

令和8年度（令和8年4月入学）
京都工芸繊維大学大学院工芸科学研究科 博士前期課程（修士課程）
材料創製化学専攻・材料制御化学専攻・物質合成化学専攻・機能物質化学専攻
一般入試第Ⅰ期学力検査 入学試験問題

－ 専門基礎科目Ⅰ －

1. 問題冊子が1組、解答用冊子が1組配られていることを確認しなさい。
2. 監督者の指示があるまで、問題冊子と解答用冊子を開いてはいけません。
3. 問題冊子は表紙を含めて8枚、また、解答用冊子は解答用紙3枚からなっています。監督者から解答開始の合図があったら、問題冊子、解答用紙を確認し、乱丁・落丁および印刷の不鮮明な箇所などがあれば、手を挙げて監督者に知らせなさい。
4. 解答用紙には、受験番号を記入する欄ならびに志望専攻欄があります。試験開始後にすべての解答用紙の受験番号欄に受験番号を記入しなさい。また、志望専攻欄から志望する専攻に○をつけなさい。
5. 解答は、必ず解答用紙の指定された場所（問題番号や設問の番号・記号などが対応する解答欄の中）に記入しなさい。なお、指定された場所以外への解答は採点対象外です。
6. 解答用紙は持ち帰ってはいけません。
7. 問題冊子は持ち帰りなさい。

問1 次の設問 (a)～(f) に答えよ。

(a) 次の文章について、問(1)～(3)に答えよ。

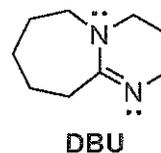
エタン(CH₃CH₃)では、各炭素原子は(**あ**)軌道を形成し、(**い**)構造をとる。二つの炭素原子間には、(**あ**)軌道の重なりによって単結合(σ結合)が形成されている。エチレン(CH₂=CH₂)では、各炭素原子は(**う**)軌道を形成し、(**え**)構造をとる。炭素原子間には、(**う**)軌道によるσ結合と2p軌道電子によるπ結合が一つ加わり、二重結合が形成されている。アセチレン(HC≡CH)は、各炭素原子が(**お**)軌道を形成し、(**か**)構造をとる。炭素原子間には、(**お**)軌道によるσ結合に二つのπ結合が加わり、三重結合が形成されている。

- (1) 空欄(あ)～(か)にあてはまる適切な語句を答えよ。
- (2) エタン、エチレン、アセチレンにおける C-H 結合の結合エネルギーについて、大きいものから順に並べよ。またその順番になる理由を説明せよ。
- (3) 1-ペンチン(CH₃CH₂CH₂C≡CH; pK_a = 25)を脱プロトン化して平衡を生成物側へ傾かせたい。次の塩基①～⑥の中から、平衡を生成物側へ傾かせることができる塩基をすべてかけ。ただし、各塩基に対する共役酸の pK_a 値は、H₃O⁺ : -1.7, CH₃COOH : 4.8, NH₄⁺ : 9.4, H₂O : 15.7, NH₃ : 38, CH₄ : 50 とする。

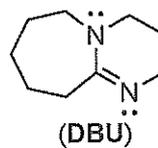
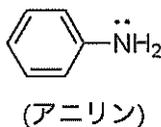
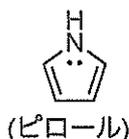
①H₂O ②CH₃COONa ③NH₃ ④NaOH ⑤NaNH₂ ⑥CH₃Li

(b) 次の問(1)および(2)に答えよ。

(1) 脱離反応の塩基としてよく利用される右の化合物は、1,8-ジアザビシクロ[5.4.0]-7-ウンデセン(DBU)と呼ばれる。DBUの構造に含まれる二つの窒素(N)原子のうち、塩基性がより強いのはどちらか。解答用紙に記載の構造中に、塩基性がより強いN原子を丸で囲め。また、選んだN原子が他方のN原子よりも塩基性が強くなる理由を説明せよ。



