

以下の問1~4の全てに答えなさい。答案用紙は両面を使用してよい。答案用紙は1枚で足りるはずだが、もし不足した場合は追加配布するので挙手して知らせること(2枚とも番号氏名を書き、1枚目の名前の横の「2枚目あり」を○で囲むこと)。回答の順序は問わないが、大問ごとにまとめて書くこと。回答している問題の番号を、誤解が生じないように明示すること。(★の数が多いほど難しい)

答案の返却は、スキャンした画像をメール送信して行います。答案の所定の欄にメールアドレスを記入の上、8/7以降に [shimadat@eng.hokudai.ac.jp](mailto:shimadat@eng.hokudai.ac.jp) まで、「点数を教えてください 番号 名前」を書いたメールをすること。答案の送信メールアドレスで本人であることを確認し、返信する。追試対象の場合はその旨メールに記し、また、講義のweb siteにパスワード(講義と同じ)付番号リストを載せる。8/7ころwebに解答・配点と解説をアップするので、自分で採点チェックすること。採点ミスは8/14朝までにメールで知らせてください。

問1 以下の設問に答えなさい。

(1) ★ 遷移元素はある方位量子数を持つ電子数が増えていく元素の一群である。その方位量子数を表すアルファベット一文字を答えなさい。(ヒント:「 $l$ 」「 $l$ 」ではない)

(2) ★★ 以下の文のa,b,c,dに当てはまる最も適切な語句を選択肢(イロハニ)から選び記号で答えなさい。「17族元素の気体はそれぞれ特徴的な色を示す。吸収波長は、原子番号が大きくなるにつれて(a)なる。これは、原子間距離が大きくなると、電子が入った最も上の(b)軌道と電子が入っていないもっとも下の(c)軌道のエネルギー差が(d)なるためである。」

選択肢 イ 小さく または 短く    ロ 大きく または 長く    ハ 反結合性    ニ 結合性

(3) ★★ 右図は  $O_2$  の電子配置とその分子軌道の元となるO原子の軌道を書いた図である。下記の結合次数を答えなさい。

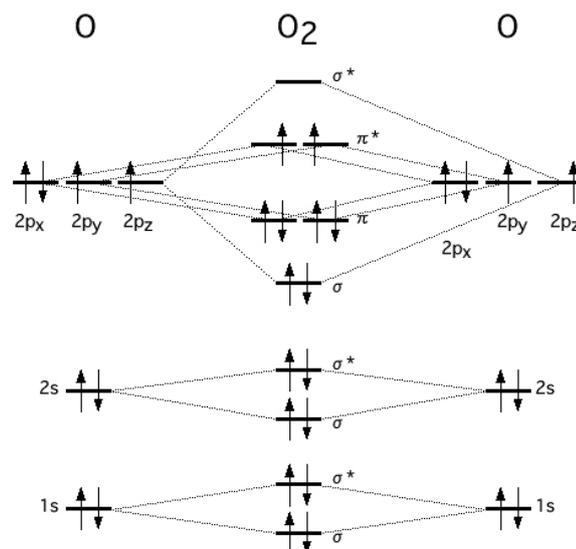
ただし、\*がついている軌道は反結合性軌道であり、ついていないものは結合性軌道である。

(a)  $O_2^-$     (b)  $O_2$     (c)  $O_2^+$

(4) ★ 右図で、 $O_2$  の  $\pi^*$  軌道に電子が1つつ入って矢印が上を向いているのは、ある法則で説明できる。その法則名を答えなさい。

(5) ★★ 右図で、 $\pi^*$  軌道の1つを例にならって図示しなさい。

例



(6) ★ なぜ原子番号は原子量の順になっていないかを30字程度以内で説明しなさい。

問2 以下の設問に答えなさい。

(1) \* 以下の分子またはイオンの電子式（ルイス構造式）を共鳴があるときは共鳴を含めて答えなさい。

(a)  $\text{CO}_3^-$  ( $\text{CO}_3^{2-}$ のつもりが誤植。おわびします。どちらを答えてもよい) (b)  $\text{O}_3$  (c)  $\text{I}_3^-$

(2) \* (1)の各分子またはイオンの形を答えなさい。ここでの「形」とは、構成する原子の原子核の位置が作る形状で、電子対は含めない。「分子やイオンの形状は電子対の反発によって決まっており、共有電子対と非共有(孤立)電子対を比べると非共有電子対の方が反発が強い」(VSEPRモデル)の仮定を用いること。

(3) \*\* C=C 二重結合を光励起すると、二重結合の平面性が失われ、回転できるようになる。この原理は目の光検出を担うレチナルという分子の cis-trans 変化に使われている。どうして回転できるようになるのか考えて、20~50 字程度で説明しなさい。

