

基礎物理化学(熱力学) (担当教員: 林 重彦) レポート 一回目

出題: 11/27/2019、提出期限: 12/20/2019 17:00

提出先: 共通教育教務掛レポートボックス

注意点: 解答はすべて過程を明確に記述して下さい。答えだけでは不正解にします。また、物理量の数値を求める問題では、単位を計算過程からすべて明確に記して下さい。単位が記されていない場合には不正解にします。

[問題 1] 大気圧(101 kPa)と等しい静水圧を与える密度 1.0 g cm^{-3} の水の液注の高さはいくらか。重力加速度 $g = 9.81 \text{ m s}^{-2}$ とする。

[問題 2] r.m.s. 速さ c と平均速さ \bar{c} の間には、

$$c = \left(\frac{3\pi}{8} \right)^{1/2} \bar{c} \quad (1)$$

の関係がある。それらの速さを、マクスウェルの速さの分布から求めることにより、式 (1) の関係を確かめることを考える。

ここで、マクスウェルの速さの分布は

$$F(s) = 4\pi \left(\frac{M}{2\pi RT} \right)^{3/2} s^2 e^{-\frac{Ms^2}{2RT}} \quad (2)$$

である。ここで、 s は速さの絶対値であり、定義域は 0 から ∞ であることに注意せよ。

また、r.m.s. 速さは

$$c = \sqrt{\langle s^2 \rangle} \quad (3)$$

であり、平均速さは

$$\bar{c} = \langle s \rangle \quad (4)$$

である。ここで、 $\langle \rangle$ は平均を表す。

- マクスウェルの分布を用いて平均を計算することにより、式 (4) の平均速さ \bar{c} をモル質量 M 、気体定数 R 、及び温度 T を用いて表せ。[ヒント: 部分積分を使う。]
- 同様の方法で、式 (3) の r.m.s. 速さを求め、式 (1) を確認せよ。ここで次の公式を使え。

$$\int_0^\infty e^{-ax^2} dx = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{\pi}{a}} \quad (5)$$

[ヒント：式(5)の公式が使えるまで部分積分を行う。]

(c) ついでに、マクスウェルの速さの分布が最大になる速さ(最大確率速度 c_{mp})を求め、r.m.s.

及び平均速さとの関係を導け。[ヒント：マクスウェルの速さの分布を微分して最大値を求める。]

以下の問題では、気体はすべて完全気体とせよ。

[問題3] 圧力 104 kPa、温度 21.1 °C の海面付近で、ある質量の空気が 2.0 m³ の体積を占めている。これを、圧力と温度がつぎのような値の高所に移動したとき、体積はどれだけに膨張するか。(a) 52 kPa、-5.0 °C、(b) 880 Pa、-52.0 °C。

[問題4] 容積 22.4 L の容器に、2.0 mol の H₂ と 1.0 mol の N₂ を 273.15 K で詰めてある。(a) それぞれの分圧、(b) 全圧、を計算せよ。

[問題5] 25 °C のときのヘリウムの気体において、ヘリウム一原子当たり、及び 1 mol 当たりの運動エネルギーをジュール単位で求めよ。

[問題6] アルゴンの 25 °C での平均自由行程が、アルゴン原子の直径の 10 倍になるのは圧力がいくらのときか。ただし、 $\sigma = 0.36 \text{ nm}^2$ とせよ。

[問題7] 体積が一定の容器中では、気体の平均自由行程はどのような温度変化をするか。理由を付して説明せよ。

[問題8] メタンの試料 4.50 g が 310 K で 12.7 dm³ の体積を占めている。(a) この気体が 30.0 kPa の一定外圧に対して等温的に膨張し、体積が 3.3 dm³ だけ増えたとき、気体がした仕事を計算せよ。(b) 同じ膨張が等温可逆的に起こった場合の仕事を計算せよ。

[問題9] 授業で、完全気体の等温可逆膨張における仕事の計算式を導出した。この膨張が可逆的であるが等温的ではなく、膨張が進むにつれ温度が低下するものとしよう。(a) $T = T_i - c(V - V_i)$ のとき、膨張の仕事を表す式を求めよ。ただし、c は正の定数である。(b) 求めた仕事は等温膨張の仕事より大きいか、それとも小さいか。

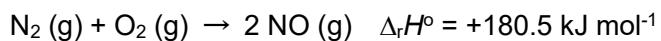
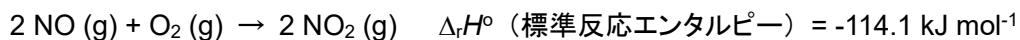
[問題10] 常温常圧下の空気の熱容量は約 21 J K⁻¹ mol⁻¹ である。5.5 m × 6.5 m × 3.0 m の部屋の温度を 10 °C だけ上げるのに必要なエネルギーはどれだけか。また、熱が逃げないとして、1.5 kW のヒーターを使えばどれだけの時間がかかるか。ただし、1 W = 1 J s⁻¹ である。

[問題 11] 3.0 mol の O_2 (g) を 3.25 atm の一定圧力下で熱したところ、温度が 260 K から 285 K まで上昇した。 O_2 のモル定圧熱容量が $29.4 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$ であるとして、 q 、 ΔH 、及び ΔU を求めよ。

[問題 12] 10.0 g の気体塩素(Cl_2)から、 Cl^- 及び Cl^+ からなるプラズマ(イオンの気体)を生成するのに熱として加えるべきエネルギーはどれだけか(温度及び圧力は一定とする)。ここで、 Cl_2 の結合エンタルピーは 242 kJ mol^{-1} 、 Cl^- のイオン化エンタルピーは 1260 kJ mol^{-1} 、電子付加エンタルピーは -349 kJ mol^{-1} である。

[問題 13] グルコース 0.3212 g を、熱容量が 641 J K^{-1} のボンベ熱量計(体積一定)の中で燃やしたところ、7.793 K の温度上昇があった。グルコースの (a) 標準燃焼内部エネルギー(標準状態での燃焼反応に伴う内部エネルギー変化)、(b) 標準燃焼エンタルピー、(c) 標準生成エンタルピーを計算せよ。ここで、二酸化炭素と水の標準生成エンタルピーはそれぞれ $-393.51 \text{ kJ mol}^{-1}$ 及び $-285.83 \text{ kJ mol}^{-1}$ である。

[問題 14] 次のデータを用いて N_2O_5 の標準生成エンタルピーを求めよ。



[おまけ] 授業・レポート問題への質問・要望・感想・その他があれば記して下さい。