

# 平成31年度専攻科入学者選抜（学力選抜）検査問題

## 物質工学専攻

# 専 門 科 目

### (注意)

- 1 問題用紙は、指示があるまで開かないこと。
- 2 下記の4科目から3科目を選択して解答すること。  
無機化学  
有機化学  
生物化学  
物理化学
- 3 解答は、すべて解答用紙に記入すること。
- 4 こちらで貸与する電卓に限り使用できる。

## 無機化学 (問題用紙)

(1/3 ページ)

[1] 基底状態の等核二原子分子  $B_2$ 、 $C_2$ 、 $N_2$ 、 $O_2$ 、 $F_2$  について、以下の問いに答えよ。

- (1) 常磁性を示すものを全て選べ。
- (2) 結合次数が 3 のものを全て選べ。
- (3) 結合次数が 1 のものを全て選べ。

[2] 次の原子軌道および電子配置に関する以下の問いに答えよ。

- (1) 気体状遊離原子の  ${}_{24}Cr$  の電子配置 (例えば  ${}_1H$  であれば  $1s^1$ ) を示せ。
- (2) 基底状態のイオンの  $Cu^{2+}$  の電子配置 (例えば  ${}_1H$  であれば  $1s^1$ ) を示せ。
- (3) 基底状態のイオンの  $O^{2-}$  の電子配置 (例えば  ${}_1H$  であれば  $1s^1$ ) を示せ。
- (4) 主量子数  $n=3$ 、方位量子数  $l=1$  の軌道には、最大何個の電子が入るか示せ。
- (5)  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2$  の電子配置を持つ元素は何か元素記号を示せ。

## 無機化学 (問題用紙)

(2/3 ページ)

[3] 結晶構造等に関する以下の問いに答えよ。

- (1) 1 種類の球を用いた体心立方構造の単位格子には、正味何個の球が含まれるか示せ。
- (2) 1 種類の球を用いた体心立方構造の各球の最近接球の数 (配位数) はいくつか示せ。
- (3) 1 種類の球を用いた体心立方構造の空間充填率[%]を有効数字 2 桁で求めよ。
- (4) 鉄 Fe (原子量  $M = 55.85$ ) の結晶は、常温で体心立方構造であり、その密度は  $\rho = 7.874 \text{ [g/cm}^3\text{]}$  である。鉄 Fe の単位格子の一辺の長さ (格子定数) は何 [cm]か、有効数字 3 桁で求めよ。但し、アボガドロ定数を  $6.02 \times 10^{23} \text{ [mol}^{-1}\text{]}$  とする。

[4] 以下は半導体についての説明文である。〔1〕から〔15〕に入る最も適切な語を下記の語群から選んで答えよ。但し、同じ語句を繰り返し使っても良い。

ゲルマニウムや〔1〕などの単体やヒ化ガリウム、〔2〕などの化合物は半導体としての性質を示す。これらの電気伝導率は金属よりも〔3〕く、しかも金属とは逆に温度の上昇とともに電気伝導率は〔4〕くなる。これらの物質では、有効核電荷が大きく原子価軌道が集中して重なり大きい〔5〕結合をつくっているため、〔6〕帯 (結合性軌道) と〔7〕帯 (反結合性軌道) が分離し〔8〕を生じている。〔1〕などの半導体では、〔8〕は比較的小さいので、室温付近まで温度を上げると〔6〕帯の〔9〕の一部が〔7〕帯に励起され、この励起によって〔6〕帯に〔10〕が生じ、〔9〕と〔10〕の両方が電荷のキャリアとなる。〔1〕のように純物質がそのまま半導体になるものを〔11〕半導体という。この〔1〕に不純物として、インジウムをドーピングすると、〔12〕型半導体となり、〔6〕帯の上端のすぐ上に空の〔13〕準位をつくり、〔6〕帯から励起される〔9〕を受け入れられるようになる。一方、不純物としてリンをドーピングすると〔14〕型半導体となり、〔7〕帯の下端のすぐ下に〔15〕準位ができる。

語群: [ホウ素、ケイ素、ヒ素、塩化ナトリウム、硫化カドミウム、低、高、イオン、共有、金属、半金属、水素、電子、正孔、格子エネルギー、バンドギャップ、価電子、フェルミエネルギー、波数、伝導、ドナー、アクセプター、活性、不活性、ソーラー、Q、p、n、真性、単結晶、多結晶、アモルファス]

