m^3/min$ の水がポンプによって送られている．必要なポンプ動力を求めよ．ただし水銀マノメータが使用されている．

（解）

$$H_p = \frac{v_2^2 - v_1^2}{2g} + (\frac{p^2}{\rho g} + z) + (\frac{p_1}{\rho g} + 0)$$

$$\frac{\Delta p}{\rho g} = (\frac{p_2}{\rho g} + z) + (\frac{p_1}{\rho g} + 0) = h(\frac{\rho_g}{\rho g} - 1) = 1.3(13.6 - 1) = 16.38$$

$$v_1 = \frac{7.0/60}{\pi 0.2^2/4} = 3.71m/s, \quad v_2 = \frac{7.0/60}{\pi 0.15^2/4} = 6.60m/s$$

$$H_p = 0.70 + 2.22 + 16.38 = 17.9$$

$$L = \rho g Q H_p = 10^3 g \times 0.1166 \times 17.9 = 20.5kw$$

3-11-2. 図に示すような管路を $8.0m^3/min$ の水がポンプによって送られている．ポンプの動力を求めよ．タダシ，マノメータ液は水銀が使用されている．

（解）

$$H_p = \frac{v_2^2 - v_1^2}{2g} + (\frac{p^2}{\rho g} + z) + (\frac{p_1}{\rho g} + 0)$$

$$\frac{\Delta p}{\rho g} = (\frac{p_2}{\rho g} + z) + (\frac{p_1}{\rho g} + 0) = h(\frac{\rho_g}{\rho g} - 1) = 1.3(13.6 - 1) = 16.38$$

$$v_1 = \frac{8.0/60}{\pi 0.2^2/4} = 4.24m/s, \quad v_2 = \frac{8.0/60}{\pi 0.15^2/4} = 7.54m/s$$

$$H_p = 1.98 + 16.34 + 16.38 = 18.34$$

$$L = \rho g Q H_p = 10^3 g \times 0.1333 \times 18.4 = 24.0kw$$

3-12. 図のような水平におかれた二枚の円板を，水が中心から外方に向かって放射状に流れている．流量 Q，流入管直径 $2r_1$，円板直径 $2r_2$，円板距離 s，円板外部の圧力を p_a とするとき，円板間の流れで中心から半径 r における圧力 p，および円板の半径 r_1 から r_2 に至る環状面積に対して働く全圧力を求めよ．

（解）

$$\frac{v^2}{2g}+\frac{p}{\rho g}=\frac{v_2^2}{2g}+\frac{p_a}{\rho g},\quad Q=2\pi rsv=2\pi r_2v_2$$

$$p_a-p=\frac{\rho}{2}(\frac{Q}{2\pi r_2 s})^2\{(\frac{r_2}{r}-1)-\frac{1}{2}\{(\frac{r_2}{r_1})^2-1\}$$

$$F=\int_{r_1}^{r_2}(p_a-p)2\pi rdr=\rho\pi(\frac{Q}{2\pi r_2 s})^2\{r_2^2ln(\frac{r_2}{r_1})-\frac{1}{2}(r_2^2-r_1^2)\}$$

3-18. 直径 $30mm$ の噴流水が $40m/s$ の速度で噴流の方向 45 度をなす静止平面にあたるとき，平面に垂直に作用する力はいくらか．

（解）

$$P=\rho Qv^2sin\theta=10^3(\frac{\pi 0.03^2}{4})\times 40^2sin45^o=799.7N$$

3-19. 流量 $3.36m^3/min$, 速度 $8m/s$ の水噴流が大きな平板に対して垂直に衝突している．平板が噴流と同方向に $2m/s$ で動くとき，平板に与える動力を求めよ．

