

令和6(10月期)及び令和7年度 金沢大学大学院自然科学研究科	
博士前期課程入学試験	
専攻名	物質化学専攻（応用化学コース）
試験科目名	専門科目（一般選抜 A 試験・出身学部等限定特別選抜）
	①化学英語〔1問出題〕 ②専門化学（物理化学，無機化学，分析化学，有機化学， 高分子化学） 〔7問出題（Ⅰ～Ⅶ）〕 <u>①は必須科目であり，②から5問を選択してください。</u>
問題用紙等枚数	問題用紙 計 8 枚 答案用紙 計 6 枚 下書き用紙 計 1 枚
試験日程	2024年 8月20日（火）実施

〔全般的な解答に際しての注意事項〕

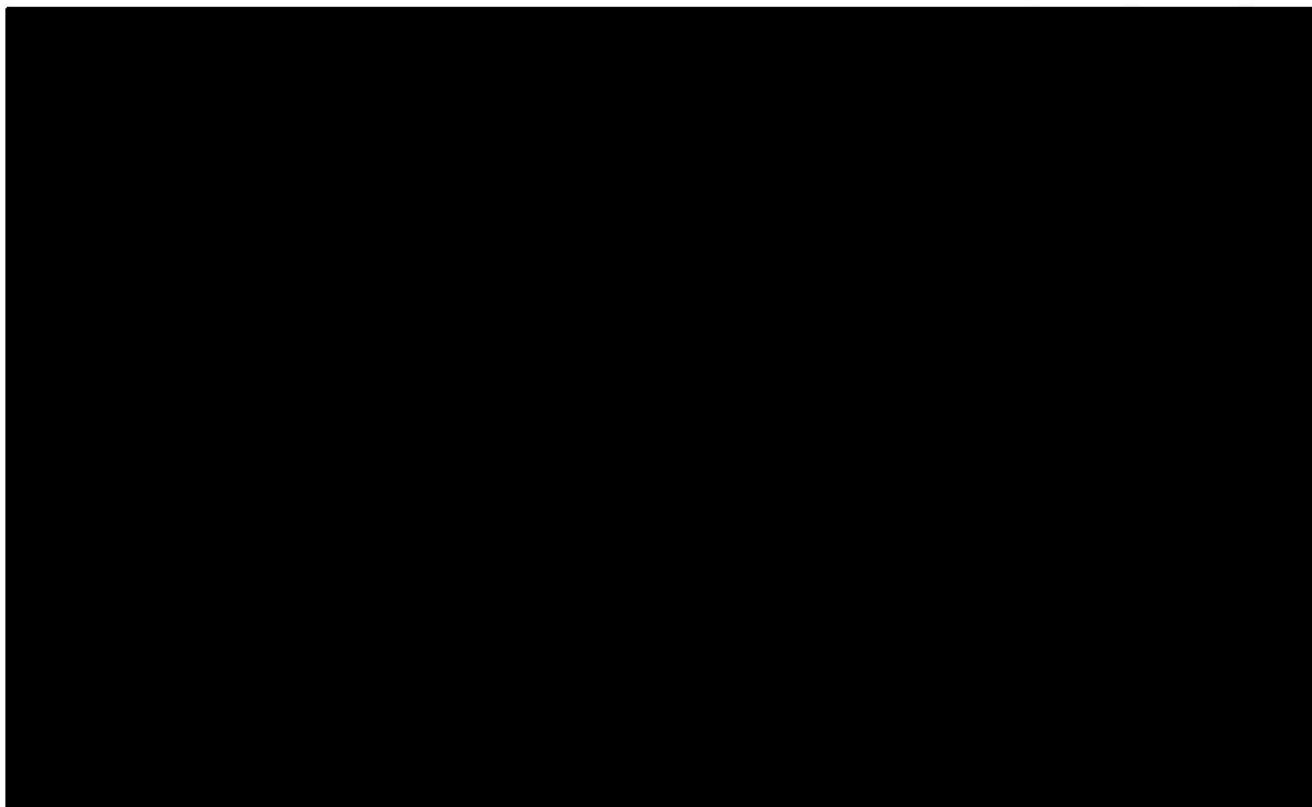
- ・試験開始直後に，問題用紙等が上記指定の枚数のとおりあるか確認してください。
- ・すべての答案用紙に「志願専攻」及び「受験番号」を記入してください。なお，氏名はどこにも絶対に書いてはいけません（不正行為となります）。
- ・問題用紙・下書き用紙は，各自持ち帰っても差し支えありません。

