

中間試験問題	試験日	2011年6月1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

光速： $c = 3.00 \times 10^8 \text{ m/s}$ , Boltzmann 定数： $k = 1.38 \times 10^{-23} \text{ J/K}$ .

## 問 題

1. 19世紀後半の製鉄業において、溶鉱炉から発する光のスペクトル  $u_T(\lambda)$  と炉内の温度  $T$  の関係の研究から Planck の定数  $h$  が生まれた。次の経験的な法則、および理論式について、以下の問に答えよ。

- Wien の変位則：強度  $u_T(\lambda)$  が最大となる波長  $\lambda_{\max}$  と温度  $T$  の関係。

$$\lambda_{\max} T = 2.9 \times 10^{-3} \text{ m} \cdot \text{K} \quad (1)$$

- Wien の式：ピークを含む短波長領域のスペクトルを表現する経験則。  $A$  は定数。

$$u_T(\lambda) d\lambda \propto \frac{1}{\lambda^5} \exp\left(-\frac{A}{\lambda T}\right) d\lambda \quad (2)$$

- Rayleigh-Jeans の理論式：長波長領域は実測によく合う。

$$u_T(\lambda) d\lambda \propto \frac{T}{\lambda^4} d\lambda \quad (3)$$

- Planck の内挿式（放射公式）：式 (2) と式 (3) を一つにして実測値に合わせる工夫。

$$u_T(\lambda) d\lambda = \frac{8\pi hc}{\lambda^5} \frac{1}{\exp\left(\frac{hc}{kT\lambda}\right) - 1} d\lambda \quad (4)$$

- (a) 式 (1) より式 (2) の定数  $A$  を求めよ。  
 (b) 上の結果を基に Planck の定数  $h$  の値を求めよ。

2. 水素原子の構造に対する Bohr の仮説と de Broglie の考え方は以下の三式にまとめられる。

$$(1) \quad v^2 = \frac{e^2}{4\pi\epsilon_0 mr} \quad , \quad (2) \quad \lambda = \frac{h}{mv} \quad , \quad (3) \quad 2\pi r = n\lambda$$

- (a) 記号  $v, e, \epsilon_0, m, \lambda, h, n$  の意味をすべて記せ。  
 (b) 各式が表現していることを説明せよ。  
 (c) この三つの式から、水素原子の電子のエネルギー準位  $E_n$  を表す式を導け。

3. 以下の図は光電効果の実験とその結果の概要を示す。
- (a) Einstein は光電効果を説明するために、ある仮説を導入し、金属内の電子と電子の放出に関するモデルを提案した。その仮説とモデルの概要を説明せよ。
  - (b) 前述のモデルを用いて以下を説明せよ。
    - i. 光の振動数  $\nu$  が低いと光電子電流  $I$  が生じないのはなぜか。(Fig. 5.7 a)
    - ii. 電位  $V$  を高くすると電流  $I$  が飽和するのはなぜか。(Fig. 5.7 b)
    - iii. 陰極（電子が出る電極）に対する陽極（電子を集める電極）の電位  $V$  を負にしても  $V_{\max}$  までは電流  $I$  がゼロにならないのはなぜか。(Fig. 5.7 b)
    - iv. 光の振動数  $\nu$  と最大阻止電位  $V_{\max}$  の関係が Fig. 5.7 c の様な直線になること、直線の切片  $V_A$  が金属の仕事関数になること、傾きが  $h/e$  になることをそれぞれ説明せよ。