

2024年9月・2025年4月入学試験

大学院先進理工学研究科修士課程

化学・生命化学専攻

問題表紙

◎問題用紙は16枚綴りで、物理化学、有機化学、無機・分析化学、生命化学、いずれも4ページであることを試験開始直後に確認しなさい。

◎解答用紙は16枚綴りで、物理化学、有機化学、無機・分析化学、生命化学、いずれも4ページであることを試験開始直後に確認しなさい。

◎物理化学、有機化学、無機・分析化学、生命化学のうち2科目を選択すること。
選択した科目については、別紙の選択科目届け出用紙の選択科目欄に○を記入しなさい。

◎数値計算のため、準備された関数電卓の使用を許可する。

2024年9月・2025年4月入学試験問題
大学院先進理工学研究科修士課程 化学・生命化学専攻
科目名： 物理化学

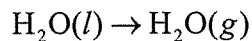
問題番号 1

次の文章を読み、設問に答えよ。

系のエントロピー変化 ΔS_{sys} と周囲のエントロピー変化 ΔS_{surr} の合計を ΔS_{univ} とする。また、系と周囲のエントルピー変化をそれぞれ ΔH_{sys} と ΔH_{surr} とする。温度 T と圧力 P が一定の条件下で起こる過程を考える。系から周囲へ熱 q が移動すると、 ΔS_{surr} は系の物理量を用いて(A)と表される。したがって、 $\Delta S_{\text{univ}} = -1/T \times (B)$ となり、系の量のみで表される。Bを ΔG_{sys} と書き表す。自発的な過程では、 ΔG_{sys} (C) 0である。通常は系のみを考えるので下付の sys を省略する。

(1) A, B, C に適切な数式・記号を答えよ。

温度・圧力一定の条件下で、水の気化を考える。



標準状態（記号， $^\circ$ ）を 1 atm で定義する。25 $^\circ\text{C}$ における標準生成エンタルピーと標準モルエントロピーを以下に示す。

$$\Delta H_f^\circ(\text{H}_2\text{O}(g)) = -241.8 \text{ kJ/mol}, \quad \Delta H_f^\circ(\text{H}_2\text{O}(l)) = -285.8 \text{ kJ/mol}$$

$$S^\circ(\text{H}_2\text{O}(g)) = 188.8 \text{ J/mol}\cdot\text{K}, \quad S^\circ(\text{H}_2\text{O}(l)) = 70.0 \text{ J/mol}\cdot\text{K}$$

また、非標準状態のギブスエネルギー変化 ΔG は、反応商 Q を用いて以下の式で表される。

$$\Delta G = \Delta G^\circ + RT \ln Q$$

R は気体定数で、 $R = 8.314 \text{ J/mol}\cdot\text{K}$ である。

(2) 25 $^\circ\text{C}$ における標準気化エンタルピー変化 $\Delta H_{\text{vap}}^\circ$ 、標準気化エントロピー変化 $\Delta S_{\text{vap}}^\circ$ 、標準気化ギブスエネルギー変化 $\Delta G_{\text{vap}}^\circ$ を答えよ。

(3) この反応は発熱反応か、吸熱反応か、答えよ。

(4) 水の気体の圧力が 0.132 atm のとき、25 $^\circ\text{C}$ における ΔG_{vap} を答えよ。また、このとき自発過程は、液体の水から気体の水への変化か、気体の水から液体の水への変化か、答えよ。

(5) 水の気体の圧力が 0.00132 atm のとき、25 $^\circ\text{C}$ における ΔG_{vap} を答えよ。

(6) $\Delta G_{\text{vap}} = 0$ のとき、水の気体の圧力 (atm) を答えよ。

2024年9月・2025年4月入学試験問題
大学院先進理工学研究科修士課程 化学・生命化学専攻
科目名： _____ 物理化学 _____

問題番号 2

次の A, B の文章を読み、設問に答えよ。

A. 気相反応 $A \rightarrow B$ において, A の初濃度 $[A]_0$ は 1.00 mol dm^{-3} , 速度定数 k は $1.50 \times 10^{-6} \text{ dm}^3 \text{ mol}^{-1} \text{ s}^{-1}$ であった。

- (1) この反応の次数を求めよ。
- (2) この反応に関する記述として正しいものを○, 誤っているものを×として答えよ。その根拠も簡潔に示せ。
- (a) 圧力, 温度が一定ならば, $[A]_0$ が変化しても k は一定である。
 - (b) $[A]_0$ が 2 倍になれば, 反応速度は 2 倍になる。
 - (c) $[A]_0$ が 2 倍になれば, 半減期は $1/2$ になる。
 - (d) A の濃度の逆数 $1/[A]$ を反応時間に対してプロットすると, 傾きが $(\ln 2)/k$ の直線が得られる。

B. 以下のように A から B が生成され, 順反応と逆反応の両方の次数が 1 次である反応を考える。なお A の初濃度は $[A]_0$ であり, B は最初に存在していない。



(3) 時間 t における A と B の濃度の変化速度 $d[A]/dt$ と $d[B]/dt$ を, A と B の濃度 $[A]$ と $[B]$, および速度定数 k_f , k_r を用いて示せ。

(4) $t \rightarrow \infty$ につれて, A と B の濃度は平衡値に近づく。このとき, A と B の濃度の変化速度が等しくなる。平衡時における A と B の濃度を $[A]_{eq}$ と $[B]_{eq}$ とするとき, この反応の平衡定数 $K = [B]_{eq} / [A]_{eq}$ を速度定数 k_f と k_r を用いて表すことができる。 $k_f = 0.075 \text{ s}^{-1}$, $k_r = 0.250 \text{ s}^{-1}$ のとき, K の値を有効数字 2 桁で求めよ。

2024年9月・2025年4月入学試験問題
大学院先進理工学研究科修士課程 化学・生命化学専攻
科目名： _____ 物理化学 _____

問題番号 3

次の各問に答えよ。ただし、数値はすべて有効数字3桁で求めよ。必要ならば次の物理定数を用いよ。

$h = 6.63 \times 10^{-34} \text{ J s}$ (プランク定数), $c = 3.00 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}$ (光速),