## 無機化学（問題用紙）

(3/3 ページ)

[5] 原子価殻電子対反発 (VSEPR) 理論に基づいて、以下の化合物の立体構造を図示せよ。但し、奥行きを考慮して示し、非共有電子対があればそれも示せ。

(1)  $\text{H}_2\text{O}$

(2)  $\text{PCl}_5$

[6] 錯体に関する以下の問いに答えよ。

(1) 平面四角形型の  $[\text{PtCl}_2(\text{NH}_3)_2]$  について、 $\text{NH}_3$  を X として幾何異性体を全て図示せよ。

(2) 錯イオン  $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]^+$  に含まれる中心金属原子の酸化数を (ア) の解答欄に、配位数を (イ) の解答欄に示せ。また、含まれる配位子は何座の配位子か、単座→1、二座→2 のように対応する数字を (ウ) の解答欄に示せ。

(3) IUPAC 命名法にしたがって、次の錯体に日本語名の名称を与えよ。

(ア)  $\text{Li}[\text{AlH}_4]$

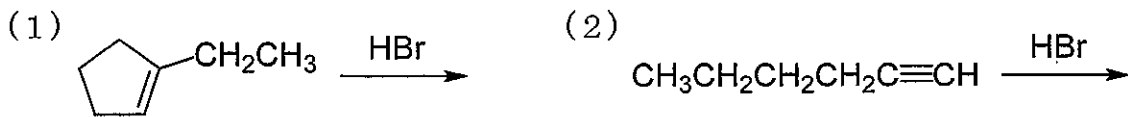
(イ)  $[\text{CoBrCl}(\text{NH}_3)_4]\text{NO}_3$

(ウ)  $\text{Na}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$

# 有機化学 (問題用紙)

(1/2ページ)

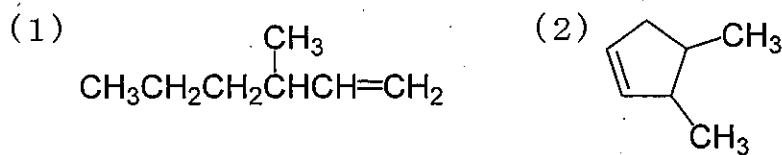
[1] 次の化合物と 1 当量の臭化水素 (HBr) との反応で得られる主生成物の構造を答えよ。



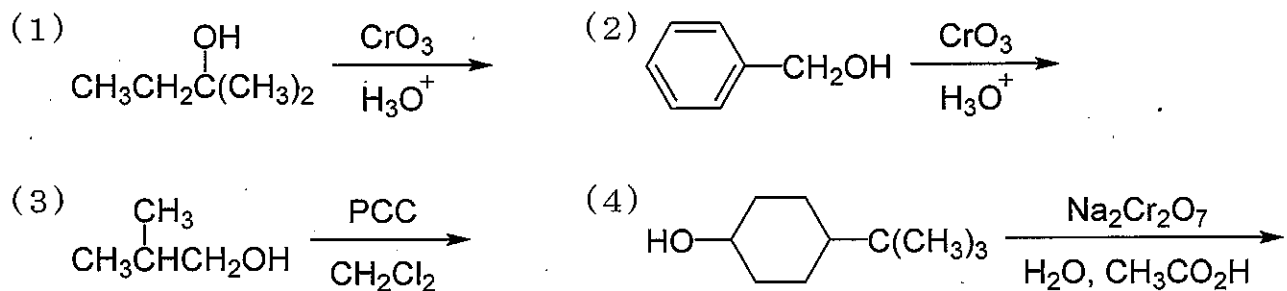
[2] 次の化合物のキラリティーについて判定し、「キララル」または「アキララル」と記せ。

- (1) 2,4-ジメチルヘプタン
- (2) 5-エチル-3,3-ジメチルヘプタン
- (3) 2-メチルシクロヘキサノン
- (4) *cis*-1,3-ジメチルシクロヘキサン
- (5) 1,3-ジメチルアレン

