

化学（90分）

〔注意事項〕

1. 監督者の指示があるまで、この問題用紙と解答用紙を開いてはいけません。
2. 問題は、表紙を除いて、4ページからなっています。また、解答用紙は3枚、下書用紙（または計算用紙）は1枚あります。監督者から解答開始の合図があったら、問題用紙、解答用紙、下書用紙（または計算用紙）を確認し、落丁・乱丁および印刷の不鮮明な箇所などがあれば、手をあげて監督者に知らせなさい。
3. 解答用紙には、受験番号を記入する欄がそれぞれ2箇所ずつあります。監督者の指示に従って、すべての解答用紙（合計3枚）の受験番号欄（合計6箇所）に受験番号を必ず記入しなさい。
4. この問題用紙の白紙と余白は、適宜下書きに使用してよろしい。
5. 解答は、必ず解答用紙の指定された場所（問題番号や設問の番号・記号などが対応する解答欄の中）に記入しなさい。指定された場所以外への解答は、採点対象外です。
6. 解答用紙は持ち帰ってはいけません。
7. この問題用紙と下書用紙（または計算用紙）は、持ち帰りなさい。

問題訂正

1. 科目等名 化学

2. 訂正箇所及び訂正内容

Ⅲ

問 1 (b) 6～7行目

(誤) スピン量子数

(正) スピン磁気量子数

I 塩化ナトリウムに関する次の文を読んで、問1～問4に答えよ。なお、初期状態を25°C、1 barとして、外の系との間に熱の出入りはないものとする。

塩化ナトリウム（式量 58.4）は、①ナトリウムイオンと塩化物イオンが（ア）力によって互いに引きつけあって（イ）結合を形成し、それぞれが規則正しく配列した結晶である。

②塩化ナトリウム型構造の結晶格子は、単位格子中にそれぞれのイオンを（ウ）個ずつ含む。ただし、単位格子は格子点に同じ種類のイオンを置いた格子をとるものとする。

塩化ナトリウムが水に溶けるときの溶解エンタルピーは、次の2つの過程を考慮することによって求めることができる。最初の過程は、結晶の結合をすべて切り離し、相互作用がはたらかない気相のイオンにする過程であり、それに伴うエンタルピー変化を（エ）という。塩化ナトリウムが結晶構造を崩し（オ）して2種のイオンに分かれる場合、（エ）の値を、ここでは 788 kJ mol^{-1} とする。次の過程は、それらのイオンがその周りを水分子で直ちに囲まれて安定化する過程である。この過程に伴うエンタルピー変化を、そのイオンの（カ）という。ナトリウムイオンおよび塩化物イオンに対する（カ）をここではそれぞれ -406 kJ mol^{-1} および -378 kJ mol^{-1} とする。

問1 文中の（ア）～（カ）にあてはまる適切な語句と数字を答えよ。

問2 下線部①に示された (a) ナトリウムイオンと (b) 塩化物イオンの電子配置について、次の例を参考にして記せ。

(例) 炭素原子 $(1s)^2(2s)^2(2p)^2$

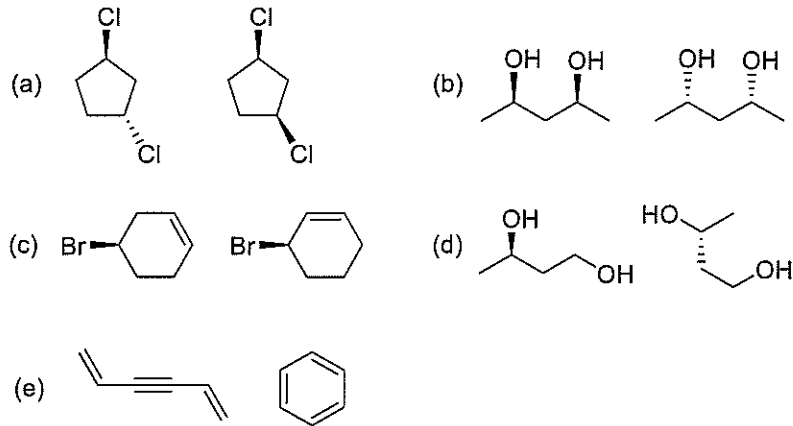
問3 下線部②に示された特徴を基に、アボガドロ定数を $6.02 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$ とし、ナトリウムイオンと塩化物イオンとの間隔を 0.282 nm とするとき、塩化ナトリウムの密度を求めよ。

