

A-1. 図に示すマンメータで B 点の圧力がゲージ圧で $58kPa$ であった. 点 A のゲージ圧力はいくらか. また大気圧を $101.3kPa$ とすると絶対圧力はいくらか. ただし, 油の比重は 0.75 とする. (加藤, 流れの力学, p27)

(解)

$$p_A + \rho_w g(0.35) + \rho_{Hg} g(0.62) = p_B + \rho_o g(1.35)$$

$$p_{A\text{gage}} = 10^3(58 + 9.93 - 3.43 - 82.72)$$

$$= -18.2kPa(14.91kPa\ vacuum)$$

$$p_{abs} = 101.3 - 18.2 = 83.08kPa$$

A-2. 図に示すタンクに空気と比重 0.75 の油が入っている. 点 A の圧力はいくらか. (加藤, 流れの力学, p27)

(解)

$$p_A - 0.75 \times 10^3 g(5) + \rho_{Hg} g(0.36) = p_o$$

$$p_A - p_o = 10^3 g(3.75 - 4.89)$$

$$= -11.24kPa(11.24kPa\ vacuum)$$

A-3. 図に示す水を輸送する管路に絞りを設け, 空気を入れた逆 U 字管マンメータで前後の圧力差を測ったら水柱差が $82cm$ であった. 圧力差はいくらか. また, このとき空気のかわりに比重 0.825 の油を入れたマンメータを用いると水柱差はいくらになるか. (加藤, 流れの力学, p27)

(解)

$$p_A - p_B = \rho_w g H = 10^3 g \times 0.82 = 8.04kPa$$

$$H' = \frac{8.04 \times 10^3}{(\rho_w - \rho_o)} = 4.68m$$

A-4. 図に示すタンク A, B に比重 0.78 の油と 1.264 のグリセリンが入っている. 二つのタンクに水銀を入れたマンメータを取り付け水銀柱の高さを測ったら, $H_1 = 62cm, H_2 = 96cm$ あった. グリセリンの自由表面までの高さが $H_3 = 7.6m$ のとき油の高さはいくらか. (加藤, 流れの力学, p27)

(解)

$$p_a + \rho_o g(H - H_1) = p_a + \rho_{gl} g(H_3 - H_2) + \rho_{Hg} g(H_2 - H_1)$$

$$H = H_1 + \frac{\rho_{gl}}{\rho_o} (H_3 - H_2) + \frac{\rho_{Hg}}{\rho_o} (H_2 - H_1)$$

$$H_4 = 0.62 + \frac{1.264}{0.78} (7.6 - 0.62) + \frac{13.6}{0.78} (0.96 - 0.62) = 17.86m$$

A-5. 図のマンメータで $H_1 = 1.45m, H_2 = 1.28m, H_3 = 0.96m, H_4 = 1.13m$ のとき点の圧力はいくらか. (加藤, 流れの力学, p28)

(解)

$$p_A + \rho_1 g H_1 - \rho_3 g H_2 = p_o + \rho_3 g H_4 - \rho_2 g H_3$$

$$p_A - p_o = \rho_3 g H_4 - \rho_2 g H_3 - \rho_1 g H_1 + \rho_3 g H_2$$

$$p_A - p_o = 10^3(13.55g \times 1.13 - 1.264g \times 0.96$$

$$- 0.83g \times 1.45 + 13.55g \times 1.28)$$

$$= 10^3(150.05 - 11.89 - 11.79 + 169.97)$$

$$= 296.34kPa(gage)$$

A-6. 図に於て, タンク No.1 と No.2 は空気で密閉されている. 圧力計 A がマンメータ B, C の液が比重 13.55 の水銀ならば, h_C は幾らになるか. (生井, 水力学, p45)

(解)

$$p_A - \rho_{Hg} g(1.82 - h_c) = p_a$$

$$h_c = \frac{\rho_{Hg} g h_b - (p_A - p_a)}{\rho_{Hg} g}$$

$$= 1.82 - \frac{206.9 \times 10^3}{13.55(10^3)g} = 0.263m = 263mm$$

A-7. 図において, 液体の圧力が $-10.88kPa(gage)$ であれば, 液体の比重は幾らか. (生井, 水力学, p45)