(2) 次の化合物について、塩基性度が高いものから順に並べよ。解答は化合物名または略称で答えよ。また、その順番になる理由を説明せよ。

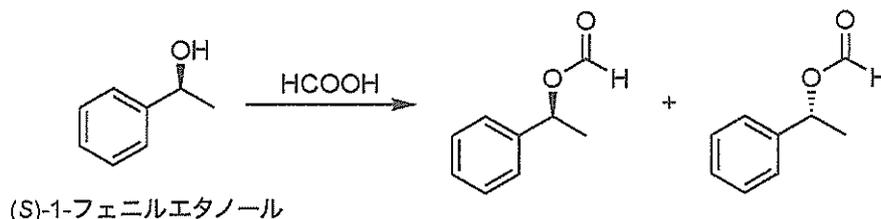


(c) 次の問(1)～(4)に答えよ。

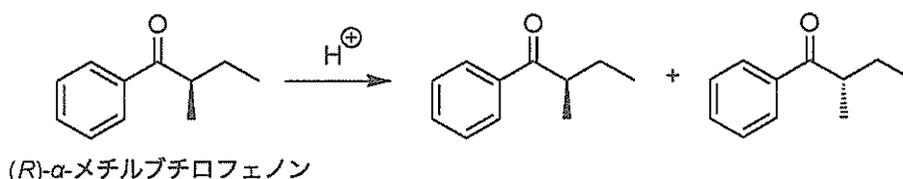
- (1) フマル酸(*trans*-2-ブテン二酸)を、四酸化オスミウム(OsO₄)によってジヒドロキシ化すると、酒石酸が二つの立体異性体として生成する。酒石酸の二つの立体異性体(AとB)の構造式を、立体中心の立体化学が明確になるようにつけ。
- (2) マレイン酸(*cis*-2-ブテン二酸)を同条件下でジヒドロキシ化したとき、酒石酸が単一の立体異性体Cとして生成する。立体異性体Cの構造式を、立体中心の立体化学が明確になるようにつけ。
- (3) マレイン酸から生成したCの比旋光度[α]はゼロであった。Cの立体構造を考慮して、その理由を説明せよ。
- (4) 酒石酸の立体異性体A～Cについて、「エナンチオマー」「ジアステレオマー」の関係となる組み合わせをすべてかけ。

(d) 次の観察された現象(1)と(2)について、反応機構を示して説明せよ。

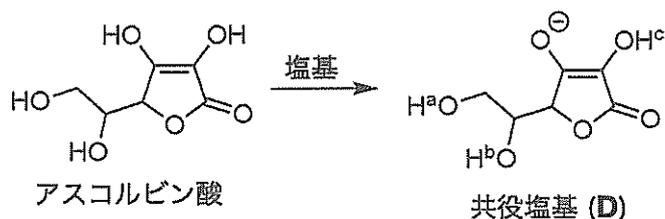
(1) (S)-1-フェニルエタノール溶液にギ酸を加えて加熱すると、ギ酸 1-フェニルエチルがラセミ体として得られた。



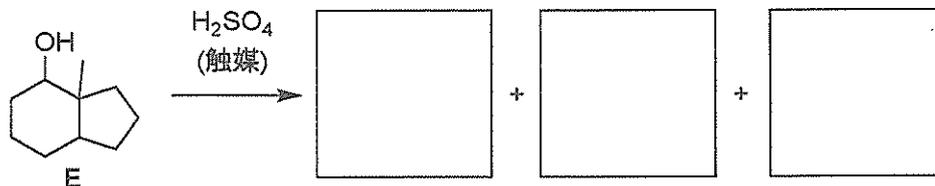
(2) (R)- α -メチルブチロフェノン溶液に薄い酸を加えると、その比旋光度 $[\alpha]$ が徐々に低下し、最終的に $[\alpha]$ がゼロとなった。



