

令和3年度入学者選抜試験問題
山形大学大学院有機材料システム研究科博士前期課程
(令和2年8月実施)

【有機材料システム専攻】

基礎科目

(数学, 有機化学, 物理化学)

注意事項

1. 試験開始の合図があるまで、この問題冊子の中を見てはいけません。
2. この問題冊子の本文は1ページから14ページまであります。
3. 「数学」「有機化学」「物理化学」の3科目から**2科目を選択**して解答してください。それぞれの科目には、大問〔1〕〔2〕があります。
4. 解答用紙は6枚あります。それぞれの解答用紙には科目名と問題番号が指定してありますので、その問題以外の解答は記入しないでください。裏面を使用しても構いません。試験終了時、選択していない科目の解答用紙も回収します。
5. 監督者の指示にしたがって、**全ての**解答用紙に受験番号を正しく記入してください。受験番号が正しく記入されていない場合は、採点されないことがあります。
6. 計算によって答えを求めるときは、その過程も示してください。
7. 試験中に問題冊子の印刷不鮮明・落丁・乱丁、解答用紙の汚れなどに気が付いた場合は、手を挙げて監督者に知らせてください。
8. 試験終了後、問題冊子と草案用紙は持ち帰ってください。



数 学

数学〔1〕

1. 以下の問いに答えなさい。ただし、 π は円周率である。

- (1) $\int_{-\pi}^{\pi} \sin x \cos x \, dx$ を求めなさい。
- (2) $\int_{-\pi}^{\pi} \cos x \cos nx \, dx \neq 0$ となる 0 以上の整数 n をすべて求めなさい。
- (3) $\int_{-\pi}^{\pi} \cos^2 x \cos nx \, dx \neq 0$ となる 0 以上の整数 n をすべて求めなさい。

2. 2変数関数 $f(x, y) = xye^{-x^2-y^2}$ に対し、領域

$$D = \{(x, y) : x \geq 0, y \geq 0, y \leq x\}$$

上の重積分を

$$I = \iint_D f(x, y) \, dx \, dy$$

とおく。以下の問いに答えなさい。ただし、 e は自然対数の底である。

- (1) 領域 D を図示しなさい。
- (2) $\frac{\partial e^{-x^2-y^2}}{\partial y}$ を求めなさい。
- (3) 重積分 I の値を求めなさい。

数学 [2]

2変数関数 $f(x, y) = ax^2 + bxy + cy^2$ に対し,

$$g(x, y) = (x+y) \frac{\partial f(x, y)}{\partial x} + x \frac{\partial f(x, y)}{\partial y}$$

とおく。以下の問いに答えなさい。ただし, a, b, c は実数である。

- (1) $g(x, y)$ を求めなさい。
- (2) $a = 1, b = -1, c = -1$ のとき, $g(x, y)$ を求めなさい。
- (3) 3×3 行列 A に対し,

$$g(x, y) = \begin{pmatrix} x^2 & xy & y^2 \end{pmatrix} A \begin{pmatrix} a \\ b \\ c \end{pmatrix}$$