(解)

$$p_A + 1.60 \times 10^3 g(0.46) + s_B \times 10^3 g(0.38) = p_a$$

$$s_B = \frac{10.88 \times 10^3}{10^3 g(0.38)} - \frac{1.6(0.46)}{0.38}$$

$$= 2.92 - 1.94 = 0.98$$

A-8. 図に示すように, 容器 A と +B にはそれぞれ $280kPa$ と $140kPa$ の水が入っている. 図に示すような状態で平衡を保つとすれば, 水銀柱の高さ h はいくらになるか. (中村, 機械流体工学, p25)

(解)

$$p_A + \rho_w g(x + h) - \rho_{Hg} g h + \rho_w g y = p_B$$

$$(p_A - p_B) + k \rho_w g(x + y) = hg(\rho_{Hg} - \rho_w)$$

$$x + y = 4 - 2 = 2m$$

$$h = \frac{(p_A - p_B) + \rho_w g(x + y)}{g(\rho_{Hg} - \rho_w)}$$

$$= \frac{10^3(280 - 140 + 2g)}{10^3g(13.6 - 1)} = 1.29m$$

A-9. 図に示すようなタンクにおいて，点 A におけるゲージ圧力が $-16kPa$ のとき，次の値を求めよ．(1) 液柱計 E, F, G 内の液体の高さ (2) U 字管内の水銀柱の示差．(中村，機械流体力学，p25)

(解)

$$(1) E: -16 \times 10^3 + \rho_o gh = 0 (p_a = 0)$$

$$h = \frac{16 \times 10^3}{10^3 \times 0.8g} = 2.04m$$

$$F: p_M = -16.0 \times 10^3 + 0.8g \times 10^3(3) = 7.544kPa$$

$$7.544 \times 10^3 + \rho_w gh = 0$$

$$h = -0.77m(\text{upward from M})$$

$$G: p_R = 46.78kPa, \quad h = -2.98m(\text{upward from R})$$

$$(2) p_M + \rho_w g(8) = \rho_{Hg} gh_1$$

$$h_1 = \frac{7.544 \times 10^3 + \rho_w g(8)}{\rho_{Hg} g} = 0.645m$$

A-10. 図に示すマンメータにおける $p_A - p_B$ を求めよ．ただし，水，塩水，あまに油の密度はそれぞれ次の通りとする．(生井，演習水力学，p48)

$$\rho_A = 998.3kg/m^3, \quad \rho_B = 1.025t/m^3, \quad \rho' = 942kg/m^3$$

(解)

$$p_A - \rho_A g(0.86 + 0.11) = p_B - \rho_B g(0.61 - 0.11) - 0.22\rho'g$$

$$p_A - p_B = 0.97\rho_A g - 0.5\rho_B g - 0.22\rho'g$$

$$= 998.3g \times 0.97 - 1025g \times 0.5 - 942 \times 0.22$$

$$= 2.44kPa(0.0248kgf/cm^2)$$

A-11. 図に示す示す差マンメータで測定された差圧 $p_A - p_B$ を求めよ．ただし，燃料油の比重は 0.85，水銀の比重は 13.6 とする．(生井，演習水力学，p48)

(解)

$$p_A + \rho g(0.46) - \rho'g(0.16) + \rho_w g(0.20)$$

$$= p_B + \rho'g(0.36) + \rho g(0.74)$$

$$p_A - p_B = \rho'g(0.52) + \rho g(0.28) - \rho_w g(0.20)$$

$$= 10^3g(7.072 + 0.238 - 0.2) = 69.7kPa$$

A-12. 図のような微圧計において，容器の直径が 30cm ， U 字管の直径が 38mm で密度 ρ_1 と ρ_2 の二液体が用いられている． U 字管内の液面差 $h = 50.8\text{cm}$ であれば，密度 ρ の気体の圧力差 Δp は幾らか．もし，この微圧計に密度 ρ_1 の液体のみが用いられれば，液面差は幾らになるか．ただし， $\rho = 1.205\text{kg/m}^3$ ， $\rho_1 = 850\text{kg/m}^3$ ， $\rho_2 = 900\text{kg/m}^3$ とする．(生井，演習水力学，p48)

