

令和7年度 神戸大学 理学部 化学科

第3年次編入学試験問題

化学

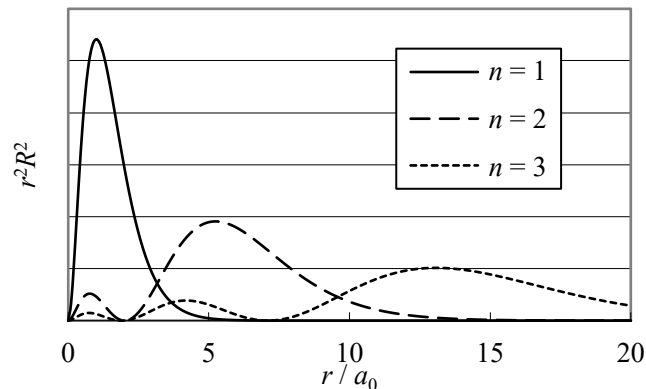
試験時間 10:00～12:00 (120 分)

以下の注意事項を熟読すること

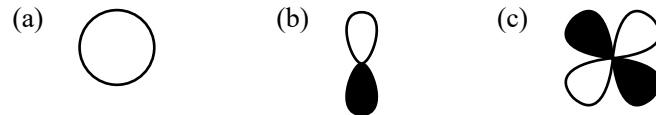
- 問題[I]～問題[VI]に解答しなさい。
- 表紙を除いて問題用紙が5ページ、解答用紙が3ページあります。
- 解答用紙の各ページに氏名（用紙上端）と受験番号（用紙下端）を記入しなさい。受験番号を誤って記入すると採点の対象とならないことがあります。
- この表紙と問題用紙を下書き用紙として使いなさい。

[I] 以下の文章を読んで、問いに答えなさい。

原子の性質は電子の波動関数を水素原子にあてはめた原子軌道をもとに考えることができる。原子軌道 Ψ は原子核からの距離 r による動径波動関数 R と角度 θ, ϕ による角波動関数 Y の積で表され、 n, l, m_l で表される量子数で一意的に決まる。(1)電子の線形運動量と位置を同時に決めることはできないが、空間のある領域に電子を見つける確率は電子の波動関数の二乗にその体積をかけたものに比例すると考えられている。量子数 n に対する ns 軌道について、原子核からの距離 r と動径分布関数 r^2R^2 のグラフを下図に示す。ただし、 a_0 はボーア半径とする。



原子軌道は三次元の曲面で表されることが多い。いくつかの原子軌道を表す三次元曲面の xy 平面での断面図に対して白黒で塗り分けたものを、以下の(a)～(c)に示す。



問1. 下線部(1)の原理名を答えなさい。

問2. ボーアのモデルでは、電子は量子数 n で決められた等速円運動をしていると考える。第2周期以降の1族元素の原子軌道の最外殻の有効核電荷はボーアのモデルと比較してどのようなになると考えられるか。(大きい, 小さい, 同じ)の中から選び、答えなさい。

問3. (a)～(c)の図の形状の違いの原因となる量子数の名称を日本語で答えなさい。

問4. (a)の図に断面で表される曲面について、以下の選択肢①～④の中から正しいものを選びなさい。

- ①電子は曲面上にのみ存在する。 ②電子は曲面内にのみ存在する。
③電子は曲面外にも存在する。 ④電子は円軌道上にのみ存在する。

問5. (a)～(c)の図の白黒は何を表しているか、答えなさい。

問6. 原子の第1イオン化エネルギーの定義を答えなさい。

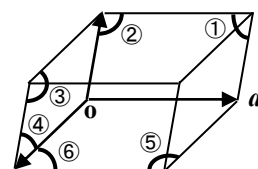
問7. 第2周期の原子の第1イオン化エネルギーは、原子番号が大きくなるにつれ増加傾向であるが、酸素原子では減少している。その理由を答えなさい。

