平成２６年度入学者選抜試験問題
山形大学大学院理工学研究科博士前期課程
（平成２５年８月実施）

【電気電子工学専攻】

専門科目

（電子物性と量子物理）

注意事項

１．試験開始の合図があるまで，この問題冊子の中を見てはいけません。

２．この問題冊子の本文は，１ページから２ページまでです。

３．試験中に問題冊子の印刷不鮮明，ページの乱丁・落丁および解答用紙の汚れ等に気付いた場合は，手を挙げて監督者に知らせて下さい。

４．監督者の指示に従って，すべての解答用紙に受験番号を正しく記入して下さい。受験番号が正しく記入されていない場合は，採点できないことがあります。

５．解答用紙は４枚あります。解答用紙の「受験科目」欄には，既に「電子物性と量子物理」が記入されています。解答用紙の解答番号と問題番号を一致させて，解答して下さい。一致していない場合は，採点できません。

６．解答は，解答用紙のおもて面にのみ記入して下さい。

７．必要に応じて計算過程も記入して下さい。

８．解答用紙は全て提出して下さい。

９．試験終了後，問題冊子及び草案用紙は持ち帰って下さい。

<u>専門科目（電子物性と量子物理）</u>

解答は導出過程も示すこと。数値を求める問題では有効数字 2 桁で解答し，単位も明記せよ。また，必要に応じて次の物理定数を用いること。

真空中の光速度	$c = 3.00\times10^{8}$ m s^{-1}	ボルツマン定数	$k_B = 1.38\times10^{-23}$ J K^{-1}
アボガドロ数	$N_A = 6.02\times10^{23}$ mol^{-1}	真空の透磁率	$\mu_0 = 1.26\times10^{-6}$ H m^{-1}
プランク定数	$h = 6.63\times10^{-34}$ J s	電子の静止質量	$m_0 = 9.11\times10^{-31}$ kg
真空の誘電率	$\varepsilon_0 = 8.85\times10^{-12}$ F m^{-1}	電子の電荷	$-e = -1.60\times10^{-19}$ C

1．真空中で波長 185 nm の紫外線をある金属表面に照射した際，表面から放射される光電子の最大エネルギーが 4.22 eV であった。以下の問いに答えよ。

(1) この紫外線の光子 1 個のエネルギーをジュール(J)，及び電子ボルト(eV)単位で求めよ。

(2) この金属の仕事関数を電子ボルト(eV)単位で求めよ。

2．鉄（Fe）は格子定数 0.287 nm の体心立方格子構造をとり，原子量は 55.8 g/mol，密度は 7.87 g/cm^3 である。以下の問いに答えよ。