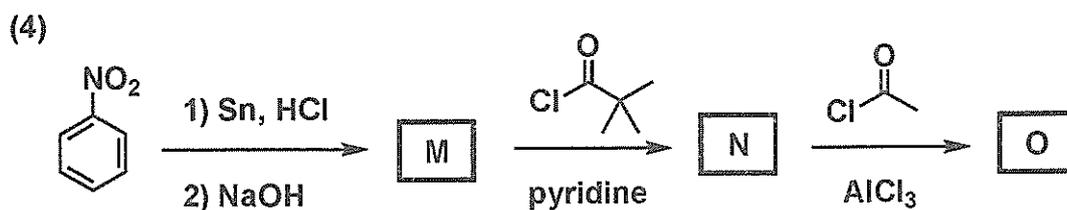
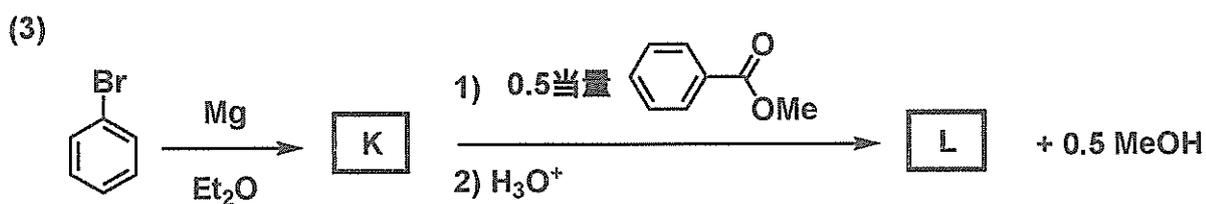
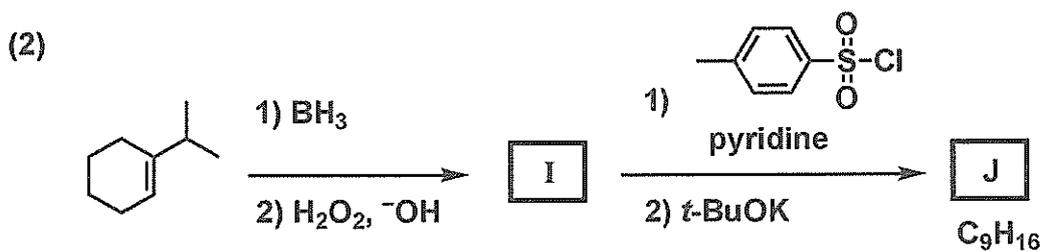
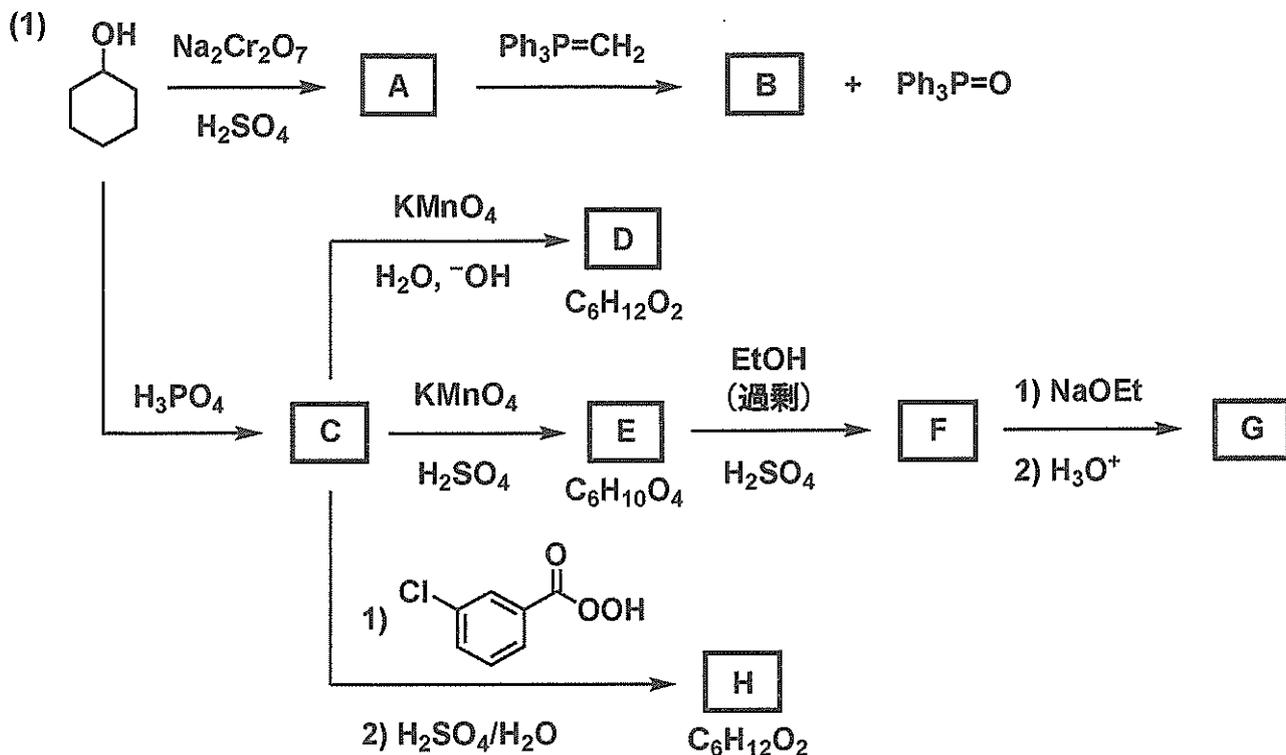
(e) 細胞内では、アスコルビン酸の大部分が共役塩基(D)の形で存在している。Dは、その構造中の $H^a \sim H^c$ のいずれかの水素原子を水素ラジカルとして引き抜かれることで酸化反応を阻害するため、酸化防止剤としてはたらく。 $H^a \sim H^c$ のうち、水素ラジカルとして最も引き抜かれやすい水素原子はどれか答えよ。またその理由を、構造式を用いて説明せよ。