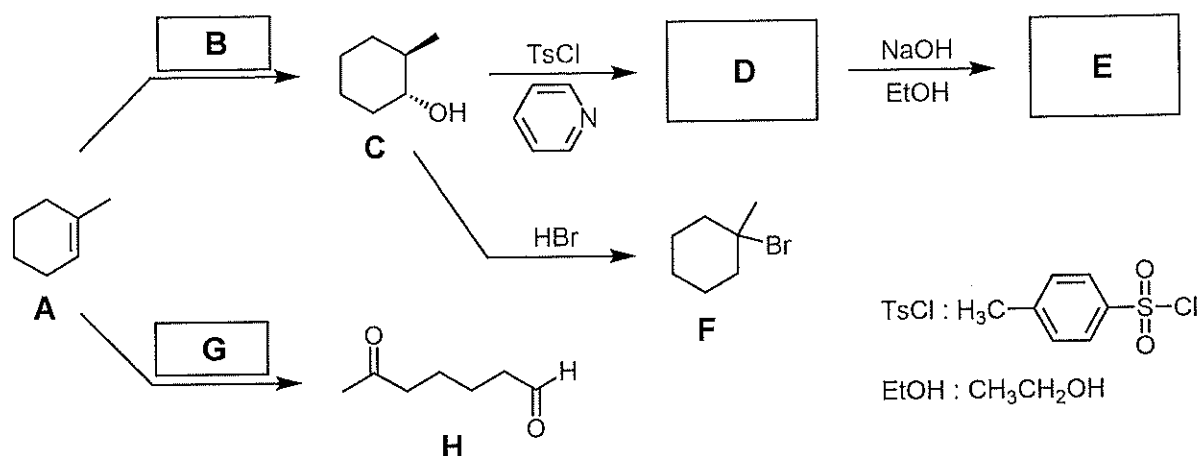
が成り立っている。ただし, A の成分は実数である。

- (a) A を求めなさい。
- (b) A の固有値をすべて求めなさい。

有機化学

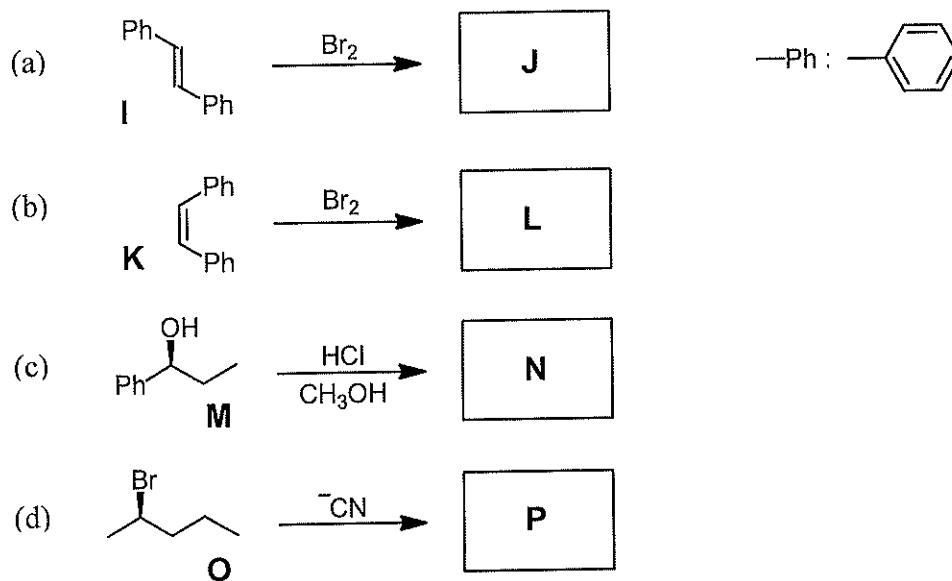
有機化学〔1〕

1. 下記の反応に関する(1)~(5)の問いに答えなさい。



- (1) **A** の IUPAC 名を記しなさい。
- (2) 空欄 **B** として最も適切なものを、以下の a~d から 1 つ選びなさい。
 - a. $\text{H}_2\text{SO}_4, \text{H}_2\text{O}/\text{THF}$
 - b. 1) $\text{Hg}(\text{OCOCH}_3)_2, \text{H}_2\text{O}/\text{THF}$ 2) $\text{NaBH}_4, \text{OH}^-$
 - c. *m*-chloroperbenzoic acid, CH_2Cl_2
 - d. 1) BH_3, THF 2) $\text{H}_2\text{O}_2, \text{OH}^-$
- (3) **D** と **E** の構造式を立体配置がわかるように記しなさい。ただし **E** はシクロアルケンである。
- (4) **C** から **F** が得られる反応機構を記しなさい。
- (5) 空欄 **G** として最も適切なものを、以下の a~d から 1 つ選びなさい。
 - a. 1) $\text{OsO}_4, \text{pyridine}$ 2) $\text{NaHSO}_3, \text{H}_2\text{O}$
 - b. $\text{HIO}_4, \text{H}_2\text{O}/\text{THF}$
 - c. 1) $\text{O}_3, \text{CH}_2\text{Cl}_2, -78^\circ\text{C}$ 2) $\text{Zn}, \text{CH}_3\text{CO}_2\text{H}/\text{H}_2\text{O}$
 - d. $\text{KMnO}_4, \text{H}_3\text{O}^+$

