

注意： 解答は右側の解答欄に簡潔に記入すること。裏面を計算に使用してもよい。

手書き (自筆) ノートのみ持ち込み可。電卓・携帯電話等は、時計代わりにできない。

試験時間は 19:00 まで。18:40 以降退室可 (静かに)。不正行為は学則に従って処分。

1. xyz の結晶軸座標において、次の結晶面のミラー指数を求めよ。ただし、結晶構造は立方晶とし、 a は格子定数とする。(10 点)

(1) x, y 軸とそれぞれ $(a, 0, 0)$ 、 $(0, a/3, 0)$ で交わり、 z 軸と平行な面

(2) x, y, z 軸とそれぞれ $(a, 0, 0)$ 、 $(0, a/2, 0)$ 、 $(0, 0, a)$ で交わる面

2. $+q$ の電荷を持つ原子核の周囲を $-q$ の電荷を持つ電子が円軌道を描きながら回転している単独水素原子モデル (ボーア模型) について、次の問に答えよ。ただし、真空の誘電率を ϵ 、電子の質量を m 、電子の円軌道の半径を r 、電子の等速円運動の速さを v とし、原子核は静止しているものとする。次の各問に答えよ。(20 点)

(1) 電子に働く遠心力 (mv^2/r) と電気力のつりあいの式を書け。

(2) 電子の全エネルギー E を r の関数 (変数として r しか入っていない関数) として表せ。ただし、軌道上の電子のポテンシャルエネルギーは、無限遠で 0 になると仮定する。

(3) h をプランク定数、 n を自然数としたとき、ボーアの量子条件は $mvr = nh/2\pi$ と表される。ボーアの量子条件を導入して、量子化された電子の全エネルギー E_n を n の関数として表せ。

(4) 電子が $n=2$ の励起状態から $n=1$ の基底状態に遷移するとき放出される電磁波の振動数 ν を求めよ。

3. 次の各問に答えよ。(50 点)

(1) ダイヤモンドとシリコンは、同じ IV 族元素であり、結晶構造も同じであるが、室温では、前者は絶縁体、後者は半導体である。その理由を 30 文字程度以上 (解答欄に入る文字数まで) で説明せよ。

(2) 次の文の (イ) ~ (チ) にあてはまる語句を答えよ。

半導体のキャリアには (イ) と (ロ) の二種類がある。シリコンに III 族の B (ホウ素) をドーピングすると、(イ) が多数キャリアとなり、その半導体は (ハ) 形半導体と呼ばれる。一方、(ロ) が多数キャリアとなっている半導体は (ニ) 形半導体と呼ばれる。エネルギー帯図では、キャリアとなる (イ) は (ホ) 帯に、キャリアとなる (ロ) は (ヘ) 帯に存在する。エネルギー帯図にて、(ホ) 帯と (ヘ) 帯の間を (ト) 帯と呼ぶ。不純物をドーピングしていない (チ) 半導体では、(イ) と (ロ) の密度は等しい。

4. 右下図のように、真空中に距離 d の間隔で置かれた平行金属平板がある。その一方 (陰極) はグラウンド、他方 (陽極) は電圧 V の定電圧源に接続されている。この系で電子を加速することを考える。次の各問に答えよ。(20 点)

(1) 陰極から電子を放出するには、なんらかの方法で電子を陰極内部から外部に放出させる必要がある。金属から電子を放出させる方法を二つ、それぞれ 10 文字程度以上で説明せよ。

(2) なんらかの方法で陰極から放出された電子は、陽極に向かって加速される。陽極に衝突する直前の電子の速さ v を求めよ。ただし、電子の質量を m 、電子の電荷を $-q$ とする。