$k_B = 1.381 \times 10^{-23} \text{ J K}^{-1}$ (ボルツマン定数)

(1) 質量 4.00 t の人工衛星が第1宇宙速度 8.00 km/s で飛行する際のド・ブROI波長 ($\lambda = h/p$) を計算せよ。

(2) 5500 °C に溶解炉から放出される波長 450 nm の青色光と波長 700 nm の赤色光のエネルギー出力の比を計算せよ。ただし、温度 T の物体から発せられる波長 λ の光のエネルギー分布は、次のプランクの輻射式で計算される。

$$U(\lambda, T) = \frac{8\pi hc}{\lambda^5 \{ \exp(hc/\lambda k_B T) - 1 \}}$$

(3) 水素原子の 2s 軌道の波動関数は原子単位系を用いると次式で与えられる。

$$\psi_{2s}(r, \theta, \phi) = \frac{1}{\sqrt{8\pi}} \left(1 - \frac{r}{2} \right) \exp\left(-\frac{r}{2}\right)$$

2s 軌道において半径 r で厚さ dr の球殻中に存在する電子数 (動径分布) $P_{2s}(r)dr$ はどのような式で表されるか答えよ。さらに、動径分布 $P_{2s}(r)$ が最大となる半径を求めよ。

(4) O_2^+ , O_2 , O_2^- を結合距離が短い順に並べよ。また、その根拠を簡潔に答えよ。

2024年9月・2025年4月入学試験問題

大学院先進理工学研究科修士課程 化学・生命化学専攻

科目名： _____ 物理化学 _____

問題番号 4

次の A, B の文章を読み、設問に答えよ。必要であれば、次の数値を用いよ。 $h = 6.626 \times 10^{-34} \text{ J s}$ (プランク定数), $c = 2.998 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}$ (光速), $N_A = 6.022 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$ (アボガドロ定数), $k_B = 1.381 \times 10^{-23} \text{ J K}^{-1}$ (ボルツマン定数)。原子量： $^{12}\text{C} = 12.00$, $^{16}\text{O} = 15.99$, $^{32}\text{S} = 31.97$

A. 直線形分子 ($^{16}\text{O}^{12}\text{C}^{32}\text{S}$) の回転を考える。ここでは、分子を剛体回転子とみなす。直線形分子の回転エネルギー E_r は、回転定数 B と回転の量子数 J を用いて、次式で与えられる。

$$E_r = hBJ(J+1)$$

また、回転定数 B は、慣性モーメント I を用いて、以下の式で与えられる。

$$B = \frac{h}{8\pi^2 I}$$

OCS の慣性モーメント I は、原子 X の質量を m_X 、質量中心から原子 X までの距離を d_X とすると、

$$I = m_{\text{O}} d_{\text{O}}^2 + m_{\text{C}} d_{\text{C}}^2 + m_{\text{S}} d_{\text{S}}^2$$

で与えられる。 $^{16}\text{O}^{12}\text{C}^{32}\text{S}$ の OC と CS の結合長は、それぞれ 116.5 pm と 155.8 pm である。

- (1) 質量中心と ^{12}C との間の距離 d_{C} を pm 単位で答えよ。
- (2) 慣性モーメント I を kg m^2 単位で答えよ。
- (3) 回転定数 B を GHz 単位で答えよ。
- (4) $J=1$ から $J=2$ への純回転遷移の振動数を GHz 単位で答えよ。
- (5) 298 K において、回転エネルギー準位の占有数が最大となる量子数 J を答えよ。

B. BF_3 の振動と対称性について考える。以下の指標表を用いて設問に答えよ。

	E	$2C_3$	$3C_2$	σ_h	$2S_3$	$3\sigma_v$		
A_1'	1	1	1	1	1	1		x^2+y^2, z^2
A_2'	1	1	-1	1	1	-1	R_z	
E'	2	-1	0	2	-1	0	(x, y)	(x^2-y^2, xy)
A_1''	1	1	1	-1	-1	-1		
A_2''	1	1	-1	-1	-1	1	z	
E''	2	-1	0	-2	1	0	(R_x, R_y)	(xz, yz)

- (6) この分子の属する点群を答えよ。
- (7) A_1' の行と E' の行が直交することを示せ。
- (8) 基準振動モードの対称種 (既約表現) を答えよ。

2024年9月・2025年4月入学試験問題

大学院先進理工学研究科修士課程 化学・生命化学専攻

科目名： 有機化学

問題番号

1

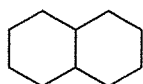
以下の問い(1)～(5)に答えよ。

(1) (ア) ジアゾメタン (CH_2N_2) の共鳴構造を線結合構造で書け。

(イ) アンモニアとメチルアミンのどちらが強い塩基か説明せよ。

(2) (ア) シクロプロパンはプロパンと比べて、より大きな燃焼熱を示す。
その理由について説明せよ。

(イ) メソ化合物について具体例を挙げて説明せよ。

(ウ) *trans*-デカリンは *cis*-デカリンよりも安定である。
その理由を説明せよ。

デカリン

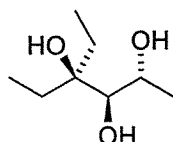
(3) 1-メチルシクロペンテンと次の試薬の反応における主生成物を、立体配置を明示して書け。