問4 (a) 本文中に記された値を用いて、 58.4 g の塩化ナトリウムの水への溶解エンタルピーを求めよ。

(b) 塩化ナトリウムが水に自発的に溶ける理由を (a) をふまえて述べよ。

II 次の問1～問4に答えよ。

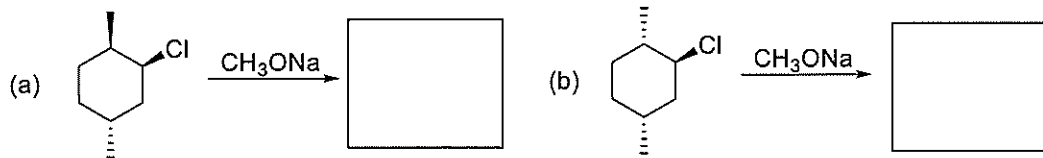
問1 以下の (a) ～ (e) に示す化合物の組み合わせにおいて、化合物間の関係として最も適切なものを (1) ～ (5) の中から選べ。同じ選択肢を何度選んでもよい。



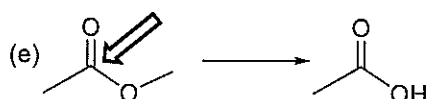
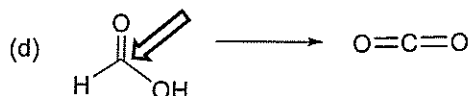
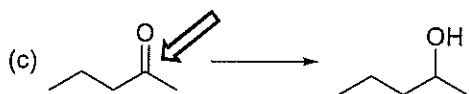
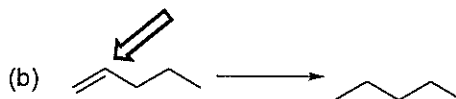
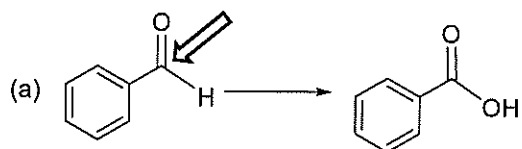
【化合物間の関係】

- (1) 同じ化合物 (2) 構造異性体 (3) エナンチオマー
 (4) ジアステレオマー (5) 異性体の関係にない

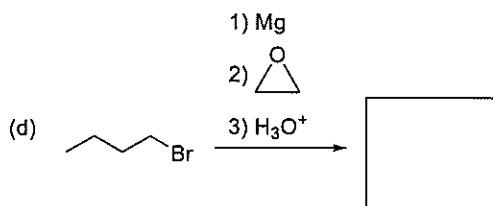
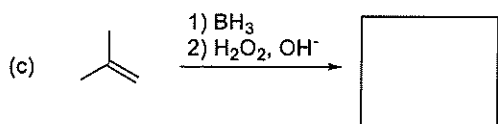
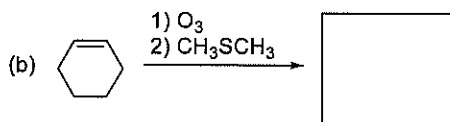
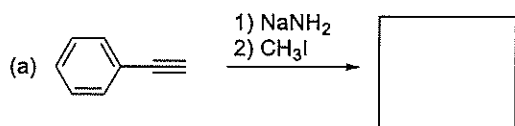
問2 以下の (a), (b) の反応について、ハロゲン化アルキルから E2 脱離反応が起こった場合の主生成物を書け。



問3 以下の (a) ~ (e) の反応において、白抜き矢印を付した炭素原子は「酸化された」・「還元された」・「酸化も還元もされていない」のいずれの変化をしたかを解答欄の選択肢に丸を付けよ。



