

マノメータ関係の問題

問題の解き方

このタイプの問題は圧力差 Δp と高度差 Δz の式を適用するものである。

$$\Delta p = -\rho g \Delta z \quad (z \text{ 軸は鉛直上向きに取っている}) \quad (1)$$

この式の左辺は圧力差であって、圧力 p そのものではないことに注意すること（間違える人が多い!）。あくまでも、2点間の圧力を比べた場合の圧力差なのである。高さ z_1 における点1の圧力が p_1 、高さ z_2 における点2の圧力が p_2 で、点1と点2の高度差が $\Delta z (= z_2 - z_1)$ で与えられた場合

$$p_2 - p_1 = -\rho g (z_2 - z_1) \quad (2)$$

ということなのである。したがって、どちらか片方の圧力と高度差がわかれば、もう一方の圧力が計算できる。たとえば、点1における圧力と高度差 Δz が与えられれば、(2)式よりは p_2 は

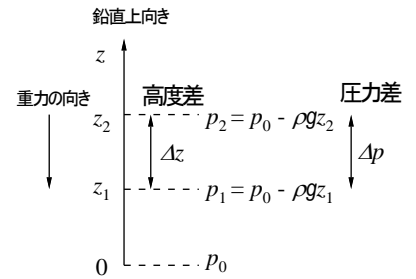
$$p_2 = p_1 - \rho g (z_2 - z_1)$$

この式の特殊な場合として $\Delta z = 0$ 、つまり同一高度（深さ）においては $\Delta p = 0$ 、圧力差は0、すなわち圧力は等しいという関係が導かれる。ただし、これはあくまでも比較する2点間が同一流体で繋がっている場合であることに注意してほしい。なぜならば、元になる(1)式では、2点間の流体の密度は ρ としているからである。

(1)式は鉛直上向きに z 軸を取っているのでマイナス符号が付いている。圧力が重力の向きに増加することを知っていれば、圧力差は $\rho g |\Delta z|$ として、基準点から加えるか減らすかは、適宜考えればよい。

以上が基本である。問題はヴァリエーションがいろいろあるので、けっして丸暗記するようなことをしてはいけない。実際に解いてみれば、基本的に同じであることが納得できるはずである。

なお、以下のすべての問題で、重力加速度を g とおき、その値を 9.807 m/s^2 とし、水の密度は 1000 kg/m^3 を使用すること。



$$\Delta p = p_2 - p_1 = -\rho g (z_2 - z_1) = -\rho g \Delta z$$

圧力は重力の向きに増加する

問題1 図1のマノメータにおいて、左側の油の部分の長さは0.35 m、油の下端から測定した右側の水の部分の長さは0.30 mであった。油の比重を求めなさい。

ヒント 最初は油の部分の長さを h_1 、油下端から測った右側の水の部分の長さを h_2 、油の密度を ρ_o 、水の密度を ρ_w として圧力の釣り合いの式を立てること。

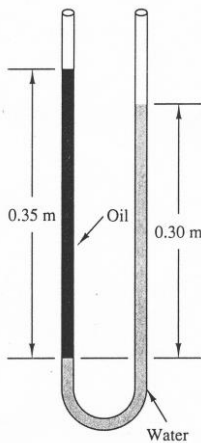


図 1

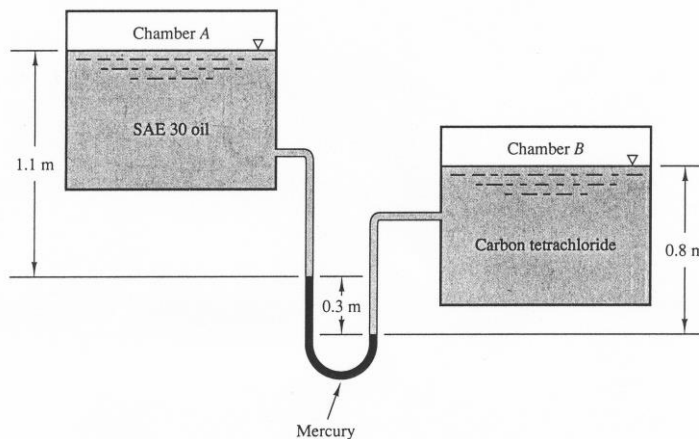


図 2

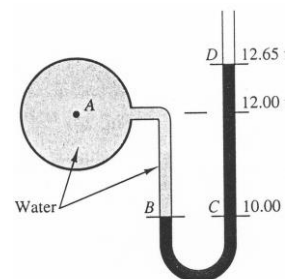


図 3

問題2 図2のように、2つのタンクがU字管で接続されている。タンクAの油（SAE 30油）の液面における圧力 p_A とタンクBの四塩化炭素液面における圧力 p_B の差を求めなさい。ただし、水銀の密度 ρ_{Hg} を 13560 kg/m^3 、油の密度 ρ_o を 912 kg/m^3 、四塩化炭素の密度 ρ_c を 1590 kg/m^3 とする。