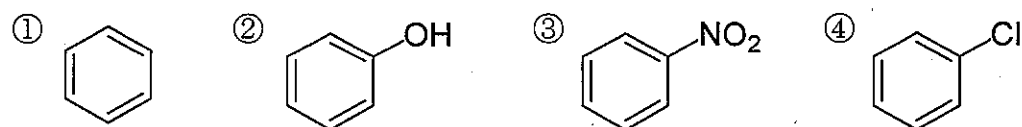
[3] 次のアルケンはどんな臭化アルキルから生成するか。構造を示せ。



[4] 次の反応で得られる生成物の構造を答えよ。反応しない場合は「反応せず」と記せ。



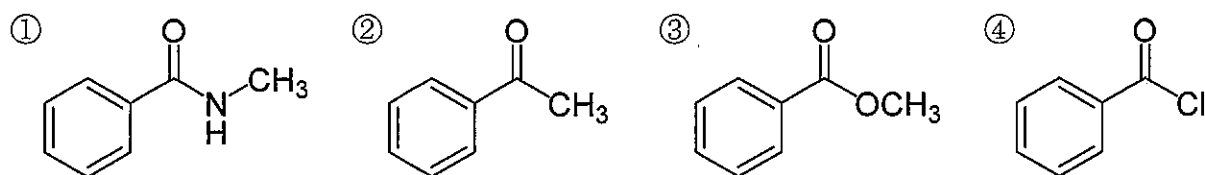
[5] ニトロ化に対する反応性が高い順に次の化合物①～④を並べよ(解答は番号で記入)。



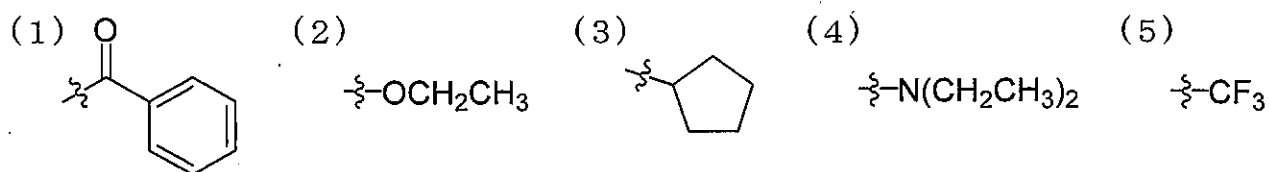
## 有機化学 (問題用紙)

(2/2ページ)

[6] 求核剤に対する反応性が高い順に次の化合物①～④を並べよ (解答は番号で記入)。



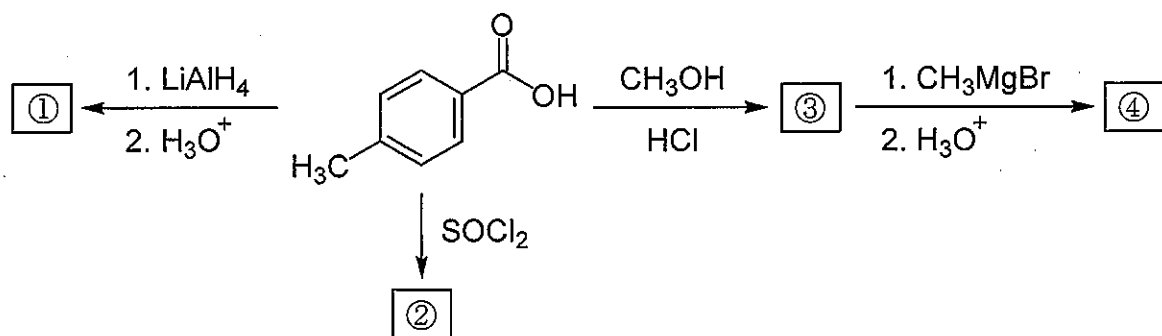
[7] 置換ベンゼンの反応性について、次の官能基をオルト-パラ (*o, p*) 配向基またはメタ (*m*) 配向基に分類し、「*o, p*」または「*m*」と記せ。



[8] 次の試薬と臭化メチルマグネシウム ( $\text{CH}_3\text{MgBr}$ ) との Grignard 反応で得られる最終生成物の構造を示せ。

(1) ホルムアルデヒド ( $\text{CH}_2\text{O}$ ) (2) ベンゾフェノン ( $\text{C}_6\text{H}_5\text{COC}_6\text{H}_5$ )

[9] *p*-メチル安息香酸と次の各試薬との反応について、主生成物の構造①～④を答えよ。



[10] 分子式  $\text{C}_4\text{H}_{11}\text{N}$  をもつアミンについて答えよ。

- (1) アミンの異性体は全部でいくつあるか (光学異性体は考慮しない)。
- (2) 第二級アミンの異性体はいくつあるか。

## 生物化学 (問題用紙)

(1/2ページ)