問4 以下の (a) ~ (d) の反応の主生成物を書け。生成物の立体構造は考慮しなくてよい。



III

次の問1～問3に答えよ。ただし、気体はすべて理想気体とし、酸素の原子量は 16.0、気体定数は $8.31 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$ とする。また、必要であれば次の数値を用いよ。
 $\ln 2 = 0.693, \ln 3 = 1.10, \ln 5 = 1.61, \ln 7 = 1.95$ ($\ln x$ は e を底とする自然対数を表す)。

問1 以下の問 (a) ～ (c) に答えよ。

- (a) 多電子原子のエネルギー準位への複数の電子の配置を考える。s 軌道以外の、エネルギーの等しい軌道が複数ある場合、1 個ずつ別々の軌道に、かつ、スピンの平行になるように電子を配置する。この規則の名称を記せ。
- (b) O 原子の 2s 軌道から生じる O₂ の分子軌道のエネルギー準位と電子配置を図 1 に示す。O 原子の 2p 軌道から生じる O₂ の分子軌道のエネルギー準位を解答欄の図に書き加え、O₂ の基底電子配置を示せ。ただし、図 1 中の 2s 軌道から生じる分子軌道への電子配置の表示にならって、すべての分子軌道について、 $\sigma, \sigma^*, \pi, \pi^*$ の種別を書き、電子のスピン量子数の違いは \uparrow と \downarrow で表せ。
- (c) O₂ が常磁性を示すことを、(b) の基底電子配置に基づいて説明せよ。

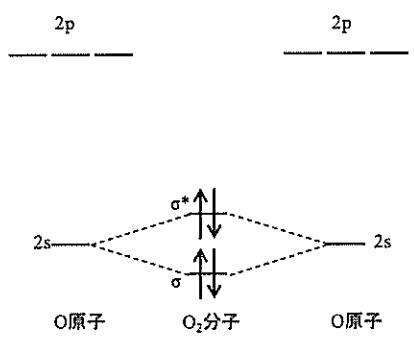


図 1 O 原子軌道、O₂ の分子軌道と電子配置。

問2 200 K における酸素分子の速さ u の分布を図 2 に示す。以下の問 (a) ～ (c) に答えよ。

- (a) 気体分子の速さの分布則の名称は、2 人の著名な科学者の名前に由来している。この分布則の名称を書け。
- (b) 気体分子運動論に基づいて u と絶対温度 T との間に成り立つ関係を述べた上で、200 K から 800 K に温度を上昇させたときに、酸素分子の平均の速さは何倍になるか、計算過程と答えを記せ。
- (c) 200 K から 800 K に温度を上昇させたときの 800 K での酸素分子の速さの分布を、その特徴がわかるように 200 K のグラフを参考にして解答用紙のグラフに書き加えよ。

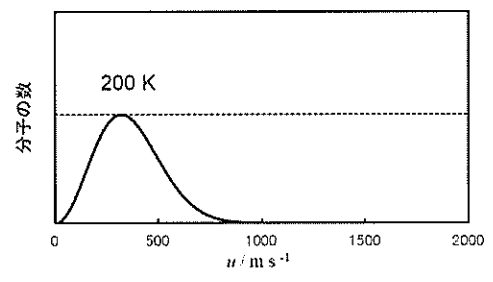


図 2 200 K の酸素分子の u の分布。

問3 以下の問 (a), (b) に答えよ。また、計算過程を簡潔に説明せよ。

- (a) ある物質の分解反応において、この物質が 10% 分解するのに 300 秒を要した。この反応の反応次数が 1 次であった場合、この物質を 70% 分解するのに要する時間は何秒か求めよ。
- (b) ある 2 次反応の反応速度定数が、300 K において $3.00 \times 10^{-3} \text{ L mol}^{-1} \text{ s}^{-1}$ 、320 K において $1.50 \times 10^{-2} \text{ L mol}^{-1} \text{ s}^{-1}$ であった。アレニウスの式を用いて、この反応の活性化エネルギーが何 kJ mol^{-1} かを求めよ。なお、 $\text{L} = \text{dm}^3$ である。

(以上)