(ア) Br_2 , MeOH (イ) D_2 , Pd/C (ウ) 1) BH_3 , 2) H_2O_2 , NaOH , H_2O

(4) 2-ブチンと次の試薬の反応における主生成物を、立体配置を明示して書け。

(ア) 1 当量の Br_2 (イ) H_2O , H_2SO_4 , HgSO_4 (ウ) Li , NH_3

(5) プロピンと炭素数が3以下の有機化合物および試薬を用いて次の化合物を合成する計画を書け。



ラセミ体

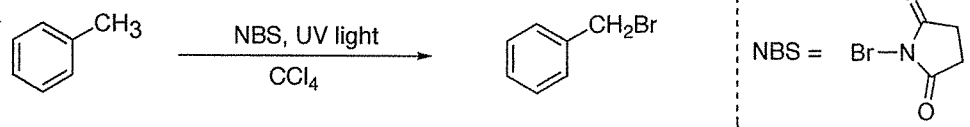
2024年9月・2025年4月入学試験問題

大学院先進理工学研究科修士課程 化学・生命化学専攻

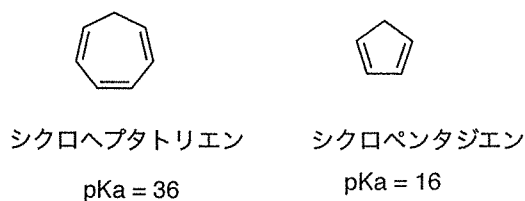
科目名: 有機化学問題番号 2

次の各問に答えよ。

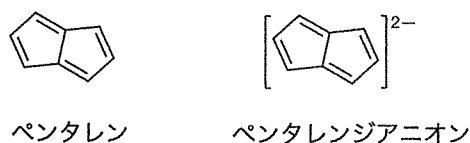
- (1) トルエンは *N*-ブロモスクシンイミド(NBS)と反応して、ベンゼン環の隣の位置(ベンジル位)で臭素置換が起こった生成物を与える。この反応の反応機構を示し、なぜこの位置で置換が起こるのかを簡潔に説明せよ。



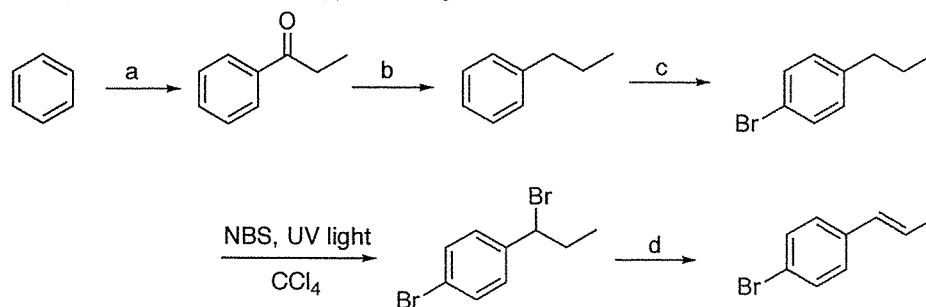
- (2) (ア)シクロヘプタトリエンとシクロペンタジエンでは酸性度が著しく異なる。この理由を示せ。



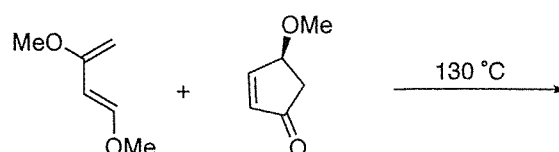
- (イ)ペンタレンは、非常に不安定な化合物で常温では単離できないが、ペンタレンジアニオンは安定である。この理由を説明せよ。



- (3) 次の合成経路で、**a**~**d** に使用する試薬を示せ。



- (4) 次の反応の生成物の構造を相対立体配置が分かるように書け。



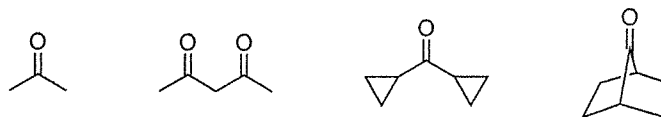
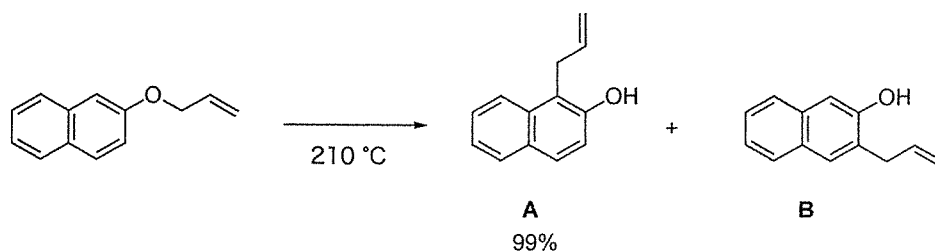
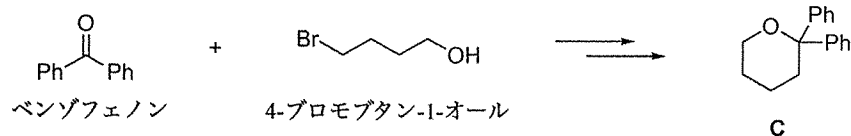
2024年9月・2025年4月入学試験問題

大学院先進理工学研究科修士課程 化学・生命化学専攻

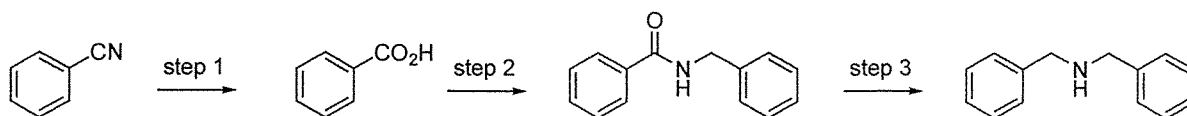
科目名: 有機化学問題番号 3

次の各問に答えよ。

(1) 次の化合物に対し、エノール化しやすい順序を予測せよ。理由も簡潔に示せ。

(2) 次の反応を高温で行うと転位が起こり、**A** を主生成物として与えるが、異性体である **B** はほとんど得られない。なぜ **A** を優先的に与え、**B** は得られないのか、反応機構を示して答えよ。(3) ベンゾフェノンと 4-ブロモブタン-1-オールを出発原料とし、下図に示した試薬を用いて **C** を合成したい。合理的な多段階合成法を提案せよ。必要に応じて有機溶媒は何を使用してもよい。試薬: $(\text{CH}_3)_3\text{SiCl}$ Mg pyridine HCl H_2O