[II] 酸素原子からなる分子について、以下の問いに答えなさい。

- 問 1. 窒素分子のルイス構造 ($\text{:N}\equiv\text{N:}$) にならい、オゾンのルイス構造を解答欄に描きなさい。
- 問 2. 原子価殻電子反発 (VSEPR) モデルから予測し、オゾンの分子構造の形を日本語で答えなさい。
- 問 3. 分子軌道を考えることで、 O_2 , O_2^+ , O_2^- , O_2^{2-} について、結合エネルギーの大きい順に並べなさい。
- 問 4. O_2 , O_2^+ , O_2^- , O_2^{2-} のうち、不対電子を持つものをすべて答えなさい。
- 問 5. O_2 , O_2^+ , O_2^- , O_2^{2-} の酸素原子間の結合長のうち、オゾンの酸素原子間の結合長との差が最も小さくなると予想されるものを答えなさい。

[III] 固体の結晶構造について、以下の問いに答えなさい。

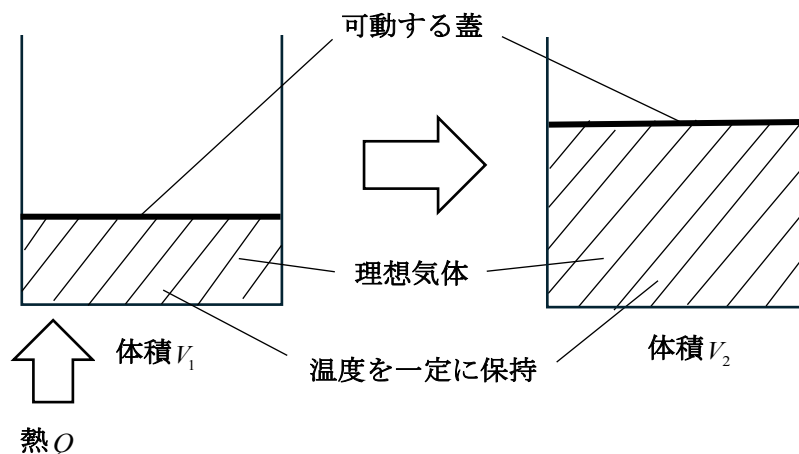
- 問 1. 三斜晶系の単位格子を右図に示す。 $\mathbf{o}$ は原点、 $\mathbf{a}$ は a 軸を表している。格子定数 β は図中の角度①～⑥のいずれと等しいか、答えなさい。



- 問 2. 三斜晶系の持ちうる対称操作をすべて答えなさい。
- 問 3. 単位格子の取り方には任意性があるが、より対称性が高く体積の小さいものを選ぶ。正方晶系の面心格子は他の単位格子で表すことができる。その結晶系名と格子名を答えなさい。
- 問 4. 立方最密充填構造の単位格子内で原点に一番近い (i) 八面体間隙と (ii) 四面体間隙の中心の分率座標を答えなさい。ただし、単位格子の辺上のものは含まないものとする。

[IV] 次の文章を読み、以下の問いに答えなさい。

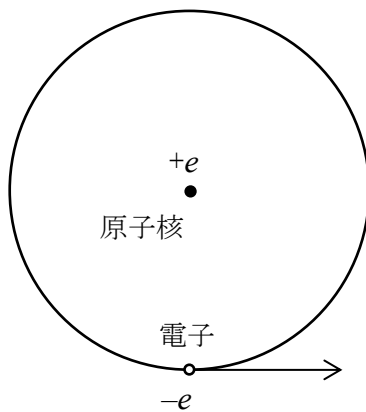
理想気体の可逆的な等温膨張について考える。可動する蓋がついた容器に、 n モルの理想気体が封入されている。温度 T （絶対温度）を一定に保ちながら、わずかに高温の熱源を接触させ、気体に熱 Q を与える。熱を与えても気体の温度が上がらないように、外部に向けた仕事をさせる。外部から“気体の圧力に比べてわずかに小さい圧力”を蓋を介し気体に加える。気体は温度一定のまま膨張し、体積が V_1 から V_2 （ $V_2 > V_1$ ）へと増加する。気体定数を R とする。



