

2024 年度 城西大学大学院理学研究科物質科学専攻

第二次入学試験問題

(2024 年 2 月 17 日)

専門科目

[解答上の注意]

1. 物理化学、有機化学、無機化学、生化学の 4 科目につき、問題番号 1～問題番号 8 が出題されています。これらの中から、科目にかかわらず合計 4 つの問題を選択して解答しなさい。
2. 配点は 1 つの問題につき、30 点で合計 120 点満点とする。
3. 選択した問題につき、1 枚の解答用紙を使うこと。裏面を使ってもよい。
4. 解答欄の所定の欄に受験番号、選択した科目名、問題番号を記入すること。

物理化学問題

問題番号 1. 次の問 1, 問 2 に答えなさい。

水素原子の電子エネルギー E_n は, 電子が以下の 2 つの条件を同時に満足する電子軌道の上に存在すると考えることで求めることができる。

条件 1 : 遠心力とクーロン力のつり合い ;

$$\frac{m_e v^2}{r} = \frac{e^2}{4\pi\epsilon_0 r^2}$$

条件 2 : Bohr の量子条件 :

$$m_e v r = n \hbar$$

なお, 上記の 2 つの式の中で用いられるそれぞれのパラメータは以下の数値を表している。

m_e : 電子の質量, v : 円運動をしている電子の速度, e : 電気素量,

r : 電子の円運動の半径, ϵ_0 : 真空の誘電率, \hbar : プランク定数 h を 2π で割ったもの

今, 電子の質量は原子核と比較して十分に小さいと考える。

問 1. 水素原子の電子エネルギー E_n は

$$E_n = \frac{1}{2} m_e v^2 - \frac{e^2}{4\pi\epsilon_0 r}$$

で与えられる。この時, E_n を v と r を含まない形で表しなさい。

問 2. 問 1 の結果に基づくと, Balmer 系列において最もエネルギーの大きな輝線の波長 λ はどのように表すことができるか。(ヒント: 条件 2 における $n = 2$ の状態から $n = 3$ の状態への遷移エネルギーを計算しなさい。)

2024 年度 城西大学理学研究科物質科学専攻
第二次入試問題 専門科目 (2024 年 2 月 17 日)

物理化学問題

問題番号 2. 次の問 1, 問 2 に答えなさい。

問 1. 理想気体 1 モルのエントロピーを $S(T, P)$ とすると, 温度 T_2 , 圧力 P_2 のときのエントロピー $S_2(T_2, P_2)$ と, 温度 T_1 , 圧力 P_1 の時のエントロピー $S_1(T_1, P_1)$ との差が次の式で与えられることを証明しなさい。ただし, C_p は定圧比熱, R は気体定数とする。

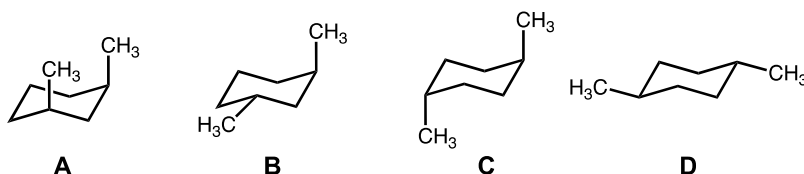
$$S_2(T_2, P_2) - S_1(T_1, P_1) = C_p \ln\left(\frac{T_2}{T_1}\right) - R \ln\left(\frac{P_2}{P_1}\right)$$

問 2. 温度 T_0 の熱だめに接している体積一定の物体を温度 T_1 から T_0 まで加熱するときの全系のエントロピー変化 ΔS_{total} を求めなさい。ただし, 物体の熱容量を C_V とする。(ヒント: この問題は不可逆過程であるが, 最初と最後の平衡状態を可逆経路で結んで (準静的変化) 考える。)