(4) 次の step 1~3 に適した試薬と反応基質を提案し、それぞれの反応について簡潔に説明せよ。



2024年9月・2025年4月入学試験問題

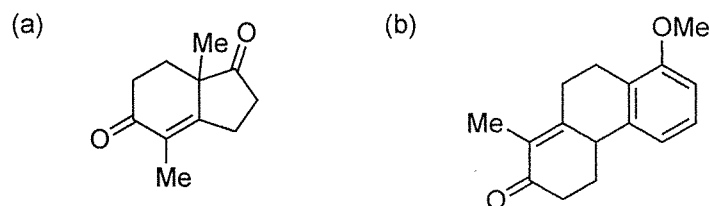
大学院先進理工学研究科修士課程 化学・生命化学専攻

科目名: 有機化学問題番号 4

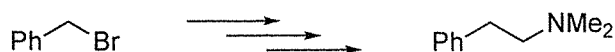
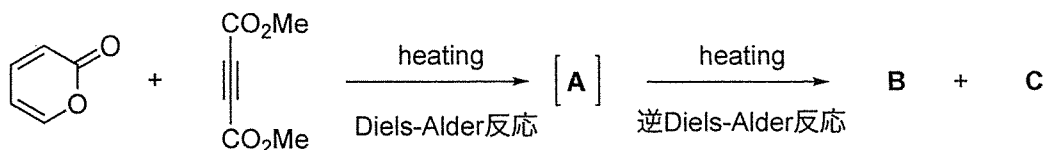
次の各問に答えよ。

(1) 塩化ベンゾイル (PhCOCl) と次の試薬との反応で得られる主生成物の構造を書け。(a) エタノール (b) 2 当量のジエチルアミン (c) 酢酸 (d) Me_2CuLi

(2) 分子間 Michael 反応, 分子内アルドール縮合の連続反応により六員環を構築する手法を Robinson 環化と言う。下記の 2 つの化合物を Robinson 環化により得るために必要な原料, ならびに 1 段階目の分子間 Michael 反応で生成する中間体の構造をそれぞれ書け。



(3) 臭化ベンジルから 3 級アミンを得る下記の多段階の合成ルートを書け。なお, 必要な試薬のみで, 溶媒や温度などの反応条件の記載は不要である。

(4) 下記の環状ジエンとアルキンとの Diels-Alder 反応は, 加熱条件下で進行し, 環化体 **A** が生成する。しかしながら, さらに逆 Diels-Alder 反応が進行し, 出発物質と異なる化合物 **B** と気体 **C** が生成する。下記の問いに答えよ。(a) 化合物 **A**, **B**, **C** の構造を書け。(b) 本反応が環化体 **A** で止まらずに, さらに逆 Diels-Alder 反応が進行する理由を説明せよ。

2024年9月・2025年4月入学試験問題
大学院先進理工学研究科修士課程 化学・生命化学専攻
科目名： 無機・分析化学

問題番号 1

次の問いに答えよ。

(1) 次の化合物は n 型半導体か p 型半導体か。

a) $\text{In}_{0.49}\text{As}_{0.51}$ b) B をドープした Si c) スズ(IV)をドープした酸化インジウム(III)

以下の表を参考にし、理由も述べよ。

II	III	IV	V	VI
	B	C	N	O
	Al	Si	P	S
Zn	Ga	Ge	As	Se
Cd	In	Sn	Sb	Te

(2) $\text{Fe}^{3+}/\text{Fe}^{2+}$ および Fe^{2+}/Fe の標準電極電位は、それぞれ +0.771 および -0.447 V である。 Fe^{3+}/Fe の標準電極電位を求めよ。

(3) 次の分子について、その構造が属する点群を答えよ。

a) NH_3 b) NH_4^+ c) BF_3 d) *cis*- $[\text{PtCl}_2(\text{NH}_3)_2]$ (4) S ($Z=16$) は P ($Z=15$) より第一イオン化エネルギーがわずかに小さい。その理由を電子配置から説明せよ。

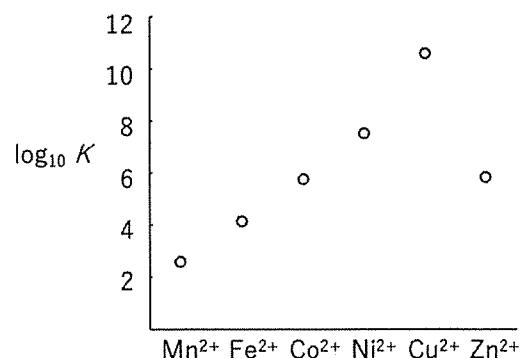
2024年9月・2025年4月入学試験問題
大学院先進理工学研究科修士課程 化学・生命化学専攻
科目名： 無機・分析化学

問題番号 2

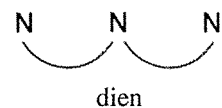
次の問いに答えよ。

- (1) MnO_4^- を含む水溶液は濃い紫である。この溶液を酸性下で還元して得られる Mn^{2+} の水溶液は薄いピンクである。各イオンの着色の原因となる吸収帯はどのような遷移によるものか答えよ。また、色の濃さの違いについて説明せよ。

- (2) 右図はII価の金属イオン ($\text{Mn}^{2+} \sim \text{Zn}^{2+}$) とエチレンジアミンとの全錯生成定数の対数を周期表順にプロットした図である。他の配位子についても一般的に同様な傾向を示ことが知られている。この傾向を説明せよ。



- (3) 二個のジエチレントリアミン ($\text{H}_2\text{N}(\text{CH}_2)_2\text{NH}(\text{CH}_2)_2\text{NH}_2$, dien と略記する) がそれぞれ三座配位した正八面体型錯イオン $[\text{Co}(\text{dien})_2]^{3+}$ について、全ての異性体の構造を図示しなさい。鏡像体となるものがある場合はそれらの組を隣に書き「 $\rightleftharpoons$ 」で示しなさい。(dien は右図のように省略して構わない。また、エチレン部分のコンフォメーションは考えなくても良い。)