(4) \*\* 下記の文章が化学的に正しくなるように、(ア) ~ (工) の選択肢を(a)~(d)から選びそれぞれ記号で答えなさい。

「物質はエネルギーが低くなる方に変化する傾向と、乱雑さ(取り得る場合の数)を(ア)((a)増やす・(b)減らす (c)変わらない)方向に変化する傾向がある。乱雑さを表す量を(イ)((a)エンタルピー・(b)エントロピー・(c)ギブスエネルギー・(d)タキオン)と言い、Sと書く。取り得る場合の数Wと1モルあたりのSの関係は、(ウ)((a)アインシュタイン・(b)アボガドロ・(c)ボルツマン・(d)ネルンスト)の関係式(エ)((a) $S=RT\log_e W$  (b)  $S=R\log_e W$  (c)  $W=RT\log_e S$  (d)  $W=R\log_e S$ )である。」

問3 以下の設問に答えなさい。電卓がない場合はその旨書いて、がんばって筆算すること。その場合の計算ミスは考慮する。

(1) \* 電気化学におけるファラデー定数  $F$  が  $96500 \text{ C/mol}$  であることを使って、電子の素電荷  $e$  を有効数字 2 ケタまで計算して単位を付けて答えなさい。計算過程も書くこと。必要な物理定数があれば末尾にある値を用いること。

(2) \* 気体定数が  $8.314 \text{ J/mol/K}$  であることを使って、ボルツマン定数  $k$  を有効数字 2 ケタまで計算して単位を付けて答えなさい。計算過程も書くこと。必要な物理定数があれば末尾にある値を用いること。

(3) \* 以下の標準還元電位の値を使って、Li, Cs, Ca, Cd, Cu, Mg をイオン化傾向が大きい順に並べなさい。反応式中の(aq)は水和状態であることを表す



(4) \*\* 以下の文章が化学的に正しくなるように(ア)~(キ)に入る適切な言葉を選択肢から選び記号((a)~)で答えなさい。

「イオンは透過できるが溶液は混じらない膜で容器を仕切り、その両側に濃度の異なる  $\text{Cu}^{2+}$  溶液中と  $\text{Cu}$  電極を入れたものを  $\text{Cu}^{2+}$  の濃淡電池と呼ぶ。濃度が濃い方の電極は(ア)((a)正極・(b)負極)となる。その電圧  $E$  は、(イ)((a)アインシュタイン・(b)アボガドロ・(c)ボルツマン・(d)ネルンスト)の式

$$E = -\frac{q}{p}f(r)$$

で表される。ただし、膜の両側の  $\text{Cu}^{2+}$  の濃度を  $c_+, c_-$  とし、イオンの価数を  $z$ 、ファラデー定数を  $F$ 、クーロン定数を  $k$ 、気体定数を  $R$  とする。(ヒント：わからなければ、単位を考えると絞れます！)

(ウ)  $p$  の選択肢 (a)  $RT$  (b)  $zR$  (c)  $zF$  (d)  $FT$

(エ)  $q$  の選択肢 (a)  $RT$  (b)  $zR$  (c)  $zF$  (d)  $FT$

(オ)  $r$  の選択肢 (a)  $c_+ - c_-$  (c)  $c_- - c_+$  (c)  $c_+ / c_-$  (d)  $c_+ c_-$

(カ) 関数  $f(x)$  の選択肢 (a)  $e^x$  (b)  $x^2$  (c)  $\log_e(x)$  (d)  $\log_{10}(x)$

この式からわかるように、濃淡電池の起電力は (キ) (a) 濃度差 (b) 濃度比 (c) 濃度積) の関数である。

(5) \*\* 人間の神経を伝わる信号は、0.1V 程度の電圧のパルスである。この電圧が細胞膜内外に形成される  $\text{Na}^+$  の濃度差による濃淡電池で作られていると考えたとき、濃度の関係を求めなさい。

ただし、 $\log_e 10 = 2.3$ 、 $\log_{10} 2 = 0.30$ 、 $\log_{10} 3 = 0.48$ 、 $\log_{10} 7 = 0.85$  とする。

(6) \*\* 冷房に使うエアコンの消費電力は、理想的な場合には外気と室内の温度のどのような関数になるかを簡潔に答えなさい。

問4 高校で習った平衡反応  $2\text{NO}_2 \rightleftharpoons \text{N}_2\text{O}_4$  について、以下の設問に答えなさい。

指定がない場合は有効数字 2 ケタで解答しなさい。電卓を持っていない場合は、その旨を書いたうえで計算式を書き、できるところまで計算すること。採点時に考慮する。

(1) \* (a)  $\text{NO}_2$  分子、(b)  $\text{N}_2\text{O}_4$  分子について、どのような形状 (直線形、折れ線型、平面上にすべての原子がある、2つの O-N-O 平面が  $90^\circ$  をなすなど) について、理由をつけて答えなさい。(ヒント：点電子構造式と VSEPR モデルで考えればよい)

(2)  $\text{NO}_2^-$ 、 $\text{NO}_2$ 、 $\text{NO}_2^+$  の O-N-O のなす角を測定すると、 $\text{NO}_2^-$  で  $115^\circ$ 、 $\text{NO}_2$  で  $138^\circ$ 、 $\text{NO}_2^+$  で  $180^\circ$  であった。その理由を説明しなさい。