(解)

$$p_1 + \rho g(h_1 + \Delta h) + \rho_1 g(h_2 - \Delta h + \frac{1}{2}h)$$

$$= p_2 + \rho g(h_1 - \Delta h) + \rho_1 g(\Delta h + h_2 - \frac{h}{2}) + \rho_2 gh$$

$$A\Delta h = a\frac{h}{2}, \quad \Delta h = \frac{a}{A}\frac{h}{2}$$

$$p_1 - p_2 = -2\rho g\Delta h + 2\rho_1 g(\Delta h - h) + \rho_2 gh$$

$$= \rho_2 gh \left\{ \frac{\rho_1}{\rho_2} \left(\frac{a}{A} - 1 \right) - \frac{\rho}{\rho_2} \frac{a}{A} + 1 \right\}$$

$$= 317.1Pa$$

$$p_1 + \rho g(h_1 + \Delta h) = p_2 + \rho g(h_1 - \Delta h) + \rho_1 g(2\Delta h)$$

$$p_1 - p_2 = 2\Delta h g(\rho_1 - \rho)$$

$$2\Delta h = \frac{p_1 - p_2}{g(\rho_1 - \rho)} = \frac{317.1}{g(850 - 1.205)} = 3.8\text{cm}$$

A-13. 図のように U 字管の一方の管の断面積を大きくして液そうにした単管式圧力計において，他方の単管を傾斜させて傾斜マンメータにするとき，単管の読みを 10 倍に拡大して読みたい．傾斜角 θ を幾らにすればよいか．ただし，面積比 $a/A = 0.016$ とする．(生井，演習水力学，p48)

(解)

$$p_1 = p_2 + \rho g(h + \Delta h) = p_2 + \rho g(l \sin \theta + \Delta h)$$

$$A\Delta h = al$$

$$p_1 - p_2 = \rho gl \left(\sin \theta + \frac{a}{A} \right)$$

$$\rho gl \left(\sin \theta + \frac{a}{A} \right) = \Delta p = \rho gh \left(\sin 90^\circ + \frac{a}{A} \right)$$

$$\frac{l}{h} = 10 = \frac{\sin 90^\circ + \frac{a}{A}}{\sin \theta + \frac{a}{A}}$$

$$\sin \theta = 0.0856, \quad \theta = 4.91^\circ$$

K-1. 図に示すマンメータで B 点の圧力がゲージ圧で 58kPa であった．点 A のゲージ圧はいくらか．また大気圧を 101.3kPa とすると絶対圧はいくらか．(加藤，流れの力学，p27)

(解)

$$p_A + \rho_w g(0.35) + \rho_{Hg} g(0.620 - \rho_w g(1.35)) = 58 \times 10^3$$

$$p_{A\text{gage}} = 10^3(58 - 3.43 - 82.72 + 13.24)$$

$$= -14.91kPa(14.91kPa \text{ vacuum})$$

$$p_{abs} = 101.3 - 14.91 = 86.49kPa$$

K-2. 図に示すタンクで点 A の圧力が $-2.8kPa$ のとき、各点の圧力およびピエゾメータの液面の高さを求めよ。(加藤, 流れの力学, p19)

(解)

$$p_a = p_b = -2.8kPa$$

$$p_c = p_b + \rho_o g h = -2.8 \times 10^3 + (0.835 \times 10^3)g \times 1.2 = 7.03kPa$$

$$p_d = p_b + \rho_o g h = -2.8 \times 10^3 + (0.835 \times 10^3)g(1.2 + 1.0) = 7.03kPa$$

$$p_e = p_d + \rho_o g h = 15.22 \times 10^3 + 10^3 g \times 0.5 = 20.1kPa$$

$$p_f = p_d + \rho_o g h = 15.22 \times 10^3 + 10^3 g(0.5 + 0.5) = 25.0kPa$$

$$p_c = p_o + \rho_o g H_1$$

$$H_1 = \frac{p_c - p_o}{\rho_o g} = \frac{7.03 \times 10^3}{0.835 \times 10^3 g} = 0.858m$$

$$p_e = p_o + \rho_o g H_2$$

$$H_2 = \frac{p_e - p_o}{\rho_o g} = \frac{20.1 \times 10^3}{10^3 g} = 2.05m$$

K-3. 図のマノメータでタンクの内径 $40mm$, U 字管の内径 $5mm$, A, B 両点の圧力が等しいときの U 字管内の水の液面を 0-0, タンク内の油の液面を 1-1, 両液面の差は $70cm$ である. 圧力 p_A が $36kPa$, 水柱差が $94cm$ のとき点 B の圧力はいくらか。(加藤, 流れの力学, p20)