〔専攻別注意事項〕

- ・1問につき1枚の答案用紙で解答すること。必要であれば答案用紙の裏面を使ってもよい。ただし，「裏に続く」と明記し，裏面においては上部（表の横線の上に該当する部分）は使用しないこと。

令和6年度（10月期入学）及び令和7年度 金沢大学大学院自然科学研究科 博士前期課程入学試験 問題用紙		
専攻名	物質化学専攻（応用化学コース）（一般選抜A試験・出身学部等限定特別選抜）	
試験科目名	専門科目 ①化学英語	P. 1 / 8

問1 次の文章を読み、以下の(1), (2) に答えなさい。



(Genetic Engineering & Biotechnology News, 19 December 2023, Molecular Jackhammers Destroy Cancer Cells with Vibration より引用・加筆)

- (1) 本文の下線部 (i)~(iii) を和訳しなさい。なお, "necrosis"は"細胞死"と訳しなさい。
- (2) 本文中に關係する次の化学用語について, 日本語訳で答えなさい。
① molecule ② visible light ③ tissue ④ light absorption ⑤ penetration ⑥ protein

問2 次の化学用語を英語で記しなさい。

- (1) 電位 (2) 同位体 (3) 波長 (4) 結晶 (5) りん光 (6) 滴定

問3 次の文章の意味となるように括弧内の単語をすべて使って並べ替えなさい。

- (1) 三重項状態を得るには, 励起一重項から励起三重項状態へのスピン禁制項間交差が必要である。
(accessing / excited singlet / excited triplet state / from / requires / spin-forbidden / intersystem crossing / to / the triplet state).
- (2) ベンゼンのような炭素をもとにした芳香環は通常, 分解しやすいとは考えられていない。
(aromatic rings / apart / are / as / benzene / break / carbon-based / easy / not / of / such as / thought / to / usually).

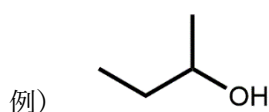
問題用紙

専攻名	物質化学専攻（応用化学コース）（一般選抜A試験・出身学部等限定特別選抜）	
試験科目名	専門科目 ②専門化学	P. 2 / 8

I 以下の問1～3に答えなさい。

問1 1つのヒドロキシ基を持ち、 $C_6H_{13}OH$ の化学式で表される分子はいくつかの構造異性体が存在する。その沸点を比較すると、構造 **A** は最も高い $158\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、構造 **B** は最も低い $119\text{ }^{\circ}\text{C}$ であった。以下の(1)、(2)に答えなさい。

(1) 構造 **A**、構造 **B** のそれぞれの化学構造を下の例にならって描きなさい。



(2) (1)で構造 **A** および構造 **B** を選んだ理由を、分子間相互作用の観点を含めてそれぞれ説明しなさい。

問2 トルエン/水の相分離系に安息香酸を加えた場合、安息香酸は水中では単量体として存在するがトルエン相には会合体を形成して溶解し、トルエン相・水相の両方に分配される。以下の(1)、(2)に答えなさい。

(1) トルエン中の安息香酸の会合構造を描き、極性分子の安息香酸が無極性溶媒のトルエンにも分配されるメカニズムを説明しなさい。

(2) 安息香酸の分配係数 K_D および会合数 n を実験的に求める方法の手順について説明しなさい。なお分配係数 K_D は次の式①で表せるとする。また c_w および c_t は水中およびトルエン中の安息香酸のモル濃度である。

$$K_D = \frac{c_w^n}{c_t} \quad \text{①}$$

問3 分子が自由に回転できるときの分子間相互作用エネルギーを考える。以下の(a)～(e)で $1/r^6$ の距離依存性を持つものをすべて選びなさい。

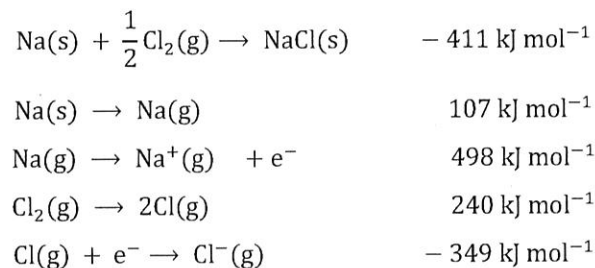
- (a) イオン－イオン相互作用
- (b) 双極子－誘起双極子相互作用
- (c) 双極子－双極子相互作用
- (d) イオン－双極子相互作用
- (e) 分散相互作用