(f) アルコールEに H_2SO_4 を触媒として作用させると脱水反応が進行し、分子式 $C_{10}H_{16}$ で表されるアルケンが三種類生成する。それぞれのアルケンの構造式をかけ。また、それらが生成する反応機構を段階ごとにかけ。なお、アルケンに含まれる立体中心の立体化学は考慮しなくて良い。



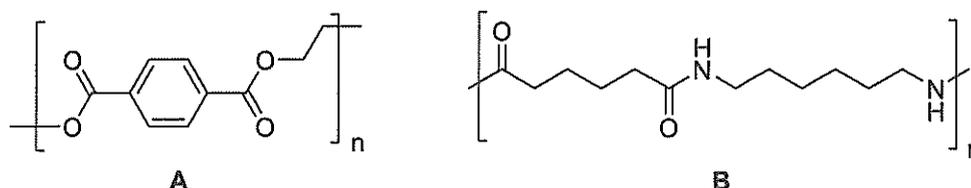
問2 次の反応スキーム (1) ~ (4) において、A ~ O にはまる有機化合物の構造式をかけ。なお、D, H, I については、立体化学が明らかになるようにかけ。



問3 重合に関する以下の文章を読み、設問(a)～(e)に答えよ。

①ポリエステルやポリアミドなどの高分子は、一般的に、モノマーの官能基間の反応により重合が段階的に進行していくことで合成される。この重合様式を②逐次重合と呼ぶ。逐次重合は、③脱離成分を生じる重縮合や、脱離成分を生じない重付加などに分類される。一方、ポリスチレンやポリメタクリル酸などの高分子は、④連鎖重合で合成される。連鎖重合では、開始反応により重合が進行し始め、活性点とモノマーの反応により新たな結合の形成と活性点の生成が起こる成長反応で高分子が得られる。また、環状モノマーの環開裂をとめないながら直鎖状高分子が生成する連鎖重合を⑤開環重合と呼ぶ。

(a) 下線部①に関して、以下に示す高分子 **A** と **B** を合成するために必要な 2 つのモノマーの構造式をそれぞれかけ。

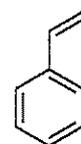


(b) 下線部②に関して、以下の空欄に適した式または数値を答えよ。

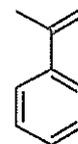
官能基 X と Y を同一分子内にもつモノマーに対して、官能基 X と Y の反応による逐次重合反応について考える。官能基 X (あるいは官能基 Y) の反応度を P ($0 \leq P \leq 1$)、重合前のモノマーのモル数を N_0 、重合後に存在する分子のモル数を N 、得られた高分子の平均重合度を D とする。重合によって反応した官能基 X (あるいは官能基 Y) のモル数を N と N_0 であらわすと ア であることから、反応度 P は イ であらわされる。平均重合度 D は、 N_0 と N であらわすと ウ となるため、反応度 P であらわすと エ となる。すなわち、平均重合度 D が 100 となるために必要な反応度 P は オ となる。なお、副反応や環化反応は起こらないものとする。

(c) 下線部③に関して、重縮合を効率的に進行させるには工夫が必要である。ジカルボン酸とジオールからのポリエステル合成を例に、「脱水」「平衡反応」という言葉を必ず用いて、どのような工夫が必要かを述べよ。

(d) 下線部④に関して，ラジカル重合におけるモノマーの重合速度とポリマーの解重合速度がつりあって，見かけ上，重合がそれ以上進行しない状態になる温度を「天井温度」という。右に示すスチレンと α -メチルスチレンのうち，天井温度がより低いのはどちらか。また，その理由を説明せよ。

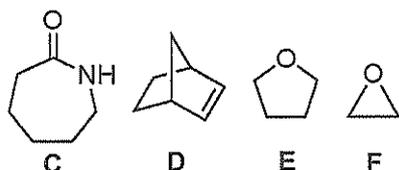


スチレン

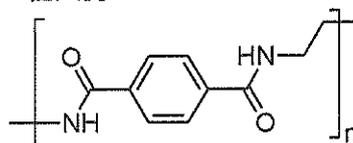


α -メチルスチレン

(e) 下線部⑤に関して，以下に示すモノマー **C**~**F** の開環重合により得られる高分子の構造式を，記入例にならってかけ。また，それぞれのモノマーの開環重合に適している開始剤を以下の(あ)~(お)から選び，すべて答えよ。