(解)

$$p_D = p_A + \rho_o g(H_o - \delta H + \frac{H}{2})$$

$$= p_B + \rho_o g(\delta H + H_o - \frac{H}{2}) + \rho_w g H$$

$$A\delta H = a\frac{H}{2}, \quad 2\delta H = \frac{a}{A}H$$

$$p_B = p_A + \rho_w g H \left\{ \frac{\rho_o}{\rho_w} \left(1 - \frac{a}{A}\right) - 1 \right\}$$

$$p_B = 36 \times 10^3 + 10^3 g(0.94) \left\{ 0.83 \left(1 - \left(\frac{5}{40}\right)^2\right) - 1 \right\} = 34.3kPa$$

I-1. 図に示すタンク内の油が比重 0.75 であれば, 圧力計 A のゲージ圧は幾らになるか。(生井, 演習水力学, p34)

(解)

$$p_A - 10^3(0.75)g(3.0) + 10^3(13.57)g(0.23) = p_o$$

$$p_A - p_o = 10^3g(2.25 - 3.12) = -8.54kPa$$

I-2. 図に示すように、二点間の圧力差を測定するために二液マノメータを用いた。 $p_1 = p_2$ のときの二液の境界面 A が、差圧 Δp が作用したとき C になったとする。 Δp および計測ヘッド h の密度 ρ_2 液柱に対する拡大率の式を導け。

(解)

$$p_1 + \rho_1g(h_1 + h) = p_2 + \rho_2g(h_2 + h)$$

$$\Delta p = \rho_2g(h_2 + h) - \rho_1g(h_1 + h)$$

$$p_1 + \rho_1g(h_1 + \Delta h) = p_2 + \rho_2g(h_2 - \Delta h)$$

$$\Delta p = \rho_2g(h_2 - \Delta h) - \rho_1g(h_1 + \Delta h) = 0$$

$$\rho_2g(h_2 - \Delta h) = \rho_1g(h_1 + \Delta h), \quad A\Delta h = ah$$

$$\Delta p = gh\left\{\rho_2 - \rho_1 + (\rho_1 + \rho_2)\frac{a}{A}\right\}$$

$$\frac{1}{n} = \frac{h}{\Delta p/(\rho_2g)} = \frac{1}{\left\{1 - \frac{\rho_1}{\rho_2} + \left(\frac{\rho_1}{\rho_2} + 1\right)\frac{a}{A}\right\}}$$

NS-1. 2種類液体の微圧計において、はじめ密度 ρ_3 の液を 0-0 水準までいれ、つぎに ρ_2 密度の液を 1-1 水準迄いれておく。この状態に密度 ρ_1 の流体が p_1, p_2 の圧力でかかったとすると、図のような変位を生ずる。このときの圧力差 $p_1 - p_2$ を求めよ。ただし U 字管および拡大部の断面積を a, A とする。(西山, 流体力学 (1), p24)

(解)

$$p_1 + \rho_1g(2\Delta H) + \rho_2g(H - \Delta H + h) - \rho_3gh - \rho_2g(H + \Delta H) = p_2$$

$$p_1 - p_2 = \rho_3gh + \rho_2g(2\Delta H - h) = \rho_1g(2\Delta H)$$

$$p_1 - p_2 = \rho_3gh\left\{1 + \frac{\rho_2}{\rho_3}\left(\frac{a}{A} - 1\right) - \frac{\rho_1}{\rho_3}\left(\frac{a}{A}\right)\right\}$$

NS-2. 密度 ρ の流体が流れている管路において 1, 2 間の管路損失 p_L と密度 ρ_o なる液を入れた U 字管の読みとにはいかなる関係にあるか。(西山, 流体力学 (1), p24)