令和6年度（10月期入学）及び令和7年度 金沢大学大学院自然科学研究科 博士前期課程入学試験 問題用紙		
専攻名	物質化学専攻（応用化学コース）（一般選抜A試験・出身学部等限定特別選抜）	
試験科目名	専門科目 ②専門化学	P. 3 / 8

II 以下の問1, 2に答えなさい。

問1 塩化ナトリウムの結晶構造はイオンサイズが大きい Cl^- が立方最密充てんし、6個の Cl^- で囲まれたすき間に小さいナトリウムイオン (Na^+) が占有したものとみなされる。

(1) 次に示す反応とそのエンタルピー変化を利用して、 NaCl 結晶の格子エネルギーを算出なさい。



- (2) Cl^- を半径 R の球と見なした場合、 Cl^- がつくる隙間に内接する球の半径 r を、 R を用いて表しなさい。但し、隣り合う球はすべて接触するものとする。なお、平方根は根号 ($\sqrt{\quad}$) のままでよい。
- (3) 同じ AX 型イオン結合性化合物であっても NaCl 型だけでなく、閃亜鉛鉱型や CsCl 型の結晶構造をとるものがある。どの結晶構造をとるのは二成分のイオン半径比からおおよそ予想できる。その判別方法を説明しなさい。

問2 塩化ナトリウムを添加した 0.2 M 硫酸ナトリウム水溶液 (pH 7) を電流密度 1 mA cm^{-2} で電気分解したところ、陽極、陰極共に電極から気泡が発生した。 NaCl , H_2O , Cl^- の標準生成ギブズエネルギーはそれぞれ、 -384 kJ mol^{-1} , -238 kJ mol^{-1} , -131 kJ mol^{-1} とする。また、以下の物理量は記号のまま、使用しなさい。(ファラデー定数 $F [\text{C mol}^{-1}]$, 気体定数 $R [\text{J mol}^{-1} \text{ K}^{-1}]$, 温度 $T [\text{K}]$)

- (1) 陽極で起こりうる気泡発生について、可能性のある半反応式をすべて示した上で、半反応式ごとに標準電極電位 ($E^\circ [\text{V}]$) を物理量の記号を利用して表しなさい。
- (2) 温度一定下で Cl^- の活量 (a_{Cl^-}) によって変化する半反応の電極電位 ($E [\text{V}]$) と a_{Cl^-} との関係式を物理量の記号を利用して表しなさい。
- (3) 標準電極電位と反応種の活量の情報により、可能性のある複数の電極反応を反応種の活量と電極電位の制御によって一つに絞り込むことができそうだが、実際にはそうならないことが多い。理由を説明しなさい。

令和6年度（10月期入学）及び令和7年度 金沢大学大学院自然科学研究科 博士前期課程入学試験 問題用紙		
専攻名	物質化学専攻（応用化学コース）（一般選抜A試験・出身学部等限定特別選抜）	
試験科目名	専門科目 ②専門化学	P. 4 / 8

III 以下の問1～3に答えなさい。なお、活量係数は常に1とし、文章中に示した以外の共存物質や、気相への気体放出は無視できるものとする。また、水のイオン積: $K_w = 1.0 \times 10^{-14} \text{ (mol/L)}^2$ とする。

問1 2価の弱酸 H_2A の第1段、第2段の酸解離定数はそれぞれ K_{a1} , $K_{a2} \text{ [mol/L]}$ である（ただし、 $10^{-2} \text{ mol/L} < K_{a1}$, $K_{a2} < 10^{-12} \text{ mol/L}$ ）。

- (1) 濃度が 0.010 mol/L の H_2A 水溶液で成立する(a) 電荷均衡式と(b) 物質収支式をそれぞれ答えなさい。
- (2) pH 2 から 12 の範囲における H_2A の各化学種のモル分率（存在率）の変化をグラフ（横軸：pH, 縦軸：モル分率）に図示しなさい。また、グラフの横軸上に半当量点の pH を記入しなさい。
- (3) (1)の水溶液中における $[\text{H}_2\text{A}]$ を pH の関数として示しなさい。

