

- [1] 次の核反応式の括弧の中を埋めよ。
 (i) $^{14}\text{N} + ^4\text{He} \rightarrow ^{17}\text{O} + ()$ (ii) $^9\text{Be} + ^4\text{He} \rightarrow ^{12}\text{C} + ()$
 (iii) $^{27}\text{Al} (n, ()) ^{27}\text{Mg}$ (iv) $^9\text{Be} (p, a) ()$ (v) $^{14}\text{N} (p, ()) ^{11}\text{C}$
- [2] ある試料の放射能が1日で初めの66.5%に低下したとすると、その試料の半減期は何日か。
- [3] ^{212}Po は α 崩壊して ^{208}Pb になる。この際、放出される α 粒子の運動エネルギーを計算せよ。ただし、 ^{212}Po の結合エネルギーは 1655.8 MeV、 ^{208}Pb の原子質量は、207.976641 amu、 ^4He の原子質量は、4.0026036 amu とする。
- [4] 木材からつくった炭素 (1 g) 中の ^{14}C (半減期 5730 年) を測定したところ、12.5 Bq であった。一方、古い寺院の柱からつくった同質量の炭素の ^{14}C は 10.6 Bq を示した。この寺院の建築年代を求めよ。
- [5] 水素の 1s 軌道のエネルギーは -13.6 eV、軌道半径は 0.053 nm である (n (ナノ) は 10^{-9} を意味する接頭語である)。ボーアモデルによれば、これらの数値は他の既知の物理量から導かれ、計算値と実測値の一致は大変によい。前者はリュードベリ定数 (正確には R を eV 単位に変換して -1 倍したもの)、後者はボーア半径 (a_0) という別の名称でも呼ばれる。中心核電荷を一般的に Z とし、主量子数を一般的に n とすると、軌道の半径やエネルギーは、水素 1s の場合の値に対する Z 依存性や n 依存性から簡単に求めることができる。次のものを求めよ (R や a_0 を用いよ)。
 (1) H のイオン化エネルギー。 (2) He^+ の 1s 軌道のエネルギー。 (3) He の第二イオン化エネルギー。 (4) 水素で主量子数 2 の軌道のエネルギー。 (5) 水素で主量子数 2 の軌道の半径。 (6) He^+ の 1s 軌道の半径。
- [6] 原子番号 Z の元素の水素類似 1s および 2s 軌道を占める電子が見いだされる確率をもっとも高い原子半径を求めよ。
 ヒント：動径分布関数が極値を持つときの半径を求める。動径分布関数から r に関する導関数をつくり、極大値の条件を出せばよい。1s と 2s の軌道は「理工系学生のための化学基礎」第5版 (学術図書出版) p.63 などにある。
- [7] 波動方程式から得られた水素の原子軌道の種類と軌道の形を、 $n = 3$ まですべて書け。
- [8] 1913~14 年に Moseley は、一連の元素について特性 X 線 (K 線と L 線) の波長を測定した。波長から振動数 ν を求め、その平方根を原子番号 Z の順に配列したところ見事に直線上に並ぶことがわかった。これにより、原子番号が未確定であった元素、白金 : 78、金 : 79、鉛 : 82 と、次々と言い当てるとともに、未知元素の存在も予言した。特性 X 線の放出にかかわる二つのエネルギー準位を理解するためには、当然量子論を必要とする。その当時発表されたばかりの Bohr の原子模型と調和させつつ、Moseley は実験結果を解釈した。この解釈を説明せよ。
 K 系列の場合 : $\nu^{1/2} = Q_K \{(3/4) \nu_0\}^{1/2}$ $Q_K = Z - 1$
 L 系列の場合 : $\nu^{1/2} = Q_L \{(5/36) \nu_0\}^{1/2}$ $Q_L = Z - 7.4$
- [9] 基底状態で次の原子あるいはイオンはそれぞれ何個の対電子をもっているか。
 ^6C , ^{20}Ca , ^{25}Mn , $^{26}\text{Fe}^{3+}$, $^{29}\text{Cu}^+$, $^{34}\text{Se}^{2-}$, $^{64}\text{Gd}^{3+}$
- [10] CoCl_2 とアンモニアから $[\text{Co}(\text{NH}_3)_6]^{2+}$ という錯イオンを合成できる。しかしこれは比較的不安定であり、容易に酸化されて $[\text{Co}(\text{NH}_3)_6]^{3+}$ という安定な錯イオンになる。この不安定性・安定性の理由を説明せよ。Co の原子番号は 27 である。