(3) \* (a)  $\text{NO}_2$  分子、(b)  $\text{N}_2\text{O}_4$  分子で、より強く磁石にひきつけられるのはどちらか。記号 (a または b) で答えなさい。

(4) \* 反応  $2\text{NO}_2 \rightarrow \text{N}_2\text{O}_4$  の 300K、1atm におけるエンタルピー変化  $\Delta H^\circ = -59\text{kJ/mol}$  (→向きが発熱反応)、ギブス自由エネルギー変化  $\Delta G^\circ = -5\text{kJ/mol}$  である。反応  $2\text{NO}_2 \rightarrow \text{N}_2\text{O}_4$  の 300K、1atm におけるエントロピー変化  $\Delta S^\circ$  を求めなさい。「°」は、温度と圧力を指定しているという意味でつけている。

(5) \*  $\Delta G = \Delta G^\circ + RT \log K$  が成り立つ。ここで  $K = \frac{\text{N}_2\text{O}_4 \text{ の分圧}}{(\text{NO}_2 \text{ の分圧})^2}$  である。R は気体定数、T は絶対温度、 $\Delta G$  はギブス自由エネルギーである。平衡状態における K を  $K_p$  と書き、平衡定数と呼ぶ。 $\Delta S$ 、

$\Delta H$ が温度・圧力に依存しないと仮定したとき、 $K_p$ は温度が同じならば一定となることを説明しなさい。

(6) ★ 300K、1atmにおける $K_p$ を求めなさい。(注：ここでの $K_p$ の単位は $\text{atm}^{-1}$ とする。logの中に圧力の単位が入って気持ちが悪いが、 $\Delta G^\circ$ にも同様の項( $\Delta S$ が $\log(\text{圧力})$ に比例する)があるので打ち消しあう)。

(7) ★★★ 高校化学の教科書には、ガラスに $\text{NO}_2\text{-N}_2\text{O}_4$ を封じ込めて氷冷とお湯での加熱でルシャトリエの法則を調べる実験が載っている。 $\Delta S$ 、 $\Delta H$ が温度・圧力に依存しないと仮定して、200K、1atmで純粋な $\text{N}_2\text{O}_4$ を作って封入したガラス管を (b)400Kにしたときの分子数比 $\text{NO}_2/\text{N}_2\text{O}_4$ を求めなさい。過程も書くこと。電卓を持っていないければ「これを計算すればできる」という式を書けばよい。(電卓を持っていない人へ： $e^x=10^{x/2.303}$ と問3(5)の $\log_{10}$ の値を使えば概算できる→こういう計算が頭の中でできると技術系の就活で有利です)。

(参考1) 周期律表(抜粋)。数値は電気陰性度。

(注意) ランタノイドの場所にはLuのみ書いてある。

H 2.1																	He
Li 1.0	Be 1.5											B 2.0	C 2.5	N 3.0	O 3.5	F 4.0	Ne
Na 0.9	Mg 1.2											Al 1.5	Si 1.8	P 2.1	S 2.5	Cl 3.0	Ar
K 0.8	Ca 1.0	Sc 1.3	Ti 1.5	V 1.6	Cr 1.6	Mn 1.5	Fe 1.8	Co 1.9	Ni 1.9	Cu 1.9	Zn 1.6	Ga 1.6	Ge 1.8	As 2.0	Se 2.4	Br 2.8	Kr
Rb 0.8	Sr 1.0	Y 1.2	Zr 1.4	Nb 1.6	Mo 1.8	Tc 1.9	Ru 2.2	Rh 2.2	Pd 2.2	Ag 1.9	Cd 1.7	In 1.7	Sn 1.8	Sb 1.9	Te 2.1	I 2.5	Xe
Cs 0.7	Ba 0.9	Lu 1.1	Hf 1.3	Ta 1.5	W 1.7	Re 1.9	Os 2.2	Ir 2.2	Pt 2.2	Au 2.4	Hg 1.9	Tl 1.8	Pb 1.9	Bi 1.9	Po 2.0	At 2.1	Rn

(参考2) 物理定数

光速  $3.00 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}$ , プランク定数  $6.626 \times 10^{-34} \text{ Js}$ ,  $^{12}\text{C}$ の原子量  $12 \text{ g mol}^{-1}$ ,

地球の重力加速度  $9.80 \text{ m s}^{-2}$ , 真空の誘電率  $8.854 \times 10^{-12} \text{ Fm}^{-1}$ , 気体定数  $8.314 \text{ J mol}^{-1}\text{K}^{-1}$

アボガドロ数  $6.02 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$

化学Ⅰ 2017年夏 期末試験 (担当：島田) 回答用紙  
む)

2 枚目あり (←該当の場合○で囲

番号

名前

点数通知用メールアドレス

(shimadat@eng.hokudai.ac.jp へ、名前・番号を書いたメールをください。上のメールアドレスは、そこに点数を返信する際に、本人確認のために使います)。

解答は、順不同でよいが、できるだけ大問ごとにまとめて解答し、問題番号がはっきりわかるように書くこと。