(1) 体心立方格子の単位胞を図示し，単位胞中の原子数と充填率を求めよ。

(2) 鉄原子 1 個の重さを求めよ。

(3) 格子定数 a_0 の単純立方格子において，下の図 1，図 2，図 3 の斜線で示された結晶面のミラー指数をそれぞれ答えよ。

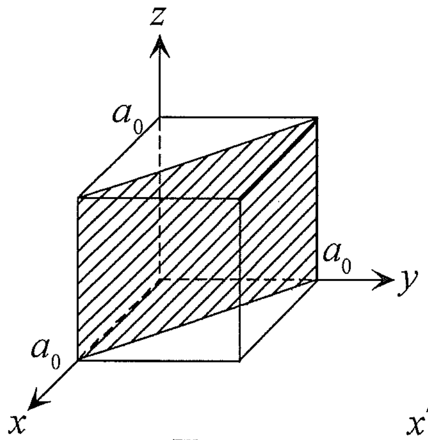

図 1

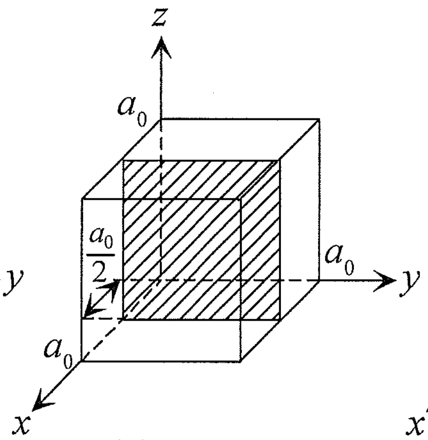

図 2

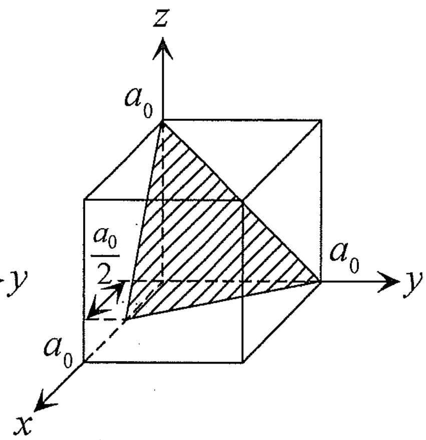

図 3

(4) 鉄を単純立方格子とみなしたときの(110) 面の間隔 d_{110} を求めよ。また，波長 0.154 nm の X 線(CuKα_1)を鉄の(110)面に照射したとき，ブラッグの条件を満たす最小の $\sin\theta$ の値を求めよ。

３．エネルギーが E である状態を電子が占める確率はフェルミ・ディラック分布関数 $f_{FD}(E)$ で与えられる。絶対温度を T, フェルミエネルギーを E_F として以下の問いに答えよ。

(1) フェルミ・ディラック分布関数 $f_{FD}(E)$ の式を答えよ。

(2) $E_F = 0.200$ eV, $T = 50$ K の場合にフェルミ・ディラック分布関数 $f_{FD}(E) = 0.500$ となる E の値を電子ボルト(eV)単位で求めよ。

４．図４のように時間に依存しない１次元井戸型ポテンシャル($V(x) = \infty$ $(x < 0, L < x,)$, $V(x) = 0$ $(0 \leq x \leq L)$)中に質量 m_0, エネルギーE の電子が存在するモデルを考える。電子の１次元の波動関数を$\phi(x)$とすると，時間を含まないシュレディンガー方程式は,

$$-\frac{\hbar^2}{2m_0}\frac{d^2\phi(x)}{dx^2} = E\phi(x)$$

となる。(ここで $\hbar = \dfrac{h}{2\pi}$)

この方程式の解は，$\phi(x) = A\sin(kx) + B\cos(kx)$ で与えられる。ここで A, B は定数である。以下の問いに答えよ。

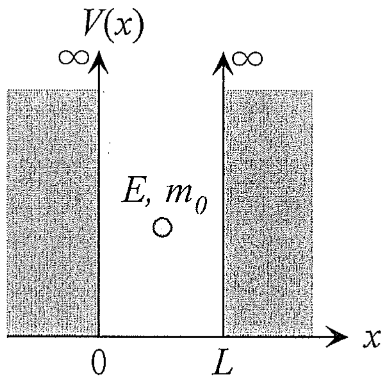

図４　１次元井戸型ポテンシャルモデル

(1) 時間を含まないシュレディンガー方程式及び解から k を $m_0, E, \hbar$ を用いて表せ。

(2) 境界条件，$\phi(0)=\phi(L)=0$ を用いて B を求めよ。また，k を L, n を用いて表せ。ただし，$n = 1, 2, 3, \cdots$ とする。

(3) 電子の存在確率は $|\phi(x)|^2$ で表される。また，ポテンシャル内 $(0 \leq x \leq L)$ に必ず電子が１個存在することを用いて A を求めよ。

(4) 電子が取り得るエネルギー E_n を求めよ。

(5) 電子が波長 λ_n のド・ブロイ波で表されるとすると，

$$\lambda_n = \frac{2L}{n}$$

の関係がある。

ポテンシャル内における電子の波動関数の概形を $n = 1, 2$ の場合について描け。