問2 1価の弱酸 HB の酸解離定数は $1.0 \times 10^{-5} \text{ mol/L}$ である。

- (1) 次の濃度の HB 水溶液の水素イオン濃度をそれぞれ計算しなさい。計算過程も示しなさい。
 (a) $2.0 \times 10^{-10} \text{ mol/L}$ (b) $2.0 \times 10^{-5} \text{ mol/L}$
- (2) HB 水溶液と化学試薬の溶液を混合して pH 緩衝液を調製した。この目的に適した化学試薬を一つ答えなさい。

問3 血液検査では、病気の診断やリスク評価を目的として様々な成分が分析される。ヒトの血液は、溶液の血漿と粒子態の血球（赤血球、白血球、血小板等）で構成される。赤血球には酸素を体中の組織に運ぶ役割があり、主成分はヘモグロビン（鉄を含むタンパク質）である。赤血球以外の血球成分には鉄はほとんど含まれていない。

血液試料 1.0 mL 中の赤血球に含まれる鉄の濃度を正確に定量したい。この目的に適した分析法（機器および前処理を含むこと）をそれぞれ具体的に述べなさい。また、選んだ機器について、鉄を測定する原理を説明しなさい。

問題用紙

専攻名	物質化学専攻（応用化学コース）（一般選抜A試験・出身学部等限定特別選抜）	
試験科目名	専門科目 ②専門化学	P. 5 / 8

IV 以下の問1～4に答えなさい。

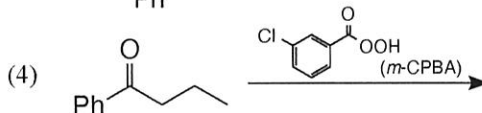
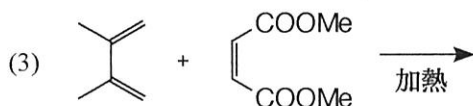
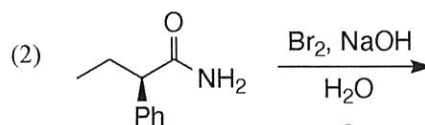
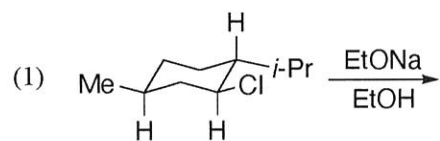
問1 次の各組の化合物を、それぞれ指示の順に、左から並べなさい。

(1) 酸性度の大きい順 NCCH_2CN $\text{CH}_3\text{COCH}_2\text{COCH}_3$ $\text{CH}_3\text{COCH}_2\text{COOC}_2\text{H}_5$

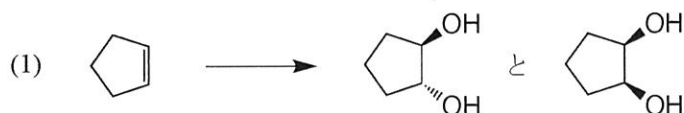
(2) 塩基性度の大きい順 CF_3COO^- CH_3COO^- EtO^- PhO^-

(3) 求核性の大きい順 PhO^- PhS^- PhSe^- PhTe^-

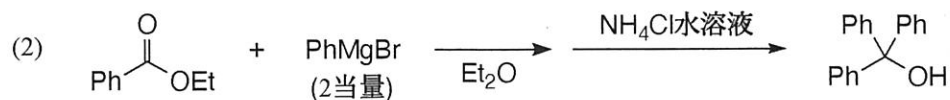
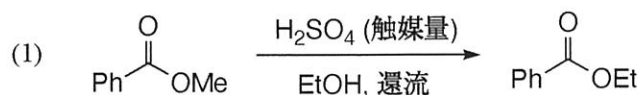
問2 次の各反応の生成物を、それぞれ書きなさい。立体化学がある場合は、それも示しなさい。



問3 左の化合物を出発原料とし、右に示してある2つの異性体をそれぞれ合成したい。各々の合成経路を、反応剤および中間生成物の構造も含めて書きなさい。



問4 次のそれぞれの反応について、中間体も含め、電子の流れを曲がった矢印で示しながら、反応機構を書きなさい。



令和6年度(10月期入学)及び令和7年度 金沢大学大学院自然科学研究科 博士前期課程入学試験 問題用紙		
専攻名	物質化学専攻(応用化学コース)(一般選抜A試験・出身学部等限定特別選抜)	
試験科目名	専門科目 ②専門化学	P. 6 / 8