(解)

$$p_1 + \rho g(h_1 + H) = p_2 + \rho g(h + h_1) + \rho_o g H$$

$$p_1 - p_2 = \rho_o g H \left\{1 - \frac{\rho}{\rho_o} + \frac{\rho}{\rho_o} \left(\frac{h}{H}\right)\right\}$$

G-1. 図に示すタンク内の油の比重が 0.57 であれば圧力計 A のゲージ圧力はいくらになるか。(RV Giles, p19)

(解)

$$p_A - \rho_o g(3) + \rho_H g(0.23) = p_a$$

$$p_A - p_a = 10^3 \times 0.75 \times 3 - 10^3 \times 13.6g \times 0.23$$

$$p_A - p_a = -8.6kPa$$

G-2. 図に示すタンクで A-A 水頭高さが 0.09m 水柱で内部のガスおよび空気の比重をそれぞれ 0.5, 1.3 とする. 水面より 100m 上方におけるガスの圧力を水頭高さで求めよ. (RV Giles, p16)

(解)

$$p_e + \gamma_a h + 100\gamma_g = p_e + \gamma_a(100 + h - 0.09) + 0.09\gamma_w$$

$$h = \frac{0.09\gamma_w + \gamma_a(100 - 0.09) - 100\gamma_g}{\gamma_a L - \gamma_a}$$

$$= \frac{0.09 \times 90 + 1.3(100 - 0.09) - 100 \times 0.5}{800 - 1.3} = 0.213m$$

G-3. 図に示すマノメータにおいて容器 A, B に入っている水の水頭高さがそれぞれ 4m, 2m である. 水銀マノメータ液の高さの差 h を求めよ. (RV Giles, p16)

(解)

$$\frac{p_A}{\gamma} + x + h = \frac{p_B}{\gamma} - y + 13.6h, \quad \frac{p_A}{\gamma} = 4m, \quad \frac{p_B}{\gamma} = 2m$$

$$x + y = -2 + 12.6h, \quad x + y = 5 - 3 = 2, \quad h = \frac{4}{12.6} = 0.31m$$

G-4. 図に示すように U 字管圧力計に示差が現れている. このとき A 点での圧力を求めよ. ただし, 水の密度 $10^3 kg/m^3$ は水銀の比重は 13.6 とする. (RV Geiles, p12)

(解)

$$p_A + 10^3 g(0.6) - 10^3 \times 13.6g(0.9) = p_a$$

$$p_A - p_a = 10^3 g(12.24 - 0.6) = 114.2kPa$$

G-5. 図に示すように, ノズル内を比重 0.75 の油が流れている. A 点でのゲージ圧力が 1.38bar のとき読み h はいくらか. (RV Giles, p12)

(解)

$$p_A + \rho_o g(0.8 + h) = p_a + \rho_{Hg} g h$$

$$h = \frac{(p_A - p_a) + \rho_o g(0.8)}{\rho_{Hg} g - \rho_o g} = \frac{10^3(138 + 0.75 \times 0.8)}{10^3 g(13.6 - 0.75)} = 1.1m$$

G-6. 図に示す装置で A-A の水頭高さが 0.09m 水柱で, 内部の気体および空気の比重量をそれぞれ $0.57kg/m^3$, $1.29kg/m^3$ とする. h の読みを水頭高さで求めよ. (RV Giles, p16)

(解)

$$p_A = p_E + \gamma_a(h + 90 - 0.09) + 0.09\gamma_w h$$

$$p_A = p_E + \gamma_w h + 90\gamma_g$$

$$\gamma_a(h + 90 - 0.09) + 0.09\gamma_w = \gamma_w h + 90\gamma_g$$

$$h = \frac{89.91\gamma_a + 0.09\gamma_w - 90\gamma_g}{\gamma_w - \gamma_a}$$

$$h = \frac{115.98 + 90 - 51.3}{998.7} = 0.15m$$

T-1. 空気, 油 (比重 0.8) および水を含む圧力容器がある. 液柱計および油面の高さが図のように示される場合, 容器内空気の圧力はいくらか. (富田・山崎, p34)

(解)

$$p_A + \rho_o g(3.33) + \rho_w g(1.67) - \rho_{Hg} g(0.33) = p_a$$

$$p_A - p_a = 10^3 g(13.6 \times 0.33 - 0.8 \times 3.33 - 1.67) = 1.51kPa$$

T-2. 圧力容器 A の空気圧を測定するため U 字管マンメータを使用したところ, 図に示すような結果を得た. A 点の圧力を求めよ. (富田・山崎, p34)