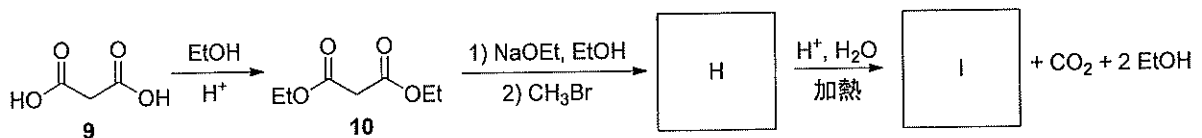
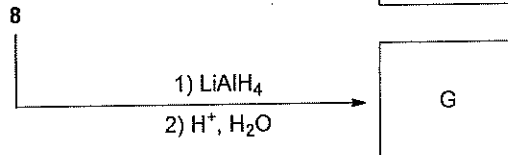
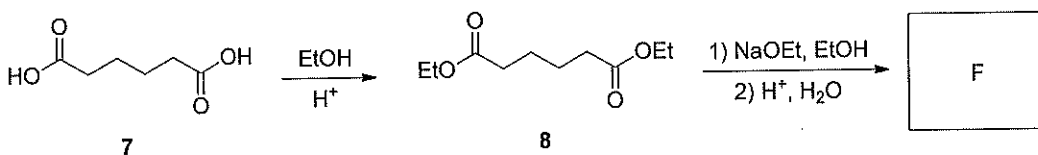
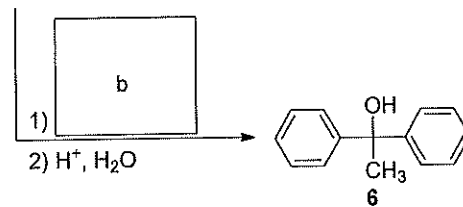
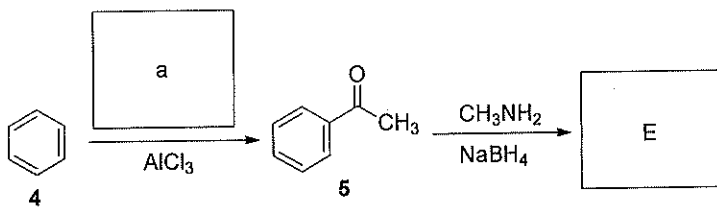
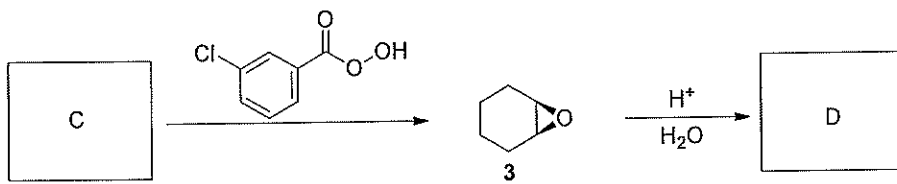
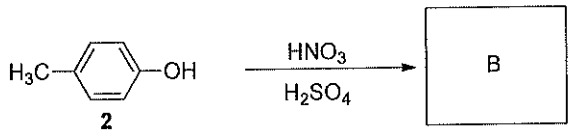
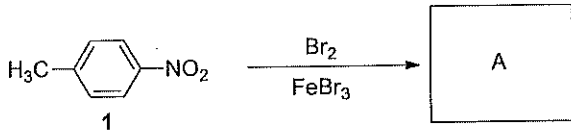
2. 下記の反応(a)~(d)に関する(1)~(6)の問いに答えなさい。



- (1) 反応(a)で得られる **J** の構造式を立体配置がわかるように記しなさい。
- (2) diphenylethyne に水素を付加させて **K** を合成する際に用いる触媒名を記しなさい。
- (3) 反応(a)~(d)で得られる生成物 **J**, **L**, **N**, **P** のうち、光学活性な分子を含むものすべてを記号で記しなさい。
- (4) 生成物 **J**, **L**, **N**, **P** それぞれの旋光度を測定したとき、旋光性を示すものすべてを記号で記しなさい。
- (5) 生成物 **J** と **L** の関係は何と呼ばれるか記しなさい。
- (6) **O** から **P** への反応について、横軸を反応の推移、縦軸をエネルギーとした反応エネルギー図を描きなさい。図中には **O** および **P** がどこに位置するかを示すこと。