有機化学問題

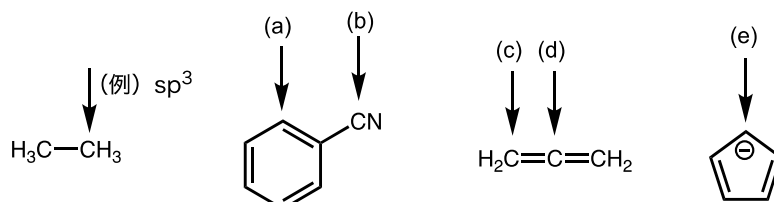
問題番号 3. 次の問 1, 問 2 に答えなさい

問 1. 次に示す化合物 A~D について, 以下の問いに答えなさい。



- (1) 不斉炭素原子をもつ化合物の記号と構造式を記しなさい。また構造式中の不斉炭素原子に*印を付し, その立体配置を *RS* 表示で記しなさい。
- (2) キラルな化合物を選び記号を記しなさい。キラルな化合物が無い場合は「無し」と記すこと。
- (3) コンホマー (配座異性体) の関係にある化合物を選び記号を記しなさい。コンホマー (配座異性体) の関係にある化合物が無い場合は「無し」と記すこと。
- (4) ジアステレオマー (ジアステレオ異性体) の関係にある化合物を選び記号を記しなさい。ジアステレオマー (ジアステレオ異性体) の関係にある化合物が無い場合は「無し」と記すこと。

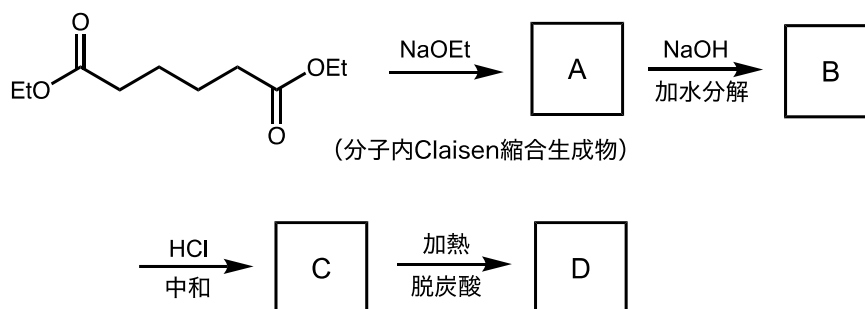
問 2. 次の(a)~(e)の炭素原子の混成を例にならって記しなさい。



有機化学問題

問題番号 4. 次の問1, 問2に答えなさい。

問1. 次の反応の $\boxed{\text{A}}$ ~ $\boxed{\text{D}}$ に入る化合物の構造式をそれぞれ書きなさい。



問2. 塩化アルミニウム AlCl_3 を触媒とし, 1-クロロプロパン ($\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{Cl}$) を用いてベンゼン C_6H_6 を Friedel-Crafts アルキル化したところ, *n*-プロピルベンゼン ($\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{Ph}$) ではなく (1-メチルエチル) ベンゼン ($\text{CH}(\text{CH}_3)_2\text{Ph}$) が得られた。この理由を述べなさい。

無機化学問題

問題番号 5. 結晶系は、単位格子の対称性より 7 種類に分類され、これに並進対称性も加えて分類すると 14 種類となる。このように分類される単位格子を **A** と呼ぶ。図 1 は、塩化ナトリウム結晶の単位格子を表す模式図である。塩化ナトリウムのモル質量を 58.5 g/mol、アボガドロ定数を 6.0×10^{23} /mol として問 1～問 5 に答えなさい。

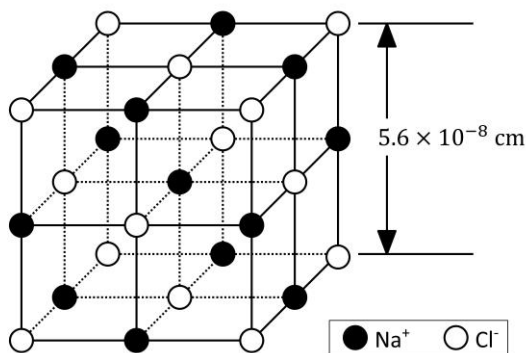


図 1. 塩化ナトリウム結晶の単位格子を表す模式図

- 問 1. 空欄 **A** に当てはまる語句を答えなさい。
- 問 2. 上図で表される単位格子の構造をもつ塩化ナトリウム結晶の **A** の名称を書きなさい。
- 問 3. この結晶の密度を求めなさい。
- 問 4. イオン結晶において、静電的なポテンシャルエネルギーを表す定数としてマーデルング定数がある。 Na^+ と Cl^- が一次元的に等間隔 r_0 で並んでいる仮想的な結晶があった場合、最近接から第 6 近接までで計算した場合のマーデルング定数を有効数字 3 桁で求めなさい。ただし、距離 r だけ離れた二つの電荷 q_1, q_2 の間に働くクーロン力によるエネルギー E は以下で表される。

$$E = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q_1 q_2}{r} \quad (\epsilon_0: \text{真空の誘電率})$$