2024年9月・2025年4月入学試験問題

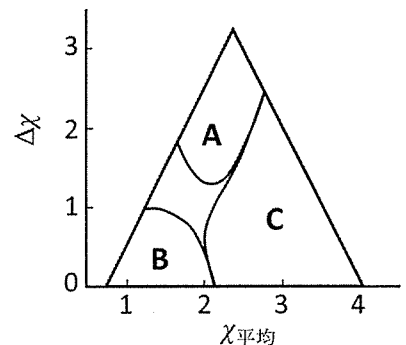
大学院先進理工学研究科修士課程 化学・生命化学専攻

科目名： 無機・分析化学

問題番号 3

次の文章を読み、以下の問いに答えよ。

ポーリングの電気陰性度は、電気陰性度の異なる元素の原子間の結合エンタルピーの推定や結合の極性を定性的に評価する場合に有効である。ケテラーの三角形（右図）は、電気陰性度の差（ $\Delta\chi$ ）に対する電気陰性度の平均値（ $\chi_{平均}$ ）をプロットしたものであり、①二元系化合物の結合の種類を分類することができる。



二元系イオン化合物において、カチオン A とアニオン X の比が 1 : 1 の AX 型結晶, 1 : 2 の AX₂ 型などが存在する。AX 型結晶には、アニオンからなる a 格子のすべての間隙をカチオンが占有した塩化ナトリウム型構造, a 格子の半分の間隙をカチオンが占有した b 構造などがある。b 構造の原子をすべて炭素 C に変えると c 構造となる。

② b 構造やウルツ鉱型構造は半導体材料に多く見られる構造である。

イオン性結晶の格子エンタルピー $\Delta_L H$ ($T = 0$) は、次式に示すボルン・マイヤーの式で推定される。

$$\Delta_L H = \frac{N_A |z_A z_B| e^2}{4\pi\epsilon_0 d} \left(1 - \frac{d^*}{d}\right) A$$

ここで、 d は隣接するカチオンとアニオンの中心の距離、 N_A はアボガドロ定数、 z_A と z_B はカチオンとアニオンの価数、 e は電気素量、 ϵ_0 は真空の誘電率、 d^* は短距離でのイオン間反発を表す定数である。 A はマーデリング定数と呼ばれ、結晶構造に依存する。塩化ナトリウム型構造では、あるカチオンの第一近接として距離 d の位置に ア 個のアニオン、第二近接として距離 イ d に ウ 個のカチオン、第三近接として距離 エ d に オ 個のカチオンが存在することから、マーデリング定数は次式で与えられる。

$$A = \frac{\text{ア}}{\text{イ}} - \frac{\text{ウ}}{\text{イ}} + \frac{\text{オ}}{\text{エ}} - \dots = 1.748$$

ボルン・マイヤーの式から得られた LiF の格子エンタルピーの理論値は 1029 kJ/mol であり、実測値 (1030 kJ/mol) とのずれは小さい。③格子エンタルピーの理論値と計算値のずれは、ハロゲンイオンが大きくなるとともに増大し、LiI では 27 kJ/mol のずれが生じる。

(1) 下線部①について、図中の A~C に対応する結合の種類を答えよ。

(2) 文中の空欄 a ~ c に当てはまる適切な語句を答えよ。

(3) 下線部②について、b 構造およびウルツ鉱型構造の半導体材料をそれぞれ一つずつ答えよ。

(4) 文中の空欄 ア ~ オ に当てはまる数値を答えよ。

(5) 下線部②について、その理由を説明せよ。

2024年9月・2025年4月入学試験問題
大学院先進理工学研究科修士課程 化学・生命化学専攻
科目名： 無機・分析化学

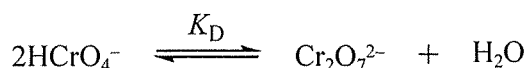
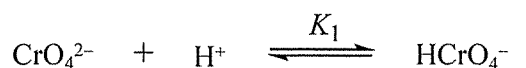
問題番号 4

クロム酸は酸解離および二量化を起こす。そのため pH および総 Cr 濃度 ($[\text{Cr}]_{\text{total}}$) によって溶液中に存在する主要な化学種が異なる。横軸を pH, 縦軸を $\text{pCr} = -\log_{10} [\text{Cr}]_{\text{total}}$, のダイアグラムを作成し, 各領域における最大濃度の化学種を考える。

pH4–8 付近での各化学種の存在割合を考える場合, 溶液中に存在する Cr 種は CrO_4^{2-} , HCrO_4^- , $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ の3種であると考えて良い。したがって, $[\text{Cr}]_{\text{total}}$ は以下のように表される。

$$[\text{Cr}]_{\text{total}} = [\text{CrO}_4^{2-}] + [\text{HCrO}_4^-] + 2[\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}]$$

CrO_4^{2-} の H^+ 付加および HCrO_4^- の二量化は平衡定数 K_1 , K_D を用い次のように表される。(この pH 領域では HCrO_4^- や $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ の H^+ 付加は考えなくても良い。)



以下の問いに答えよ。

- (1) $[\text{CrO}_4^{2-}]$ と $[\text{HCrO}_4^-]$ が等しくなる条件を答えよ。
- (2) $[\text{HCrO}_4^-]$ と $[\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}]$ が等しくなるときの $[\text{HCrO}_4^-]$ を, K_1 , K_D , $[\text{H}^+]$ のうち必要なものを用いて表せ。
- (3) (2)の場合でかつ $[\text{CrO}_4^{2-}]$ が無視できるとき ($[\text{CrO}_4^{2-}] < \frac{1}{10}[\text{HCrO}_4^-]$) の $[\text{Cr}]_{\text{total}}$ を, K_1 , K_D , $[\text{H}^+]$ のうち必要なものを用いて表せ。
- (4) CrO_4^{2-} と H^+ から $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ が生成する反応式を書き, その平衡定数を K_1 , K_D を用いて表せ。
- (5) $[\text{CrO}_4^{2-}]$ と $[\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}]$ が等しくなるときの $[\text{CrO}_4^{2-}]$ を, K_1 , K_D , $[\text{H}^+]$ のうち必要なものを用いて表せ。
- (6) (5)の場合でかつ $[\text{HCrO}_4^-]$ が無視できるとき ($[\text{HCrO}_4^-] < \frac{1}{10}[\text{CrO}_4^{2-}]$) の $[\text{Cr}]_{\text{total}}$ を, K_1 , K_D , $[\text{H}^+]$ のうち必要なものを用いて表せ。
- (7) 上記(1), (3), (6)の解答をもとに, $K_1 = 10^6 \text{ M}^{-1}$, $K_D = 10^2 \text{ M}^{-1}$ として, 解答欄にある横軸 pH, 縦軸 pCr のダイアグラムを線で分割し, 各領域における最大濃度の化学種を書きなさい。フリーハンドで構わないが, 傾きや交点はわかるように書くこと。
- (8) 3つの化学種の濃度 $[\text{CrO}_4^{2-}]$, $[\text{HCrO}_4^-]$, $[\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}]$ が等しくなる時の $[\text{H}^+]$ および $[\text{Cr}]_{\text{total}}$ を, K_1 , K_D , $[\text{H}^+]$ のうち必要なものを用いて表せ。

