１章　問題解答

予習

１．

(1)141.632　→　142(大きい数値の桁),　　　(2)3.1309　→　3.13(3 桁)

２．

(1)24.882　→　24.9(3 桁),　　　(2)8.862　→　8.86(3 桁)

・数値計算における注意事項

数値の丸め方は，次のようにする（JIS Z8401)。所要の桁数より 1 桁下位の数値が 5 以外の場合には従来どおり 4 捨 5 入し，5 の場合には 1 桁上の数値が奇数なら切り上げ，偶数か 0 なら切り捨てる。しかし所要の桁数より下位が 2 桁以上ある場合には 1 桁上の数値が偶数か 0 であっても，下位 2 桁目以下の数値が 0 以外ならば切り上げる。小数点以下 2 桁までに丸める場合は，次の例のようになる

23.1052　→　23.11

23.1050　→　23.10

頼実正弘編「化学系研究実験の基礎」, pp. 15-17, 培風館(1989)

演習問題　Ａ

1-A1

　エタンはメチル基 2 個の線形分子なので，その軸を X 軸とすると, Y 軸と Z 軸に対して回転運動をする。また，並進運動は、X, Y, Z 軸に対して考えられるので，自由度 5 の運動エネルギーに相当する内部エネルギーを有する。通常、原子間結合の振動・伸縮のエネルギーは小さい。

1-A2

$$R = pV/nT = 1013.25\mathrm{hPa} \times 22.414 \times 10^{-3}\mathrm{m^3}/(1\mathrm{mol} \times 273.15\mathrm{K})$$
$$= 8.314\ \mathrm{J \cdot mol^{-1} \cdot K^{-1}}$$

一方，$1\mathrm{L} = 1\mathrm{dm^3}$となるので，次式を得る。

$$R = 1\mathrm{atm} \times 22.414\mathrm{L}/(1\mathrm{mol} \times 273.15\mathrm{K}) = 0.08206\mathrm{L \cdot atm \cdot mol^{-1} \cdot K^{-1}} \quad [答]$$

1-A3

　物質の出入りとエネルギー(熱・仕事)の出入りで判断する。

(1)孤立系：容器内の物質を系とすると，断熱材で物質が遮蔽されていて，またエネルギーの出入りもない。

(2)閉鎖系：部屋の中の空気を系に選ぶと，熱の出入りはあるが(この場合，熱が加えられている)，物質の出入りはない。

(3)開放系：やかん中の水を系とすると，やかんが沸騰している状態では，熱が外界から供給されていて、やかんの口やふたの隙間から水蒸気(物質)が外界へ流出している。

1-A4

重力加速度$g = 9.81 \mathrm{m \cdot s^{-2}}$として，次の結果を得る。

$$力F = mg = 60.0 \mathrm{kg} \times 9.81 \mathrm{m \cdot s^{-2}} = 589 \mathrm{N}$$

$$圧力p = F/A = 589 \mathrm{N}/(400 \times 10^{-4})\,\mathrm{m^2} = 1.47 \times 10^4 \mathrm{Pa} = 14.7 \mathrm{kPa}$$

大気圧 101.3kPa と比較すると，$14.7/101.3 = 0.145$倍になり，かなり小さいことがわかる。

1-A5

定常流れ系エネルギー収支式を第 1 法則（エネルギー保存則）より求めると，次のようになる。

系の入口で流体が有するエネルギー　＋　外界と系の間でのエネルギーのやり取り

＝系の出口で流体が有するエネルギー　(1)

流入口を 1 で表し流出口を 2 として，この収支式を図 1-5 に適用すると，式 1-7 および式 1-8 を用いて，次のようになる。

$$U_1 + \frac{1}{2} m\bar{u}_1{}^2 + mgZ_1 + mp_1v_1 + Q - W_\mathrm{s} = U_2 + \frac{1}{2} m\bar{u}_2{}^2 + mgZ_2 + mp_2v_2 \qquad (2)$$

ただし，熱は外界から系へ加えられているので正(＋)であり，仕事は系から外界へ与えているので負(−)号を付してある。これを整理すると，次式 1-9 が得られる。

$$\Delta U = U_2 - U_1 = \frac{1}{2} m\Delta\,\bar{u}^2 + m\,g\,\Delta Z + m\,\Delta\,(pv) + Q - W_\mathrm{s} \qquad (3)$$

ここで，変化量については，それぞれ次式で示される。

$$\frac{1}{2} m\Delta\,\bar{u}^2 = \frac{1}{2} m\left(\bar{u}_1{}^2 - \bar{u}_2{}^2\right) \qquad (4)$$

$$m\,g\,\Delta Z = mg(Z_1 - Z_2) \qquad (5)$$

$$m\,\Delta\,(pv) = m(p_1v_1 - p_2v_2) \qquad (6)$$

演習問題　B

1-B1

例題 1-9 と同様に，充分時間がたつと熱平衡により，いずれ物体ＡとＢの温度は等しくなる。その温度をθ[℃]として，式 1-1 を適用すると次式となる（ＡとＢの間でやり取りされる熱量 Qは等しい)。

$$Q = m_\mathrm{A}\,c_\mathrm{A}\,(70 - \theta) = m_\mathrm{B}\,c_\mathrm{B}\,(\theta - 25)$$

$$= 500 \mathrm{g} \times 0.70\,\mathrm{J \cdot K^{-1} \cdot g^{-1}} \times (70 - \theta) = 1000 \mathrm{g} \times 0.40\,\mathrm{J \cdot K^{-1} \cdot g^{-1}} \times (\theta - 25)$$

したがって，θ= 46℃となり，両物体の温度は，いずれも 46℃となる。

1-B2

エネルギー収支式 1-9 を適用する。着目する 2 点(1:水槽水面と 2:水面より 0.500 m 下の側面)では，温度と圧力が等しいので，$\Delta U = 0$ および $\Delta(pv) = 0$ となる。また，熱と仕事の授受はないので $Q = W_{\mathrm{s}} = 0$ となり，$m\Delta\bar{u}^2/2 + m\,g\,\Delta Z = 0$ が得られる。上記の 2 点 1 と 2 に着目すると，$\Delta\bar{u}^2 = \bar{u}_1{}^2 - \bar{u}_2{}^2$，$\Delta Z = Z_1 - Z_2$ になる。水面での流速が $\bar{u}_1 = 0$ であり，水槽の底を基準とすると，$Z_1 = 1.000\mathrm{m}$，$Z_2 = 0.500\mathrm{m}$ になるので，以下の流出速度 $\bar{u}_2$ が得られる。

$$\bar{u}_2 = \sqrt{2g(Z_1 - Z_2)} = \sqrt{2 \times 9.807\mathrm{m\cdot s^{-2}}(1.000\mathrm{m} - 0.500\mathrm{m})} = 3.13\mathrm{m\cdot s^{-1}} \quad [答]$$