# 物理化学Ａ　中間追試験問題

2011 年 12 月 26 日実施

必要があれば以下の定数や式を用いよ。**論述が必要な問題に対し、論述のない解答は採点の対象外です。**

| | | | |
|---|---|---|---|
| プランク定数：<br>$h$=6.63×10$^{-34}$ J･s | 光速：<br>$c$=3.0×10$^{8}$ m/s | アボガドロ数：<br>$N_A$=6.02×10$^{23}$ | 気体定数：<br>$R$=8.31 J K$^{-1}$ mol$^{-1}$ |
| ボルツマン定数：<br>$k$=1.38×10$^{-23}$ J/K | ボルツマン分布式：<br>$N_i = N_0 \exp\{-(\varepsilon_i-\varepsilon_0)/kT\}$ | 絶対温度の変換：<br>℃＝K－273 | ド・ブロイ波長<br>$\lambda=h/mv$ |

**以下の大問１から４、全て解答せよ。**

１．次の問に答えよ。ただし電子質量 $m_e$=9.1×10$^{-31}$ kg、電気素量 $e$=1.6×10$^{-19}$ C である。

(a)　100 kV の電圧で加速された電子のド・ブロイ波長を求めよ。

(b)　100 km/h の速さで打ち出された質量 50 g の野球のボールのド・ブロイ波長を求めよ。

(c)　許容並進エネルギー$n^2h^2/(8ma^2)$を導け。（ド・ブロイ波長の式を断りなく用いてよい。）

(d)　縮退度を説明せよ。

２．$H_2$ 分子（分子量 2）が長さ 0.1m の線分の中に閉じ込められている。

(a)　$H_2$ 分子一分子の質量を kg 単位で、並進エネルギー間隔因子を J 単位で、それぞれ求めよ。

(b)　温度 27℃における平均並進エネルギー$\frac{1}{2}kT$ を J 単位で求めよ。また、分子がこの平均エネルギーを持つときの量子数 $n$ はいくらか。

(c)　(b)の量子数 $n$ から $n$+1 へ 1 つ量子数の大きい状態へ移るのに必要なエネルギー$\Delta\varepsilon$ はいくらか。

(d)　以上の結果から、並進運動は古典的であるいえる。その理由を説明せよ。

**問題は裏に続きます**

３．エネルギー$\varepsilon$に対する気体分子の分布式（3 次元の場合）は$\dfrac{1}{N}\dfrac{\mathrm{d}N}{\mathrm{d}\varepsilon}=\dfrac{2}{\sqrt{\pi}}\left(\dfrac{1}{kT}\right)^{3/2}\sqrt{\varepsilon}\exp\left(-\dfrac{\varepsilon}{kT}\right)$で与えられる。以下の設問に、この式を基にして答えよ。

(a)　1 分子あたりの並進エネルギーは$\dfrac{3}{2}kT$であることを示せ。参考：$\int_0^\infty x^{\frac{3}{2}}e^{-ax}\mathrm{d}x=3\sqrt{\pi}/(4a^{\frac{5}{2}})$

(b)　$\varepsilon=\dfrac{1}{2}mv^2$を利用して、Maxwell-Boltzmann 分布式$\dfrac{1}{N}\dfrac{\mathrm{d}N}{\mathrm{d}v}=4\pi\left(\dfrac{m}{2\pi kT}\right)^{3/2}v^2\exp\left(-\dfrac{mv^2}{2kT}\right)$を導け。

(c)　横軸に$v$（$v\geq 0$）、縦軸に$\dfrac{1}{N}\dfrac{\mathrm{d}N}{\mathrm{d}v}$をとって、ある気体分子のある温度における分布の様子を描け。グラフは原点や$v\to\infty$での値に注意すること。また、最も確率の高い速さ$v_\alpha$を求め、グラフ上に示せ。

４．非常に粗い近似で、二原子分子中の振動運動の量子化について考えてみる。結合の長さを$r$、分子の質量を$m$、振動運動の距離$d$は結合の長さ$r$の 10%とせよ。

(a)　振動運動をどのように解釈することによって、近似を行おうとするのか。その考え方を説明せよ。

(b)　(a)で説明した方法に従って、許容振動エネルギー間隔因子（$n$=1 の場合）を分子量 32、$r=100\times10^{-12}$ m の分子について求めよ。

(c)　振動運動はどのような光で観察することができるか。その光の波長を求めよ。