(解)

$$p_A - \rho_{Hg} g(0.27) + \rho_w g(0.13) - \rho_{Hg} g(0.33) = p_a$$

$$p_A - p_a = 10^3 g(13.6 \times 0.60 - 0.13) = 78.77kPa$$

T-3. 圧力容器 A の空気圧を測定するため U 字管マンメータを使用したところ図に示すような結果を得た. A の圧力を求めよ. (富田・山崎, 水力学, p34)

(解)

$$p_A = p_a + 0.33\rho_{Hg} - 0.13\rho_w \times 0.27$$

$$p_{gage} = p_A - p_a = (0.33 + 0.27)\rho_{Hg} - 0.13\rho_w$$

$$p_{gage} = 13.6 \times 10^3 g \times 0.6 - 10^3 g \times 0.13 = 78.7kPa(0.8kgf/cm^2)$$

K-1. 図に示すような U 字管マンメータがある. A の容器には比重 1.50 の液体がはいっており, その点のゲージ圧力は $-12kPa$ である. 液体 B の比重を求めよ. (菊山, 流体工学演習, p23)

(解)

$$p_A + \rho g(3.0 - 2.4) + \rho_B g(3.2 - 2.8) = p_a$$

$$p_A - p_a = -12 \times 10^3 = -10^3 = -10^3 g \times 1.5(3.0 - 2.4) - \rho_B g(3.2 - 2.8)$$

$$\rho_B = \frac{3170}{9.81 \times 0.4} = 808kgm^3, s = \frac{\rho_B}{\rho_w} = 0.808$$

H-1. 図に示すマンメータで点 A と点 B との圧力差を求めよ. ただし水銀の比重は 13.6 とする. (広瀬, 流れ学, p21)

(解)

$$p_A + \rho_w g(0.85) - \rho_{Hg} g(0.56) + \rho_w g(0.35) - \rho_{Hg} g(0.40) - \rho_w g(0.24) = p_B$$

$$p_A - p_B = \rho_{Hg} g(0.56 + 0.40) - \rho_w g(0.85 + 0.35 - 0.24) = 118.7kPa$$

A-1. 図に示すように U 字管圧力計に示差が現れている。このとき A 点での圧力を求めよ。ただし、水の密度 $984kg/m^3$ は水銀の比重は 13.6 とする。

(解)

$$p_A = p_a + 10^3 g \times 13.6 \times 1.7 - 984 g \times 0.5$$

$$p_A - p_a = 212.1kPa$$

A-2. 図に示すように、ノズル内を比重 0.8 の油が流れている。 A 点での圧力が $500Pa$ 、 E 点で $110Pa$ のとき読み h はいくらか。

(解)

$$500 + 10^3 \times 0.8g(0.6 + h) = 110 + 10^3 \times 0.8g \times 0.6 + 10^3 \times 13.6gh$$

$$h = 0.0031m$$

A-3. 2 個の U 字管を図のように接続した液柱計でタンク内の圧力を求めよ。

(解)

$$p_w = p_a + 13.6\rho_w g(0.72) - \rho_w g(0.70) + 13.6\rho_w g(0.75) - \rho_w g(1.60)$$

$$p_w - p_a = 98.1(979.2 - 70 + 1020 - 160) = 173.54kPa$$

A-4. 図において両タンクの液面の差 H を求めよ。

(解)

$$p_w = p_a - 13.6\rho_w g \times 252 \times 10^{-3}$$

$$p_w + \rho_w g(6) + \rho_w \times 1.59g(0.5) = p_a + \rho_w \times g(6.5 - H)$$

$$H = 2.28m$$

A-5. 図に示すように、ノズル内を比重 0.8 の油が流れている。 A 点での圧力が $500Pa$ 、 E 点で $110Pa$ のとき読み h はいくらか。

(解)

$$500 + 10^3 \times 0.8g(0.6 + h) = 110 + 10^3 \times 0.8g \times 0.6 + 10^3 \times 13.6gh$$

$$h = 0.0031m$$