ヒント U字管左側の水銀液面からタンクAの油液面までの高度差を h_1 、U字管右側の水銀液面からタンクBの液面までの高度差を h_2 、U字管左右の水銀液面の高さの h とにおいて、U字管右側の水銀液面における圧力の釣り合いの式をたてる。

問題3 図3のようなマンメータにおいて、容器には水が満たされ、その先のU字管（BからDまでの部分）には水銀が入っている。或る基準からの高さは、BおよびCについては 10.00 cm 、Aは 12.00 cm 、Dは 12.65 cm とする。容器の位置Aにおけるゲージ圧を計算しなさい。水銀の比重を 13.59 とする。

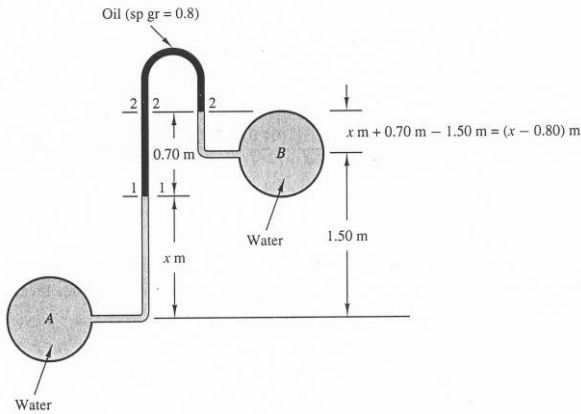


図4

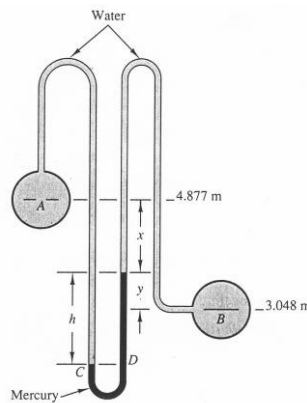


図5

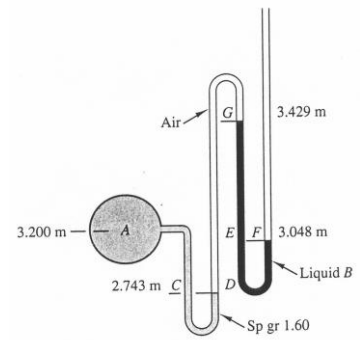


図6

問題4 図4において、A点の圧力 p_A とB点の圧力 p_B の差圧 $p_A - p_B$ を計算しなさい。ただし、容器とそれに接続する管には水が入っていて、逆U字管内には比重0.8の油が入っている。

問題5 図5のような差圧計において、容器とそれに接続する管には水が入っていて、その間のU字管には水銀が入っている。A点における圧力 p_A は 276 kPa 、B点における圧力 p_B は 138 kPa であるとすると、U字管の液柱差 h を求めなさい。

ヒント C点とD点における圧力が等しい。C点における圧力 p_C を p_A を用いて、D点における圧力 p_D を p_B を用いて表す。

問題6 図6のような状況で、Aにおけるゲージ圧は -10.89 kPa である。GからFまでの管に入っている液体Bの密度 ρ_B を求めなさい。ただし、AからDまでは比重1.60の液体、DからGまでとFより上の部分には空気が入っていて、空気による圧力差は無視してよいとする。或る基準からの高度は図に示してある通りである。

略解 (自習時の答え合わせ用。途中のプロセスを正しく理解することが大切です)

問題1 比重 $s = 0.857$

問題2 差圧 $p_A - p_B = -37.26 \text{ kPa}$

問題3 3.336 kPa

問題4 差圧 $p_A - p_B = 13.3 \text{ kPa}$

問題5 $h = 1.263 \text{ m}$ (圧力の釣り合いの式 $p_A + \rho_w g(x+h) = p_B - \rho_w g y + \rho_{Hg} g h$ を h について解く)

問題6 $\rho_B = 995.3 \text{ kg/m}^3$ ($p_A + \rho g h_{AC} + \rho_B g h_{GE} = 0$ より)