

平成28年度 総合化学院修士課程
入学試験問題

総合基礎科目（総合基礎化学）

（専門基礎科目も解答しなさい）

平成27年8月6日（木） 9:30～12:00

（専門基礎科目の試験時間を含む）

注意事項

- (1) 全設問に解答しなさい。
- (2) 配点は100点である。
- (3) 解答は設問毎に所定の答案用紙に記入しなさい。
- (4) 答案用紙の所定の欄に受験番号を必ず記入しなさい。
- (5) 草案紙は2枚ある。
- (6) 問題紙、草案紙は提出する必要はない。

総合化学院 総合化学専攻

試験科目	総合基礎化学 (1 / 4)
------	----------------

(注) 全設問に解答すること。解答は設問毎に別の答案用紙に記入すること(答案用紙4枚)。必要に応じて以下の数値を用いなさい。

プランク定数: $6.63 \times 10^{-34} \text{ J s}$, 電子の質量: $9.11 \times 10^{-31} \text{ kg}$, 電子の電荷: $1.60 \times 10^{-19} \text{ C}$
 光速: $3.00 \times 10^8 \text{ ms}^{-1}$, 気体定数: $8.31 \text{ JK}^{-1} \text{ mol}^{-1}$

設問1 以下の問(1), (2)に答えなさい。

(1) 図1に示す量子井戸ポテンシャルに閉じ込められた粒子について、以下の問1)~2)に答えなさい。

- 1) 壁の高さが無限大の井戸型ポテンシャルに閉じ込められた粒子の波動関数は、

$$\psi_n(x) = C \sin \frac{n\pi}{L} \cdot x \quad (n=1, 2, \dots)$$

と書ける。この時の以下の2つの式を導きなさい。ただし、プランク定数を h , 電子の質量を m とする。

- (ア) n 番目のエネルギー準位 E_n を与える式
 (イ) 準位 n と $n+1$ の間のエネルギー差 ΔE を与える式

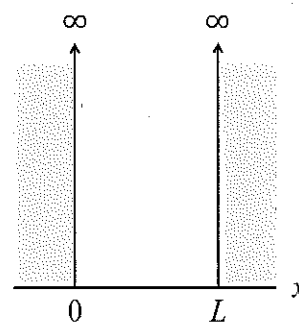


図1

- 2) 光を照射して、電子を基底状態から第一励起準位に励起することを考える。量子井戸の幅 L が 3.0 nm のとき励起させることができる光の波長 (nm) を、有効数字2桁で求めなさい。

(2) 以下の問1)~2)に答えなさい。

- 1) 図2は、一般的な純物質の化学ポテンシャルを記したグラフである。温度軸には融点と沸点を記してある。各相の化学ポテンシャルの温度依存性は直線で表されると仮定し、解答欄に液相と気相の化学ポテンシャルを記入しなさい。

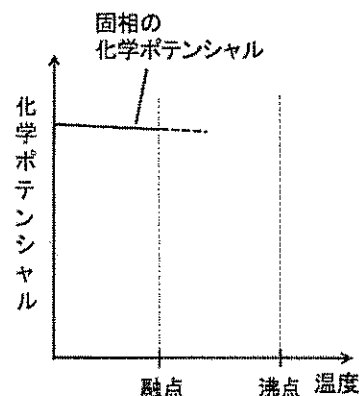


図2

- 2) 温度 300 K で、圧力 $1.5 \times 10^5 \text{ Pa}$, 容積 $2.0 \times 10^{-2} \text{ m}^3$ の理想気体がある。 900 K で、 $1.0 \times 10^{-2} \text{ m}^3$ に圧縮したときの気体の圧力を、有効数字2桁で求めなさい。

総合化学院 総合化学専攻

試験科目	総合基礎化学 (2/4)
------	--------------

(注) 全設問に解答すること。解答は設問毎に別の答案用紙に記入すること(答案用紙4枚)。

設問2 以下の問(1)～(3)に答えなさい。

(1) 次の文章の空欄(ア)～(カ)に当てはまる語句を以下の(a)～(k)から選択し、記号で答えなさい。

直線的な形状の二酸化炭素分子の中心に位置する炭素原子は(ア)混成軌道を形成している。一方、二酸化イオウ分子のイオウ原子は(イ)混成軌道を形成し、分子の安定構造が折れ線形であるため、点群(ウ)に属する。また、アンモニア分子の中心に位置する窒素原子は(エ)混成軌道を形成し、その内の一つの軌道を(オ)が占有しており、水素との結合に関与しない。したがって、アンモニア分子の安定構造は点群(カ)に属する。

- (a) sp^2 (b) sp (c) sp^3 (d) 不対電子 (e) 非共有電子対 (f) 双極子
 (g) 正孔 (h) C_s (i) C_{2v} (j) C_{3v} (k) D_{3h}

(2) 第4周期の遷移金属に関する以下の記述の空欄(キ)～(シ)に入る適切な記号あるいは数字を答えなさい。

Scの最外殻の電子配置は $3d^14s^2$ と表され、主要な酸化数は+3である。同様に、Mnの最外殻電子配置は(キ)と表され、最小の酸化数は(ク)、最大の酸化数は(ケ)である。一方、Feの最外殻電子配置は(コ)と表されるが、酸化数が+8になることはなく、主要な酸化数は(サ)と(シ)である。