- 問 5. 以下の化合物のうち、塩化ナトリウムとは異なる結晶構造となるものをすべて書きなさい。

LiF, KCl, CsCl, AgBr, MgO, CaO, FeO, NiO, ZnS

無機化学問題

問題番号 6. 次の電池式で表される電池(@25°C)について問 1 ~ 問 3 に答えなさい。



但し、 a は各イオンの活量、||の境界における起電力は無視できるものとし、各標準電極電位をそれぞれ $E^0(\text{Cu}/\text{Cu}^{2+}) = +0.337 \text{ V}$, $E^0(\text{Ag}/\text{Ag}^+) = +0.799 \text{ V}$, ファラデー定数 $F = 9.65 \times 10^4 \text{ C/mol}$, $R = 8.31 \text{ J/(K}\cdot\text{mol)}$ とする。また、必要があれば以下の関係式を用いることとする。

$$\frac{RT}{F} \ln = 0.059 \log$$

問 1. この電池が起電力を生じるために起こる半電池反応をアノード電極, カソード電極それぞれについて答えなさい。また、全反応を答えなさい。

問 2. この電池の起電力 E_{cell} を求めなさい。

問 3. この電池反応に伴うギブズエネルギー変化 ΔG を求めなさい

生化学問題

問題番号 7. 次の問 1, 問 2 に答えなさい。

問 1. タンパク質を構成する 20 種類のアミノ酸のうち, 次の a) ~ e) に当てはまるアミノ酸の名称とその三文字略号, 一文字略号を答えなさい。

- a) 厳密にはアミノ酸ではなくイミノ酸である。
- b) ジスルフィド結合により強固な立体構造を作る。
- c) 側鎖に硫黄 S 原子が含まれる b) 以外のアミノ酸。
- d) 唯一光学活性を持たず, 分子量が最小である。
- e) ロイシンの構造異性体である。

問 2. 以下の記述を読み, (1) ~ (4) に答えなさい。

グルコース, マンノース, ガラクトースは, 生体内代謝に関与することが多い^ア単糖である。マンノースはグルコースの C2 に関する (a) で, ガラクトースはグルコースの C4 に関する (a) である。マンノースとガラクトースは C2 と C4 で立体配置が異なるので, (a) ではなく (b) である。

^イ酵素は反応の平衡定数を変化させずに, (c) のみを変えるので, (d) の一種である。解糖系における最初の反応で, ^ウATP のリン酸基がグルコースに転移されグルコース 6-リン酸ができる反応を (d) する酵素は (e) である。

- (1) 文中の (a) ~ (e) に当てはまる語句を答えなさい。
- (2) 下線部ア, 単糖において, D 糖, L 糖の区別の仕方を説明しなさい。
- (3) 下線部イ, 酵素に至適温度が存在する理由を説明しなさい。
- (4) 下線部ウの反応の意義を説明しなさい。

2024 年度 城西大学理学研究科物質科学専攻
第二次入試問題 専門科目 (2024 年 2 月 17 日)

生化学問題

問題番号 8. 以下の記述を読み、問 1、問 2 に答えなさい。

細胞の遺伝情報は DNA の塩基配列に保存されているが、細胞が分裂する際には DNA は正確にコピーされて、親細胞から娘細胞へと伝達される。これを DNA の複製という。PCR 法は、人工合成した 1 組のオリゴヌクレオチド (プライマー) を使って、それらの間に挟まれた領域を短時間で増幅する方法で、K. Mullis によって発明された。PCR 反応では、一般的に、ア) 95°C、イ) 40~60°C、ウ) 72°C の温度変化を 1 サイクルとして繰り返し使用される。

問 1. 大腸菌の DNA の複製について、以下の用語を全て使って説明しなさい。

【一本鎖 DNA 結合タンパク質、岡崎フラグメント、プライマーゼ、ラギング鎖、リーディング鎖、DNA ヘリカーゼ、DNA ポリメラーゼ I、DNA ポリメラーゼ III、DNA リガーゼ、RNA プライマー】

問 2. (1) ア) ~ウ) の温度は PCR においてどのような状況を作り出すために使用されるものか、それぞれ簡潔に説明しなさい。

(2) イ) の温度には幅があるが、その理由を説明しなさい。

(3) 上記の温度変化を 20 回繰り返すと、20 サイクル後には理論的には何倍に増幅されているか。有効数字 2 桁で答えよ。