有機化学〔2〕

下記の反応に関する(1)～(6)の問いに答えなさい。

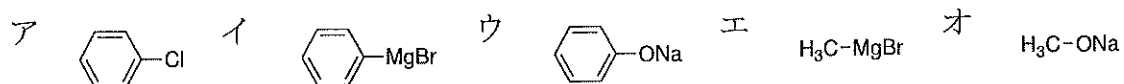


(1) 化合物 **2** および **6** の IUPAC 名をそれぞれ記しなさい。

(2) 化合物 **7** および **9** の慣用名をそれぞれ記しなさい。

(3) 試薬 **a** として適切な化合物の名称を記しなさい。

(4) 試薬 **b** として適切な化合物を、次のア～オからすべて選んで記号で記しなさい。



(5) 空欄 **A**～**C**, **E**～**I** に適切な化合物の構造式を記しなさい。

(6) 化合物 **D** の構造を、立体構造を含めて記しなさい。また、その立体構造となる理由を、反応機構を示しながら説明しなさい。

物 理 化 学

物理化学〔1〕

1. 以下の文章の ア ~ ケ に入る適切な数字や式を答えなさい。

圧力 p のもとで膨張する過程を考える。系の体積が ΔV だけ膨張するとき、系にされる仕事 w は

$$w = \text{ア} \quad (1)$$

と表される。ただし仕事 w は、系からエネルギーが出ていく場合を負として、系にエネルギーが入ってくる場合を正とする。

エンタルピー H は内部エネルギー U 、圧力 p 、体積 V を用いて

$$H = \text{イ} \quad (2)$$

と表される。よって、エンタルピー変化 ΔH は一定圧力のもとで

$$\Delta H = \Delta U + p\Delta V \quad (3)$$

と書ける。ここで、内部エネルギー変化 ΔU は、仕事 w と熱として系に与えられたエネルギー q で表され、

$$\Delta U = \text{ウ} \quad (4)$$

と書ける。

圧力一定のもとで、式(1)、(3)、(4)より

$$\Delta H = \text{エ} \quad (5)$$

が導かれる。

n モルの完全気体の場合、 $pV = nRT$ より式(2)は

$$H = \text{オ} \quad (6)$$

となる。ここで、温度が ΔT だけ上昇した場合、エンタルピーは ΔH だけ増加し、内部エネルギーは ΔU だけ増加する。

よって

$$\Delta H = \boxed{\text{カ}} \quad (7)$$

が成り立つ。この両辺を ΔT で割ると

$$\frac{\Delta H}{\Delta T} = \boxed{\text{キ}} \quad (8)$$

となる。

モル熱容量 C_m は、 n , q , ΔT を用いて

$$C_m = \boxed{\text{ク}} \quad (9)$$

と表される。

ここで一定圧力の膨張過程を考えた場合、式(5), (9)からモル定圧熱容量 $C_{p,m}$ は ΔH , n , ΔT を用いて

$$C_{p,m} = \boxed{\text{ケ}} \quad (10)$$

と書ける。

一方で体積一定の場合、モル定容熱容量 $C_{v,m}$ は

$$C_{v,m} = \frac{\Delta U}{n\Delta T}$$

と書ける。

以上より式(8)を用いて

$$C_{p,m} - C_{v,m} = R$$

となる。

2. ある液体に 100 [V]の電源を使って 2 [A]の電流を 500 [s]だけ流したところ、温度が 24 [K]上昇した。この液体の定圧熱容量を求めよ。ただし、この温度変化の範囲内において熱容量は変化しないものとする。
3. 1モルの完全気体 N_2 [g]を一定圧力下で加熱したところ、温度が 250 [K]から 280 [K]まで上昇した。 q , ΔH , ΔU を求めよ。ただし、 N_2 のモル定圧熱容量は 29.1 [$\text{JK}^{-1}\text{mol}^{-1}$]であり、この温度変化の範囲内において熱容量は変化しないものとする。気体定数 R は 8.314 [$\text{JK}^{-1}\text{mol}^{-1}$]とする。