2024年9月・2025年4月入学試験問題
大学院先進理工学研究科修士課程 化学・生命化学専攻

科目名： _____ 生命化学 _____

問題番号

1

問題番号1は必ず答え、問題番号2, 3, 4のうち、2問を選択し答えよ。

次の問(1)～(10)に答えよ。

- (1) DNA 複製においては情報を正確に保存することが重要であるが、ラギング鎖で働くプライマーゼは比較的ミスの多い酵素である。なぜこのようなミスが許容されるのか説明せよ。
- (2) グルコースの代謝経路において、好氣的な呼吸と嫌氣的発酵の分岐点に存在する共通の三炭素化合物の名称と化学構造を答えよ。
- (3) 制限酵素は塩基配列特異的なエンドヌクレアーゼであり、原核生物に由来する。その生物自身のゲノム DNA が制限酵素によって切断されないのはなぜか、その分子機構を答えよ。
- (4) コラーゲンにはヒドロキシプロリン残基が多いが、ヒドロキシプロリンを経口摂取することでコラーゲンの生合成は増加するだろうか？それともしないだろうか？理由とともに自説を展開せよ。
- (5) RNA のほうが DNA よりも水溶液中で鎖の切断が起こりやすいため不安定である。この理由を化学的に説明せよ。説明には構造式を用いてもよい。
- (6) 真核生物では、一つの遺伝子から臓器や組織によりアミノ酸配列が異なる複数種類のポリペプチドが産生される場合がある。これはいかなるメカニズムによるものか説明しなさい。
- (7) 細胞膜は外界と細胞とのバリアとして働くだけではなく、炎症等の生体反応を制御するメディエーターの供給源にもなっている。プロスタグランジンやロイコトリエンの前駆体となる脂肪酸の名称と、それを細胞膜から切り出す酵素の名称を答えよ。
- (8) 哺乳類の赤血球は分化・成熟の過程で核を失う。核を失ったことで赤血球が得た有利な特性は何か、考察せよ。
- (9) 基底膜とは、どこに存在し、何によって構成される、どのような構造体で、どのような機能を果たしているか説明せよ。
- (10) 牛海綿状脳症(BSE)の原因は、遺伝子をもたない病原体への感染である。この病原体の名称（一般名）と、それが疾患を引き起こすメカニズムを説明せよ。

2024年9月・2025年4月入学試験問題

大学院先進理工学研究科修士課程 化学・生命化学専攻

科目名： 生命化学

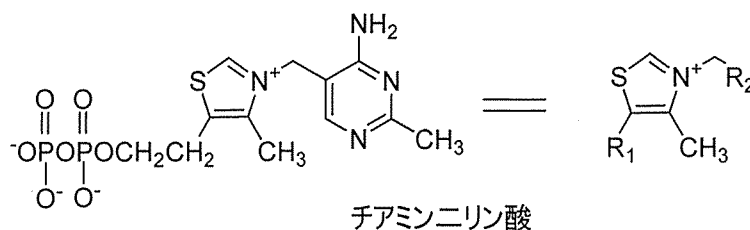
問題番号 **2**

次の文章を読んで、以下の問(1)～(7)に答えよ。

解糖系の最初のステップでは、グルコースの6位OH基がリン酸化され、グルコース6-リン酸となる。次のステップでは、⁽¹⁾異性化によってフルクトース 6-リン酸へと変換される。次にもう一段階のリン酸化を受けてフルクトース 1,6-ビスリン酸となったのちに開裂し、(A)とジヒドロキシアセトンリン酸ができる。ここで生じたジヒドロキシアセトンリン酸は、トリオースリン酸イソメラーゼにより(A)に異性化される。(A)はNAD⁺によって(B)された後にリン酸化され、1,3-ビスホスホグリセリン酸となる。1,3-ビスホスホグリセリン酸はADPと反応し、リン酸基の転移が起こってATPと3-ホスホグリセリン酸が生成する。3-ホスホグリセリン酸はホスホグリセリン酸ムターゼによって異性化され、2-ホスホグリセリン酸が生成する。2-ホスホグリセリン酸は速やかに(C)され、生じたホスホエノールピルビン酸からADPへとリン酸基の転移が起きる結果、ATPとピルビン酸が生じる。

ピルビン酸は激しく活動している筋肉中では、乳酸脱水素酵素によって(S)-乳酸へと変換される。

また、ピルビン酸は、⁽²⁾嫌気的条件下では酵母によってエタノールと二酸化炭素へと変換され、好気的条件下ではアセチル CoAと二酸化炭素に転換される。いずれの場合も、最初のステップで⁽³⁾補酵素であるチアミンニリン酸と反応し、ヒドロキシエチルチアミンニリン酸(HETPP)を生じる。



- (1) 下線部(1)の異性化機構を中間体の構造式を用いて説明せよ。
- (2) (A)に入る化合物名を記せ。
- (3) (B)に入る適切な語句を記せ。
- (4) (C)に入る適切な語句を記せ。
- (5) 解糖系では、グルコース1分子が代謝される結果、何分子のATPが生成するか答え、その算出根拠も説明せよ。
- (6) 下線部(2)の過程を何と呼ぶか答えよ。
- (7) 下線部(3)の反応機構について構造式を用いて説明せよ。

