

期 末 試 験 問 題	試 験 日	2019 年 7 月 24 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： $k = 1.38 \times 10^{-23} \text{ J K}^{-1}$ ，光速： $c = 3.00 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}$  とする。

## 問 題

- 水素原子の電子のエネルギー準位を以下に従って求めよ。電子の質量、軌道半径、速度をそれぞれ  $m, r, v$ ，素電荷の大きさを  $e$  とする。他に用いる記号はその定義を示すこと。
  - 電子が円軌道を描く条件を示せ。その理由も説明すること。核は動かないとしてよい。
  - 電子の de Broglie 波長  $\lambda$  を電子の質量と速度により表せ。
  - 電子はどのような時に定常状態を取るのか説明し、それを表す条件式を示せ。
  - これらから、水素原子の電子のエネルギー準位  $E_n$  を表す式を導け。
- 溶鉱炉から発する光のスペクトル  $u(\lambda, T)$  (炉内の温度  $T$  のときの波長  $\lambda$  の光のエネルギー密度) の研究から Planck の定数  $h$  が生まれた。次の経験法則と理論式について、以下の問に答えよ。

- Wien の変位則：強度  $u(\lambda, T)$  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。

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

- Rayleigh-Jeans の理論式：長波長領域は実測によく合う。

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

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

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

- 式 (1) の値を基に式 (2) の定数  $A$  を求めよ。
- 式 (4) は、短波長では式 (2)、長波長では式 (3) の形に近似できることを示せ。
- Planck の定数  $h$  の値を求めよ。

3. 波と考えていた光が粒子的な性質を持つことを示した実験あるいは観測事実を三つあげ、それぞれ、いかなる実験結果・現象と考察から光が粒子的な性質を持つと考えるに至ったか解説せよ。詳細な式を書く必要は無い（もちろん書いても良い）が、実験・観察の内容と、その解釈の物理的背景がわかるように書くこと。字数は制限しないが、100～200字程度で良い。