

期 末 試 験 問 題	試 験 日	2016 年 7 月 27 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. 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 λ 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 λ_{\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。

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

- (a) 式 (1) の値を基に式 (2) の定数 A を求めよ。
 (b) 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。
 (c) 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 $v, e, \epsilon_0, m, r, \lambda, n$ の意味と各式が表現していることを説明せよ。(「 v は速度」は答えにならない。それぞれ「何の何」かを明記すること。)
 (b) 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. 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」には (1)、第 2 問の「Bohr の原子模型」には (2) の考え方が含まれている。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) 結晶による電子線の回折
 (c) Compton 効果