2024年9月・2025年4月入学試験問題
大学院先進理工学研究科修士課程 化学・生命化学専攻
科目名： 生命化学

問題番号 **3**

次の文章を読んで、下線部に対応する以下の問(1)～(8)に答えよ。

哺乳動物由来の培養細胞は生命科学研究の発展に大きく貢献してきた。研究の目的によって、がん細胞や^(1,2)初代培養細胞などが用いられる。

培養細胞は薬物の作用を調べる研究にも有用である。例えば抗がん剤の場合、薬物投与後に⁽³⁾生存している細胞数からその有効濃度を求める。また、タンパク質の機能解析のために、遺伝子の強制発現や^(4,5)ノックダウン実験を行う。タンパク質の局在解析のためには、細胞を固定した後の⁽⁶⁾免疫染色が良く用いられる。一方で、⁽⁷⁾培養細胞を生かしたままタンパク質の局在を観察する方法(ライブ・イメージング)も開発されている。さらに、培養細胞は細胞内での⁽⁸⁾タンパク質間相互作用を調べるためにも用いられる。

- (1) 「初代培養細胞」とは何か簡潔に説明せよ。
- (2) 初代培養細胞を用いる際に留意すべき点を、がん細胞と比較して2つ挙げよ。
- (3) 生細胞数を求める方法を2つ簡潔に説明せよ。
- (4) RNA干渉を利用したノックダウン実験の原理を説明せよ。
- (5) ノックダウン実験では、トランスフェクション試薬としてしばしば陽イオン性リポソームが用いられる。その理由について簡潔に説明せよ。
- (6) 免疫染色では直接法と間接法があるが、その違いについて説明せよ。
- (7) タンパク質の局在を知るためのライブ・イメージングの方法について説明せよ。
- (8) ある特定のタンパク質Aと細胞内で相互作用しているタンパク質について、それを同定する方法を一つ説明せよ。ただし、タンパク質Aに対する特異的な抗体は使用できるものとする。

2024年9月・2025年4月入学試験問題
大学院先進理工学研究科修士課程 化学・生命化学専攻
科目名： 生命化学

問題番号

4

タンパク質の一生に関する以下の文章を読んで問(1)～(7)に答えよ。

(1)細胞内でポリペプチドは合成され、(2)適切な場所に輸送される。輸送されるポリペプチドには(3)行先を指令する「目印」がつけられている。ポリペプチドは(4)適切な場所で立体構造を形成して、タンパク質としての機能を発揮する。タンパク質の一次構造を見れば、ある程度その行先あるいは存在場所を推測することが可能である。また、(5)翻訳後修飾のパターンからもそれを知ることができる。タンパク質の(6)立体構造形成に際しては分子シャペロンがそれを助けている。不要なポリペプチドには(7)分解のための「目印」がつけられ、細胞内で分解される。

(1) 文章中の下線部(1)について、ほとんどのポリペプチドはリボソームにより合成されるが、リボソームに依存せずに合成されるペプチドも存在する。これらは nonribosomal peptides (NRPs) と呼ばれる。NRP を見分けることは、その構造的特徴から比較的容易である。NRP の構造的特徴を述べよ。

(2) 文章中の下線部(2)について、細胞質中の遊離リボソームにより合成されるポリペプチドの行先として適切な細胞内小器官を、選択肢からすべて選び記号で答えよ。

㊦ ゴルジ体 ㊧ ミトコンドリア ㊨ 核 ㊩ リソゾーム ㊪ 小胞体

(3) 文章中の下線部(3)について、細胞外に分泌されるべきポリペプチドが、翻訳直後から持っている「目印」は、どのようなものか、またそれはどのように機能しているか説明せよ。

(4) 文章中の下線部(4)について、細胞膜に存在する受容体タンパク質などは、膜を貫通する領域を持っている。多くの膜貫通領域は共通する二次構造を有している。その二次構造の名称を答えよ。また、膜貫通領域のアミノ酸残基組成の特徴についても述べよ。

(5) 文章中の下線部(5)について、分泌タンパク質や膜タンパク質の細胞外領域を見分けるのに有用な翻訳後修飾を、選択肢からすべて選び記号で答えよ。

㊦ セリンリン酸化 ㊧ チロシンリン酸化 ㊨ 糖鎖修飾 ㊩ SUMO 化
㊪ パルミトイル化 ㊫ ジスルフィド結合形成

(6) 文章中の下線部(6)について、小胞体内に構造形成不全タンパク質が蓄積すると、小胞体内腔に存在する分子シャペロンの発現が誘導される。このメカニズムを説明しなさい。

(7) 文章中の下線部(7)について、分解のために付けられる「目印」として機能するタンパク質の名称を答えよ。またこの目印がつけられたタンパク質を分解する細胞内装置の名称を答えよ。

受験番号					
氏 名					
部 門 名					

※「1」と「7」、「4」と「9」は明確に区別すること

No.

1	／	16
---	---	----

採点欄

2024年9月・2025年4月入学試験問題
大学院先進理工学研究科修士課程 化学・生命化学専攻

※裏面の使用は不可

選択 問題番号	1	科目名	物理化学
---------	---	-----	------

受験番号					
氏 名					
部 門 名					

※「1」と「7」、「4」と「9」は明確に区別すること

No.

2	/	16
---	---	----

採点欄

2024年9月・2025年4月入学試験問題
大学院先進理工学研究科修士課程 化学・生命化学専攻

※裏面の使用は不可

選択 問題番号	2	科目名	物理化学
---------	---	-----	------

受験番号					
氏 名					
部 門 名					

※「1」と「7」、「4」と「9」は明確に区別すること

No.

3	／	16
---	---	----

採点欄

2024年9月・2025年4月入学試験問題
大学院先進理工学研究科修士課程 化学・生命化学専攻

※裏面の使用は不可

選択 問題番号	3	科目名	物理化学
---------	---	-----	------

受験番号					
氏 名					
部 門 名					

※「1」と「7」、「4」と「9」は明確に区別すること

No.

4	／	16
---	---	----

採点欄

2024年9月・2025年4月入学試験問題
大学院先進理工学研究科修士課程 化学・生命化学専攻

※裏面の使用は不可	選択	問題番号	4	科目名	物理化学

受験番号					
氏 名					
部 門 名					

2024年9月・2025年4月入学試験解答用紙
大学院先進理工学研究科修士課程化学・生命化学専攻

No.