(3) 窒素分子の軌道エネルギー準位は図1のように示され、結合次数は3で反磁性である。このことを参考にして、酸素分子に関する以下の問1)～4)に答えなさい。

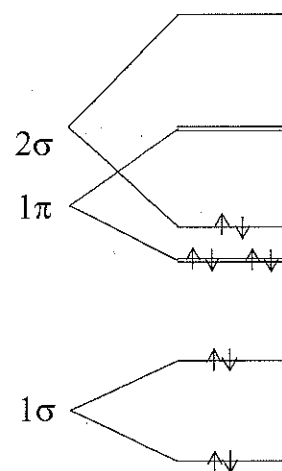


図1

- 1) 酸素分子の軌道エネルギー準位を解答欄に記入しなさい。
- 2) 酸素分子の結合次数を答えなさい。
- 3) 酸素分子が常磁性である理由を30文字以内で答えなさい。
- 4) 酸素分子に2個の電子が加わった O_2^{2-} の結合次数を答えなさい。

総合化学院 総合化学専攻

試験科目	総合基礎化学 (3 / 4)
------	----------------

(注) 全設問に解答すること。解答は設問毎に別の答案用紙に記入すること (答案用紙 4 枚)。

設問 3 次の文章を読み、以下の問 (1) ~ (9) に答えなさい。

家庭用漂白剤として広く使用されている次亜塩素酸ナトリウムは、 $[\text{Cr}(\text{OH})_4]^-$ と塩基性水溶液中で反応し、クロム酸イオンと塩化物イオンを生じる。

- (1) 次亜塩素酸ナトリウムの組成式を答えなさい。
- (2) 次亜塩素酸ナトリウムの塩素の酸化数を答えなさい。
- (3) 室温における次亜塩素酸の酸解離定数が $\text{p}K_a=7.53$ であることを考慮し、次亜塩素酸ナトリウム水溶液は、(A) 酸性、(B) 塩基性、のどちらであるかを記号で答えなさい。
- (4) 次亜塩素酸ナトリウムを用いた漂白剤に、塩酸を含む溶液を混ぜると有毒なガスが発生する。このガスは何か、その化学式を答えなさい。
- (5) 次亜塩素酸ナトリウムは不均化反応により、塩素酸ナトリウムを容易に生じる。この化学反応式を答えなさい。
- (6) 化学式 $[\text{Cr}(\text{OH})_4]^-$ で表されるイオンの名称を答えなさい。
- (7) クロム酸イオンのクロムの酸化数を答えなさい。
- (8) 上記の文章中の下線部の反応において、次亜塩素酸ナトリウムは、(A) 酸化剤、(B) 還元剤、のどちらとして働いているか、記号で答えなさい。
- (9) 上記の文章中の下線部の反応の正味のイオン反応式を答えなさい。

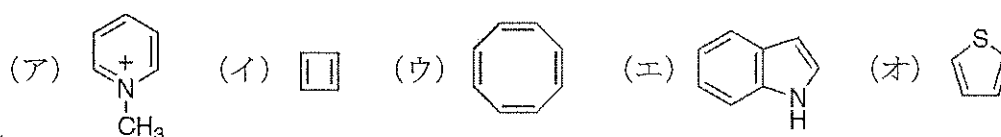
総合化学院 総合化学専攻

試験科目	総合基礎化学 (4 / 4)
------	----------------

(注) 全設問に解答すること。解答は設問毎に別の答案用紙に記入すること (答案用紙4枚)。

設問4 以下の問 (1) ~ (3) に答えなさい。

- (1) 以下に示す化合物 (ア) ~ (オ) は, (A) Hückel則による芳香族性を示す, (B) Hückel則による反芳香族性を示す, (C) 非芳香族性を示す, のいずれであるか, 記号で答えなさい。



- (2) Hammondの仮説に関して述べた以下の文章において, 空欄 (カ) ~ (ケ) に入る適切な語句を答えなさい。ただし, 同じ語句を複数回用いてもよい。

一般的に, 遷移状態を実験的に観測することは容易ではないが, Hammondの仮説によりそれを類推することができる。吸エルゴン反応では, 遷移状態のエネルギー準位は (カ) よりも (キ) の準位に近い。エネルギー的に近いものは, 構造も互いに似ていると考えることができるので, 吸エルゴン反応における遷移状態は, その反応の (ク) に構造的に似ていると推定されるのに対し, 発エルゴン反応の遷移状態の構造は, その反応の (ケ) に似ているといえる。

- (3) 図1は, *n*-ブタンのC2-C3結合の内部回転によるエネルギー変化を示したもので, 横軸は両端のメチル基相互の二面角, 縦軸は系のエネルギーである。(コ) ~ (ス) に相当する立体配座を, C2-C3結合の延長線上から見たNewman投影式で示しなさい。ただし, 回転方向 (右回り, 左回り) は任意でよい。

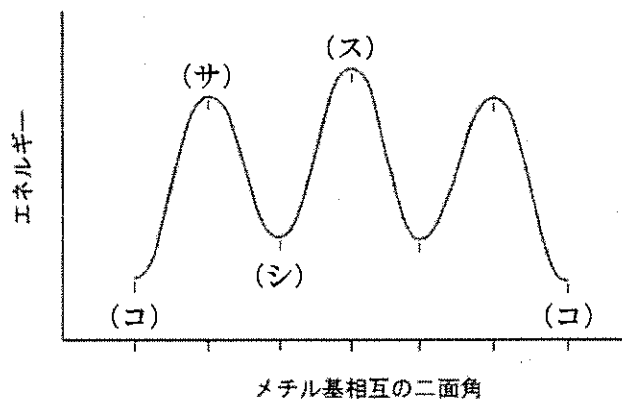


図1