（解）

$$P=\rho Q(v-V),\quad L=PV=\rho Q(v-V)V$$

$$L=10^3(\frac{3.36}{60})(8-2)\times 2=672w$$

3-20. 図のような曲がり管内を水が流れているとき，流れが管に与える力を求めよ．ただし曲がり管内の水の質量を M とする．

（解）

$$P_x=\rho Q(v_1-v_2cos\theta)+p_1A_1-p_2A_2cos\theta$$

$$-P_y=\rho Qv_2sin\theta+p_2A_2sin\theta+Mg$$

3-21. 水槽側壁のノズルから水が噴出している．ノズル中心から水面までは $1.5m$ あり，ノズル直径 $5cm$，ノズルの流量係数は 0.95 のとき噴流による推力を求めよ．

（解）

$$P=0-\rho Qv=-C\rho A(2gh)=-0.95\times 10^3(\frac{\pi 0.05^2}{4})(2g\times 1.5)=-54.9N$$

3-22. 芝生用のスプリンクラー（散水器）は 2 本のノズルから水を噴出させて，その反動で回転するようになっている．図のようなスプリンクラーの毎分噴出する水が $12l$ で，ノズルの直径が $4mm$ であると，これを回転しないように止めておくにはどれだけのモーメントを加える必要があるか．ただしノズルは水平に対して 15 度上向いているものとする．

（解）

$$T=\rho Qvsin\theta cos\alpha\times r,\quad v=\frac{Q}{2A}$$

$$v=\frac{12\times 10^3/60}{2(\pi 0.004^2/4)}=7.96m/s,\quad \theta=60^o,\quad \alpha=15^o$$

$$T = 10^3(\frac{12}{60}) \times 10^{-3} \times 7.96 \times sin60^o cos15^o \times 0.1 = 0.133Nm$$

3-23. 図は管内層流の入口部分（助走区間）速度分布の変化を示す．長さ L の管が受ける力はどのようなものか．ただし圧力の管内断面上の変化は無視し得るものとし，図中の (2) 部分の速度分布は次式で与えられるものとする．

$$v = v_{max}\{1 - (\frac{r}{R})^2\}$$

（解）

$$-D_f + (p_1A - p_2A) = \int \rho v^2 dA - \rho v_1^2 A$$

$$v = v_{max}\{1 - \frac{r^2}{R^2}\}$$

$$\pi R^2 v_1 = \int_0^R v 2\pi r dr = \int_0^R v_{max}\{1 - \frac{r^2}{R^2}\} 2\pi r dr = v_{max}(\frac{\pi R^2}{2})$$

$$v_{max} = 2v_1$$

$$-D + \pi R^2(p_1 - p2) = \int_0^R \rho\{2v_1(1 - \frac{r^2}{R^2})\}^2 2\pi r dr - \rho\pi R^2 v_1^2$$

$$= 8\rho\pi R^2 v_1^2(\frac{1}{2} + \frac{1}{6} - \frac{1}{2}) - \rho\pi R^2 v_1^2$$

$$D_f = (p_1 - p2)\pi R^2 - \frac{1}{3}\pi R^2 v_1^2$$

3-23-2. 円管の速度分布が次式で示される場合の断面 (1),(2) における運動量の比を求めよ．また，円管壁面に及ぼす水平方向の力を求めよ．ただし， r は管中心からの距離， R は管の半径， v_1 は入口の一様速度， U は管中心における流速とする．

$$v = U\{1 - (\frac{r}{R})^2\}$$

（解）

$$M_1 = \rho\pi R^2 v_1^2$$

$$\pi R^2 v_1 = \int_0^R v 2\pi r dr = \int_0^R U\{1 - \frac{r^2}{R^2}\} 2\pi r dr = U\frac{\pi R^2}{2}, \quad U = 2v_1$$

$$M_2 = \int_0^R \rho\{2v_1(1 - \frac{r^2}{R^2})\}^2 2\pi r dr = 8\rho\pi R^2 v_1^2(\frac{1}{2} + \frac{1}{6} - \frac{1}{2}) = \frac{4}{3}\rho\pi R^2 v_1^2$$

$$\frac{M_2}{M_1} = \frac{4}{3}$$

$$-D_f + (p_1A - p_2A) = M_2 - M_1$$

$$D_f = (p_1 - p_2)\pi R^2 - \frac{1}{3}\pi R^2 v_1^2$$