- 問1. 気体が外部から受け取った仕事 W を n 、 R 、 T 、 V_1 、 V_2 を用いて表しなさい。
- 問2. 内部エネルギーの変化 ΔU を求めなさい。
- 問3. 問2の結果を用いて、気体に加えられた熱 Q を n 、 R 、 T 、 V_1 、 V_2 を用いて表しなさい。
- 問4. 気体のエントロピーの変化量 ΔS は、 $\Delta S = \frac{Q}{T}$ と定義される。問3の結果を用いて ΔS を導き、 $\Delta S > 0$ であることを示しなさい。

[V] 次の文章を読み、以下の問いに答えなさい。

長岡モデルにおいて、水素原子内の電子の運動を古典力学に基づき考える。



左図に示すように、電子は $+e$ の電荷の周りを円運動している。角速度を ω 、軌道の半径を r とすると、電子は原子の中心方向に加速度 $r\omega^2$ を持っている。この加速度は原子核と電子間のクーロン力によるものであるから、電気素量を e 、電子の質量を m_e 、真空の誘電率を ϵ_0 とすれば、電子の運動方程式 ① が成立する。

① より ω は ② となる。ゆえに、電子の回転の振動数 ν は ③ となる。電磁気学に基づけば、この加速度運動する電子は、振動数 ν の電磁波を放出するが、式 ③ より、 ν は r の ④ 乗に比例する。原子の全エネルギー E は電子の運動エネルギー T と位置エネルギー V の和である。電子が無遠く位置するときを $V=0$ とすれば、電子が原子核から r の位置にあるときの V は $V=$ ⑤ となる。 E は e 、 ϵ_0 、 r を用いて、 ⑥ と表される。式 ③ と式 ⑥ を合わせて考えると、電子は回転により、式 ③ で表される振動数の電磁波を放出し、エネルギーを失い、式 ⑥ により、回転半径が ⑦。以上の議論に基づけば、放射する電磁波の振動数は連続的となる。実際の水素原子の発光線の測定では、離散的な結果が得られる。

問1. ① に入る適切な式を m_e 、 r 、 ω 、 e 、 ϵ_0 を用いて表しなさい。

問2. ② に入る適切な式を e 、 ϵ_0 、 m_e 、 r を用いて表しなさい。

問3. ③ に入る適切な式を e 、 ϵ_0 、 m_e 、 r を用いて表しなさい。

問4. ④ に入る適切な数値を示しなさい。

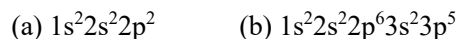
問5. ⑤ に入る適切な式を e 、 ϵ_0 、 r を用いて表しなさい。

問6. ⑥ に入る適切な式を e 、 ϵ_0 、 r を用いて表しなさい。

問7. ⑦ に入る語句として、「小さくなる」または「大きくなる」のうち正しい語句を選択しなさい。

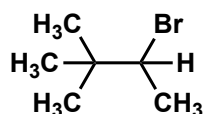
[VI] 以下の問いに答えなさい。

問 1. 以下の(a), (b) の電子配置を持つ元素の名前をそれぞれ答えなさい。



問 2. (+)-酒石酸の比旋光度を $+12.0^\circ$ とする。比旋光度が $+4.32^\circ$ である(+)-酒石酸と(-)-酒石酸の混合物について、それぞれの組成を百分率で答えなさい。

問 3. 次の化合物を溶液中で加熱したところ、分子式 C_6H_{12} を持つ化合物が 3 種類生成した。主生成物と、生成量が 2 番目および 3 番目に多い生成物の構造式をそれぞれ答えなさい。



問 4. 化合物 **A** はアルキルアルコールである。クロム酸との反応で **A** はケトン **B** へと変換される。別の反応で **A** を三臭化リンと反応させると化合物 **C** へと変換される。化合物 **C** を精製し、エーテル中でマグネシウムと反応させると、Grignard 試薬 **D** が生じる。化合物 **B** をこの Grignard 試薬溶液に加える。得られた生成物 **E** を加水分解すると、化合物 **F** として 3,4-ジメチル-3-ヘキサノール (IUPAC 名 : 3,4-ジメチルヘキサン-3-オール) を含む溶液が得られる。化合物 **A**, **B**, **C**, **D**, **E**, **F** の構造式を答えなさい。