5	/	16
---	---	----

採点欄

※裏面の使用は不可	選択 問題番号	1	科目名	有機化学
-----------	---------	---	-----	------

受験番号					
氏 名					
部 門 名					

2024年9月・2025年4月入学試験解答用紙
大学院先進理工学研究科修士課程化学・生命化学専攻

No.

6	/	16
---	---	----

採点欄

※裏面の使用は不可	選択 問題番号	2	科目名	有機化学
-----------	---------	---	-----	------

受験番号					
氏 名					
部 門 名					

2024年9月・2025年4月入学試験解答用紙
大学院先進理工学研究科修士課程化学・生命化学専攻

No.

7	/	16
---	---	----

採点欄

※裏面の使用は不可	選択 問題番号	3	科目名	有機化学
-----------	---------	---	-----	------

受験番号					
氏 名					
部 門 名					

2024年9月・2025年4月入学試験解答用紙
大学院先進理工学研究科修士課程化学・生命化学専攻

No.

8	/	16
---	---	----

採点欄

※裏面の使用は不可

選択 問題番号	4	科目名	有機化学
---------	---	-----	------

受験番号					
氏 名					
部 門 名					

※「1」と「7」、「4」と「9」は明確に区別すること

No.

9	／	16
---	---	----

採点欄

2024年9月・2025年4月入学試験問題
大学院先進理工学研究科修士課程 化学・生命化学専攻

※裏面の使用は不可

選択 問題番号	1	科目名	無機・分析化学
---------	---	-----	---------

受験番号					
氏 名					
部 門 名					

※「1」と「7」、「4」と「9」は明確に区別すること

No.

10	／	16
----	---	----

採点欄

2024年9月・2025年4月入学試験問題
大学院先進理工学研究科修士課程 化学・生命化学専攻

※裏面の使用は不可

選択 問題番号	2	科目名	無機・分析化学
---------	---	-----	---------

受験番号					
氏 名					
部 門 名					

※「1」と「7」、「4」と「9」は明確に区別すること

No.

11	／	16
----	---	----

採点欄

2024年9月・2025年4月入学試験問題
大学院先進理工学研究科修士課程 化学・生命化学専攻

※裏面の使用は不可	選択 問題番号	3	科目名	無機・分析化学

受験番号					
氏 名					
部 門 名					

※「1」と「7」、「4」と「9」は明確に区別すること

No.

12	／	16
----	---	----

採点欄

2024年9月・2025年4月入学試験問題

大学院先進理工学研究科修士課程 化学・生命化学専攻

※裏面の使用は不可

選択 問題番号	4	科目名	無機・分析化学
---------	---	-----	---------

(1)

(2)

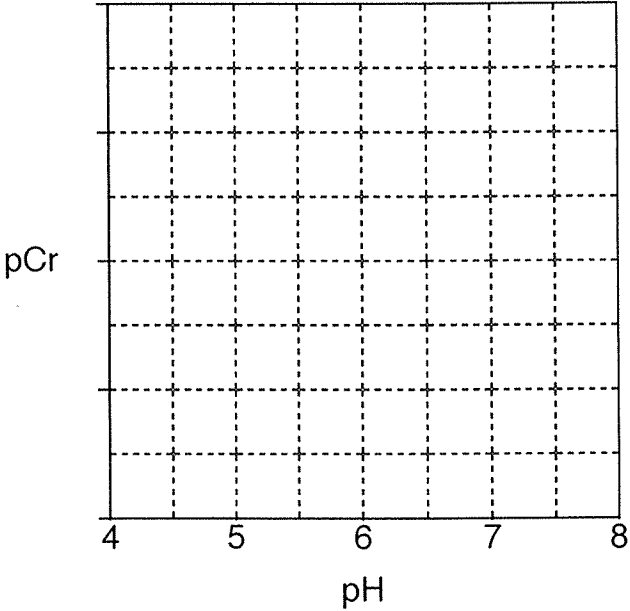
(3)

(4)

(5)

(6)

(7)縦軸目盛の数字は、適切な領域が描けるように設定して書き加えること。



(8)

受験番号					
氏 名					
部 門 名					

※「1」と「7」、「4」と「9」は明確に区別すること

No.

13	／	16
----	---	----

採点欄

2024年9月・2025年4月入学試験問題

大学院先進理工学研究科修士課程 化学・生命化学専攻

※裏面の使用は不可

問題番号	1	科目名	生命化学
------	---	-----	------

(1)

(2)

(3)

(4)

(5)

(6)

(7)

(8)

(9)

(10)

受験番号					
氏 名					
部 門 名					

※「1」と「7」、「4」と「9」は明確に区別すること

No.

14	／	16
----	---	----

採点欄

2024年9月・2025年4月入学試験問題
大学院先進理工学研究科修士課程 化学・生命化学専攻

※裏面の使用は不可

選択 問題番号	2	科目名	生命化学
---------	---	-----	------

問題番号2を選択しない場合は、本誌は白紙のまま提出すること。

(1)

(2)

(3)

(4)

(5)

(6)

(7)

受験番号					
氏 名					
部 門 名					

※「1」と「7」、「4」と「9」は明確に区別すること

No.

15	／	16
----	---	----

採点欄

2024年9月・2025年4月入学試験問題

大学院先進理工学研究科修士課程 化学・生命化学専攻

※裏面の使用は不可

選択 問題番号	3	科目名	生命化学
---------	---	-----	------

問題番号 3 を選択しない場合は、本誌は白紙のまま提出すること。

(1)

(2)

(3)

(4)

(5)

(6)

(7)

(8)

受験番号					
氏 名					
部 門 名					

※「1」と「7」、「4」と「9」は明確に区別すること

No.

16	／	16
----	---	----

採点欄

2024年9月・2025年4月入学試験問題

大学院先進理工学研究科修士課程 化学・生命化学専攻

※裏面の使用は不可

選択 問題番号	4	科目名	生命化学
---------	---	-----	------

問題番号4を選択しない場合は、本誌は白紙のまま提出すること。

- (1)
- (2)
- (3)
- (4)
- (5)
- (6)
- (7)