[1] 糖質に関する以下の問題に答えよ。

- (1) フィッシャー投影式で、D-グルコースの構造を記せ。
- (2) ハワース投影式で、 $\alpha$ -D-グルコピラノースの構造を記せ。
- (3) D-グルコースを酸化して得られる物質 2 種類 (①②) の構造と物質名を記せ。
- (4) D-グルコースを還元して得られる物質③の構造と物質名を記せ。
- (5) ハワース投影式で、 $\beta$ -ラクトースの構造を記せ。
- (6) デンプンの構造について説明せよ。
- (7) 配糖体とはどのような物質か説明せよ。
- (8) 上記 (3) と (4) 中の①から③の中で $\alpha$ -、 $\beta$ -型の異性体を有するものはどれか。

[2] タンパク質に関する以下の問題に答えよ。

- (1) フィッシャー投影式で、L-グリシンの構造を記せ。
- (2) グリシルグリシン (ジペプチド) の構造を記せ。
- (3) タンパク質を構成するペプチド鎖の 3 次構造を安定化している、化学結合名を 4 種記せ。

[3] 脂質に関する以下の問題に答えよ。

- (1) 脂肪酸は、 $C_{16}:0$  のように表すことができる。以下の各脂肪酸の名称を記せ。
  - ①  $C_{16}:0$
  - ②  $C_{18}:0$
  - ③  $C_{18}:1$
  - ④  $C_{18}:2$
  - ⑤  $C_{18}:3$

## 生物化学（問題用紙）

(2/2ページ)

- [4] 解糖系に関する以下の問題に答えよ。(NADH=2.5ATP、FADH<sub>2</sub>=1.5ATP とする)
- (1) 解糖系には不可逆な反応が 3 カ所存在する。その反応を触媒する酵素名を記せ。
  - (2) 解糖系でグルコース 1mol から生産される ATP は、何 mol になるか、計算過程を記して答えなさい。
- [5] クエン酸回路 (TCA 回路) に関する以下の問題に答えよ。
- (1) クエン酸回路中で NADH+H<sup>+</sup> が生成する反応 3 カ所を触媒する酵素名を記せ。
  - (2) クエン酸回路中で FADH<sub>2</sub> が生成する反応 1 カ所を触媒する酵素名を記せ。
  - (3) クエン酸回路中で GTP が生成する反応 1 カ所を触媒する酵素名を記せ。
  - (4) 解糖系とクエン酸回路で生産された NADH+H<sup>+</sup> と FADH<sub>2</sub> は、何という代謝によって ATP に変換されるか記せ。
- [6] 脂肪の代謝に関する以下の問題に答えなさい。(NADH=2.5ATP、FADH<sub>2</sub>=1.5ATP とする)
- (1) 細胞内に入った脂肪酸は、ミトコンドリア内に入る必要があるが、直接入ることができないためどのような仕組みで入るか説明せよ。
  - (2) 細胞内に入った脂肪酸は、β酸化によってアセチル CoA に分解され、そのアセチル CoA は、TCA 回路で代謝される。炭素数 16 の飽和脂肪酸 C<sub>16</sub>:0、1mol が代謝されると何 mol の ATP が得られるか計算過程を記して答えなさい。
- [7] 核酸の構造に関する以下の問題に答えなさい。
- (1) 核酸 (DNA, RNA) の基本単位ヌクレオチドは塩基を含み、塩基はプリン塩基とピリミジン塩基に分類される。プリン塩基とピリミジン塩基を記せ。
  - (2) 塩基は A-T、C-G の相補的塩基対を作る。この結合のうち強い結合はどちらか。
  - (3) ヌクレオチドとヌクレオチドは、何と呼ばれる結合で結合するか。
  - (4) 真核生物では、転写後 mRNA のプロセッシングが行われる。プロセッシングを具体的に説明せよ。



## 物理化学（問題用紙）

(1/2ページ)

以下、数値で答える問題において、特に問題文において指定がなければ、すべて有効数字 3 桁で答えよ。また、気体定数  $R$  は  $R = 8.31 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$  として計算せよ。