物理化学〔2〕

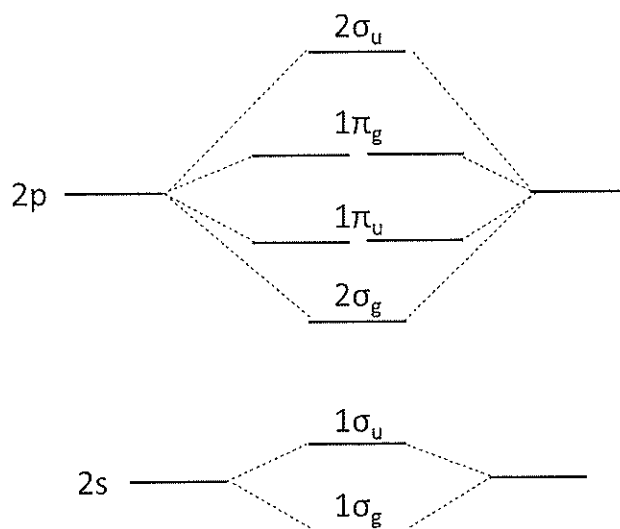
1. フッ素原子に関する以下の問いに答えなさい。

(1) フッ素原子の基底状態の電子配置を答えなさい。

(2) フッ素原子の電子親和力は同一周期の元素の中で最も高い。

その理由を答えなさい。

(3) フッ素の2原子分子 F_2 の基底状態での電子配置を以下のエネルギー準位を使って描きなさい。

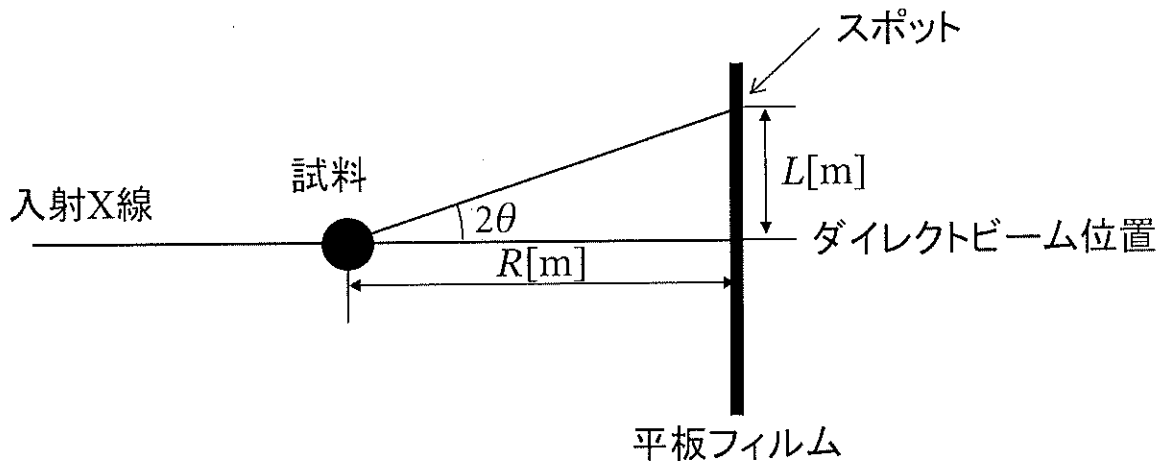


(4) F_2 の結合次数を求めなさい。

(5) 基底状態での F_2 は、常磁性か反磁性か、理由をつけて答えなさい。

2. 結晶性の固体の構造解析には X 線が用いられる。特に X 線は電子と相互作用するのでナノスケールの構造を評価できる。そこで X 線構造解析に関する以下の問いに答えなさい。

単位胞の大きさ a [nm] で一定の立方晶の結晶構造を持つ材料がある。この材料に対して、波長 0.154 [nm] の X 線 (CuK α 線) を利用して、広角 X 線回折を測定した。測定装置の概略図を以下の図に示す。



広角 X 線回折装置の模式図

- (1) 上図において、 $\tan 2\theta$ を L, R を用いて表せ。ただし、 R [m] は試料から平板フィルムまでの距離、 L [m] はダイレクトビーム位置から広角 X 線回折のスポットが観測された位置までの距離、 2θ は回折角とする。
- (2) この結晶の (200) 面からの反射として $2\theta = 13.33^\circ$ に強いピークが観測された。この時の面間隔 d [nm] を導出しなさい。
- (3) 単位胞の大きさ a [nm] を求めよ。