

中間試験問題	試験日	2012年5月30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。
- ・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 $u(\lambda, T)$ (波長 λ の光のエネルギー密度) 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 $u(\lambda, T)$ が最大となる波長 λ_{max} と温度 T の関係。

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

- 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。
- 短波長の極限で式 (4) は式 (2) の形に近似できることを示し、それらの比較から、Planck の定数 h の値を求めよ。

2. Bohr の仮説と de Broglie の考え方を出発点として水素原子の電子のエネルギー準位 E_n を導こう。使用した記号の意味を明記し、かつ式の意味を解説すること。

- 電子が円軌道を描く条件を示せ。
- 電子の de Broglie 波長はその速度によりどのように表せるか。
- 軌道が定常状態となる条件を示せ。
- これらの式を解いて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. 20 世紀の初頭、「(1) 波と考えていた光が粒子の様な性質を持つこと」、その逆に「(2) 粒子と考えていた電子が波のような性質を持つこと」を示すいくつかの現象が実験的に明らかにされた。それらは新しい物質間とそれに基づく現代物理学の確立に重要な役割を果たした。例えば、第 1 問の「空洞放射（黒体放射）と Planck の放射公式」は (1)、第 2 問の「Bohr の原子模型」は (2) に相当する。以下の現象あるいは仮説等を解説し、上記の (1), (2) のどちらに関連しているかを示せ。（長さは制限しないが、それぞれ 100 – 200 字程度の解説でよい。）

(a) 光電効果と Einstein の光量子仮説

(b) Compton 効果

(c) 結晶による電子線の回折