

期 末 試 験 問 題	試験日	2011 年 7 月 13 日	解答用紙	2 枚
原子物理学概論	担 当	荒川 一郎	計算用紙	0 枚

- ・電卓の持ち込み可です。携帯電話は不可です。
- ・式だけでなく、論理の展開がわかるような説明を記すこと。物理量の単位を忘れないこと。
- ・ Boltzmann 定数： $k = 1.38 \times 10^{-23}$ J/K.

問 題

1. 気体分子の速さ分布を表す Maxwell-Boltzmann の速さ分布関数は、

$$f(v)dv = 4\pi\alpha v^2 \exp(-\beta v^2) dv, \quad \alpha = \left(\frac{m}{2\pi kT}\right)^{\frac{3}{2}}, \quad \beta = \frac{m}{2kT}$$

である。ここで、 v は気体分子の速さ（速度の絶対値）、 m は気体分子の質量である。以下では分子量 60（モル質量 $M = 60$ g/mol）、分子直径 $D = 0.30$ nm の仮想的な気体を考える。

- 最大確率速さ v_M （ $f(v)$ が極大値をとる v ）を導け。（ m, k, T で表すこと。）
- 気体の温度が $T = 77$ K と $T = 273$ K の時のそれぞれの最大確率速さ v_M を求めよ。
- 気体の温度が $T = 77$ K と $T = 273$ K の時のそれぞれの速さ分布を 1 枚のグラフ上に描け。横軸に v 、縦軸に $f(v)$ 、各軸の目盛りと単位を忘れないこと。細かいところまで精確である必要はないが、特徴がわかるように書くこと。言葉で補っても良い。
- 気体の温度 $T = 273$ K、圧力 $p = 1 \times 10^{-4}$ Pa の時の平均自由行程と一つの分子の単位時間あたりの平均衝突回数を求めよ。
- 気体の温度 $T = 273$ K、圧力 $p = 1 \times 10^{-4}$ Pa の時の単位面積への入射頻度 Γ を求めよ。

$$\text{Hint: } \langle v \rangle = \sqrt{\frac{8kT}{\pi m}}, \quad \lambda = \frac{1}{\sqrt{2}nD}, \quad \Gamma = \frac{n}{4} \int_0^\infty v f(v) dv.$$

2. Planck の定数 $h = 6.63 \times 10^{-34}$ J・s は物質の粒子性と波動性を結びつける鍵となる定数である。光子のエネルギーは光の振動数 ν に対して $h\nu$ であるし、電子の de Broglie 波長は h/mv である。 h の値は様々な実験・観察から決めることが出来る。以下の現象の実験・観察について、それがどのような現象で、いかなる測定・観察から、どのような考え方に基づいて h の値が求められるかを説明せよ。詳細な式を書く必要は無い。（もちろん書いても良い。）

- 溶鉱炉からの光の連続スペクトル。

Hint: Wien の変位則, Wien の式, Rayleigh-Jeans の理論式, Planck の式.

- 原子の発する光の線スペクトル。

Hint: Ritz の結合法則, Rydberg 定数, Bohr の原子模型.

- 光電効果。

Hint: 仕事関数