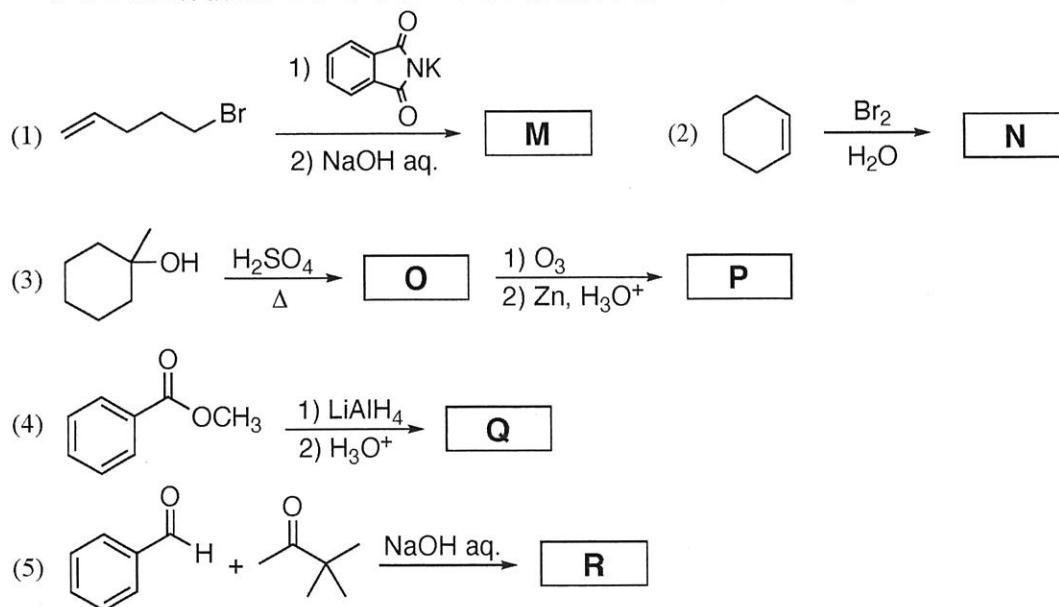
V 以下の問1, 2に答えなさい。

問1 以下の文を読んで, (1)~(7)に答えなさい。

化合物 **A** と **B** は, a) 2,4-ヘキサジエンの幾何異性体であり, **A** は **B** よりも熱力学的に安定である。
A または **B** を b) 無水マレイン酸と加熱すると, **A** からは2種類の異性体 **C** と **D** の混合物が **C** を優先して生じた。一方, c) **B** は反応が進行しなかった。また, **A** または **B** を過酸で処理すると, **A** からは単一のモノエポキシド **E** を経由して2種類のジエポキシド **F** と **G** が生じた。一方, **B** からは単一のモノエポキシド **H** を経由して2種類のジエポキシド **I** と **J** が生じた。また, d) **A** に適切な周波数の光を照射すると環化した生成物 **K** が生じた。**K** を加熱すると開環し, **A** と **B** の幾何異性体である **L** が生じた。

- (1) 下線部 a) について, 2,4-ヘキサジエンには幾何異性体がいくつ存在するか答えなさい。
- (2) 化合物 **A**~**L** を構造式で答えなさい。化合物 **C**~**K** は立体構造がわかるようにくさび形結合を用いて示しなさい。ただし, 光学異性体の存在は無視してよい。
- (3) 化合物 **C**, **E**, **F**, **K** にはそれぞれいくつ不斉炭素が存在するか答えなさい。
- (4) 下線部 b) について, この反応の名称を答えなさい。
- (5) 下線部 b) について, 化合物 **C** が優先的に生じたのは, ある規則に従って反応が進行した結果であるが, その規則の名称を答えなさい。
- (6) 下線部 c) について, 無水マレイン酸と **B** の反応が進行しなかった理由を40字以内で答えなさい。
- (7) 下線部 d) について, これらの反応はある規則に従って立体特異的に進行するが, その規則の名称を答えなさい。

問2 以下に示した反応式(1)~(5)の主生成物 **M**~**R** を構造式で示しなさい。立体選択的に反応が進行するものは立体構造がわかるようにくさび形結合を用いて示しなさい。