[1] 四酸化二窒素( $\text{N}_2\text{O}_4(\text{g})$ )の二酸化窒素( $\text{NO}_2(\text{g})$ )への解離反応( $\text{N}_2\text{O}_4(\text{g}) \rightarrow 2\text{NO}_2(\text{g})$ ) (ただし、g は気体状態を表す) について、以下の問いに答えよ。

(1) 300 K での四酸化二窒素( $\text{N}_2\text{O}_4(\text{g})$ )および二酸化窒素( $\text{NO}_2(\text{g})$ )の標準生成エンタルピーがそれぞれ  $\Delta H_f^\circ = 9.20 \text{ (kJ mol}^{-1}\text{)}$ 、 $\Delta H_f^\circ = 33.2 \text{ (kJ mol}^{-1}\text{)}$ 、300 K での四酸化二窒素( $\text{N}_2\text{O}_4(\text{g})$ )および二酸化窒素( $\text{NO}_2(\text{g})$ )の標準エントロピーは  $S = 304 \text{ (J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}\text{)}$ 、 $S = 240 \text{ (J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}\text{)}$  であるとして、この解離反応の標準自由エネルギー変化  $\Delta G^\circ \text{ (kJ)}$  を求めよ。

(2) 300 K において四酸化二窒素( $\text{N}_2\text{O}_4(\text{g})$ )が二酸化窒素( $\text{NO}_2(\text{g})$ )に解離する反応 ( $\text{N}_2\text{O}_4(\text{g}) \rightarrow 2\text{NO}_2(\text{g})$ ) の圧平衡定数  $K_p \text{ (Pa)}$  は  $1.71 \times 10^4 \text{ Pa}$  であった。500 K でのこの反応の圧平衡定数  $K_p \text{ (Pa)}$  を求めよ。ただし、 $\Delta G = -R \times T \ln K$  であるとする。

[2] 次の物理変化におけるエントロピー変化  $\Delta S \text{ (J K}^{-1}\text{)}$  を求めよ。

(1) 300 K、 $10^5 \text{ Pa}$  の理想気体 0.80 mol を圧力が  $10^4 \text{ (Pa)}$  になるまで定温可逆的に膨張させた。

(2) 373 K、 $10^5 \text{ Pa}$  で  $\text{H}_2\text{O}(\text{l})$  が 1 mol 沸騰して、水蒸気  $\text{H}_2\text{O}(\text{g})$  になった。ただし、 $\text{H}_2\text{O}(\text{l})$  の標準蒸発エンタルピーは  $40.7 \text{ kJ mol}^{-1}$  であるとする。ただし、g、l はそれぞれ、気体状態、液体状態を表す。

[3] 以下は、水溶液に関する問題である。次の問いに答えよ。

(1) 水 100 g にグルコース  $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$  (分子量 180) を 12.0 g 溶かした時の沸点を小数第二位まで求めよ。ただし、水のモル沸点上昇定数は  $0.51 \text{ K kg mol}^{-1}$ 、水の沸点を  $373.15 \text{ K}$  とする。

(2) 塩化銀( $\text{AgCl}$ )の  $25^\circ\text{C}$  における溶解度積は  $1.80 \times 10^{-10} \text{ mol}^2 \text{ dm}^{-6}$  である。溶解度 ( $\text{mol dm}^{-3}$ ) を求めよ。

## 物理化学（問題用紙）

(2/2ページ)

[4] 反応速度に関する以下の問いに答えよ。

(1) 活性化エネルギーが  $50.0 \text{ kJ mol}^{-1}$  の反応の反応温度が  $300 \text{ K}$  から  $400 \text{ K}$  になったとき、 $400 \text{ K}$  における速度定数  $k$  は  $300 \text{ K}$  における速度定数  $k$  の何倍になるか。ただし、速度定数はアレニウスの式に従うとして計算せよ。

(2)  $300 \text{ K}$  において、ある 1 次反応の半減期が  $900 \text{ s}$  であった。この反応の速度定数  $k(\text{s}^{-1})$  を求めよ。

[5] 結合性軌道、反結合性軌道に関する以下の問いに答えよ。ただし、Li の原子番号は 3 である。

(1)  $\text{Li}_2$  と  $\text{Li}_2^+$  の結合次数はそれぞれ、いくらか？

(2)  $\text{Li}_2$  と  $\text{Li}_2^+$  のどちらの方の結合が強いか答えよ。