令和6年度（10月期入学）及び令和7年度 金沢大学大学院自然科学研究科 博士前期課程入学試験 問題用紙		
専攻名	物質化学専攻（応用化学コース）（一般選抜A試験・出身学部等限定特別選抜）	
試験科目名	専門科目 ②専門化学	P. 7 / 8

VI 以下の問1～5に答えなさい。

問1 分子量がそれぞれ 1.0×10^3 , 1.0×10^4 , 1.0×10^5 である3つのポリマーが1 mol ずつ混ざり合うサンプルの「数平均分子量」と「重量平均分子量」、および「分子量分布」を求めなさい。

問2 絶対分子量の等しい直鎖状ポリマーと環状ポリマーがある。これらの相対分子量をサイズ排除クロマトグラフィー (SEC) を用いて測定すると、どのような結果が予想されるか、50 字程度で説明しなさい。また、絶対分子量を測定する代表的な手法を一つ挙げなさい。

問3 ゴムの木から得られる天然ゴムの成分はイソプレンが重合したポリイソプレンである。この天然ゴムの構造式を示しなさい。

問4 *p*-トルエンスルホン酸メチルを開始剤とする 2-メチル-2-オキサゾリンの開環異性化重合について、重合反応機構を示しなさい。但し、停止剤はエチルアミンとする。また、生成したポリマーをアルカリ加水分解して得られるポリマーの構造式を記しなさい。

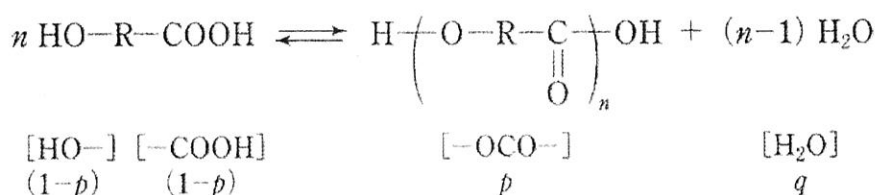
問5 次の(1)～(4)の重合反応により生成する高分子の構造式を示しなさい。

- (1) テレフタル酸塩化物とパラフェニレンジアミンの重縮合により生成するポリアミド
- (2) ヘキサメチレンジアミンとヘキサメチレンジイソシアナートの重付加により生成するポリウレア
- (3) 3-メチルチオフェンと塩化鉄(III)を用いて生成する共役ポリマー
- (4) ε -カプロラクタムの開環重合により生成するポリアミド

令和6年度（10月期入学）及び令和7年度 金沢大学大学院自然科学研究科 博士前期課程入学試験 問題用紙		
専攻名	物質化学専攻（応用化学コース）（一般選抜A試験・出身学部等限定特別選抜）	
試験科目名	専門科目 ②専門化学	P. 8 / 8

VII 以下の問1, 2に答えなさい。

問1 ヒドロキシ酸からポリエステルを合成する場合、官能基の反応度を p として、系中から水を除去しながら重合を行う平衡反応を以下のように考える。系中に残る水のモル数を q として、以下の(1)~(3)に答えなさい。



- (1) ポリマーが生成する反応の平衡定数 K を p , q を使って示しなさい。
- (2) このとき得られる高分子の数平均重合度 P_n を平衡定数 K と q を使って示しなさい。ただし、 K/q は1よりかなり大きいと仮定する。
- (3) 1 mol のヒドロキシ酸から数平均重合度 $P_n = 100$ の高分子 A を得るためには、反応系に残存する水の量はどこまで少なくするべきか、計算しなさい。ただし、このときの平衡定数 K は 6.0 として、有効数字2桁で答えなさい。

問2 数平均重合度 $P_n = 100$ の高分子 A を溶媒に溶解させ、分子鎖の大きさを測定した。良溶媒中ではらせん構造を取り、 θ 溶媒中ではランダムコイル状態であった。高分子 A のモノマーユニットの大きさが 0.4 nm であるとき、良溶媒中および θ 溶媒中の両端間距離をそれぞれ求めなさい。ただし、良溶媒中のらせん構造は4つのモノマーユニットで1つのらせんを形成し、らせんとらせんの間隔は 0.5 nm であった。また、 θ 溶媒中のランダムコイル状態は自由連結鎖とみなすことができる。

らせん構造