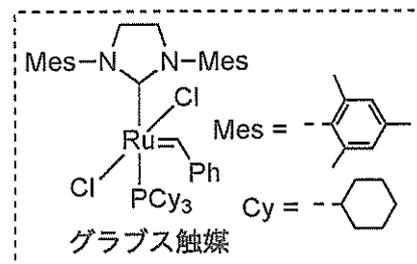


記入例



【開始剤】

- (あ) グラブス触媒 (右図参照) (い) ナトリウムエトキシド
 (う) 三フッ化ホウ素/水 (え) トリフルオロメタンスルホン酸
 (お) アゾビスイソブチロニトリル



(以上)

令和8年度（令和8年4月入学）
京都工芸繊維大学大学院工芸科学研究科 博士前期課程（修士課程）
材料創製化学専攻・材料制御化学専攻・物質合成化学専攻・機能物質化学専攻
一般入試第Ⅰ期学力検査 入学試験問題

— 専門基礎科目Ⅱ —

1. 問題冊子は、表紙と白紙を含めて6枚である。試験開始後に確認すること。
解答用紙3枚、下書き（計算）用紙1枚が配られているか、試験開始後に確認すること。
2. 問1～問3の全問について、所定の解答用紙に解答せよ。解答は指定された解答欄に記すこと。指定された解答欄以外の場所に記された解答は採点されないので注意すること。全ての解答用紙について、志望専攻を○で囲み、所定の場所に受験番号を必ず記入すること。（これらが記入されていない解答は採点しない。）白紙解答であっても、必ず志望専攻を○で囲み、受験番号を記入すること。
3. 解答用紙は試験終了後にすべて回収するので、持ち帰らないこと。
4. 問題冊子と下書き（計算）用紙は持ち帰ること。

問1 次の文を読んで、設問(a)～(g)に答えよ。気体定数は R とする。

非膨張の仕事を行わない閉鎖系において、内部エネルギーの微小変化 dU は温度 T 、エントロピー S 、圧力 p 、体積 V を用いて $dU = (\text{ア})$ となる。また、内圧 π_T は式(1)で表すことができる。

$$\pi_T = \left(\frac{\partial U}{\partial V}\right)_T \quad \dots (1)$$

内圧は一定 (イ) で物質の (ウ) が変化したときの内部エネルギーの変化を表し、系内の分子間相互作用から生じる。引力相互作用が働く場合は π_T は (エ) の値をとる一方、完全気体の π_T は 0 である。式(1)を変形しマクスウェルの関係式を用いると、熱力学的状態方程式と呼ばれる式(2)が得られる。

$$\pi_T = T \left(\frac{\partial p}{\partial T}\right)_V - p \quad \dots (2)$$

内部エネルギーを T と V の関数とみなすと、それらの変化による内部エネルギーの微小変化 dU は 2 つの偏導関数を用いて次のように表される。

$$dU = (\text{オ})$$

定容熱容量 C_V と内圧 π_T を用いると $dU = C_V dT + \pi_T dV$ と表されるので、次式が得られる。

$$\left(\frac{\partial U}{\partial T}\right)_p = C_V + \pi_T \left(\frac{\partial V}{\partial T}\right)_p$$

膨張率 α は $\left(\frac{\partial V}{\partial T}\right)_p$ を用いて式(3)で表される。

$$\alpha = \frac{1}{V} \left(\frac{\partial V}{\partial T}\right)_p \quad \dots (3)$$

定容熱容量 C_V と定圧熱容量 C_p の差を考える。 C_p とエンタルピー H の定義を考慮して式(2)を用いると、式(4)が得られる。

$$C_p - C_V = \alpha T V \left(\frac{\partial p}{\partial T}\right)_V \quad \dots (4)$$

これに、等温圧縮率 $\kappa_T = -\frac{1}{V} \left(\frac{\partial V}{\partial p}\right)_T$ を用いると式(5)が得られる。

$$C_p - C_V = \frac{\alpha^2 T V}{\kappa_T} \quad \dots (5)$$

固体では α は小さいが、必ずしも $C_p \approx C_V$ とはならない。これは κ_T も小さい場合があるからである。

(a) 上の文章の (ア) ～ (オ) に最適な式または語句を書け。

(b) ヘルムホルツエネルギー A の微小変化 dA を T , S , p , V を用いて書け。

(c) 以下のマクスウェルの関係式を導出せよ。

$$\left(\frac{\partial S}{\partial V}\right)_T = \left(\frac{\partial p}{\partial T}\right)_V$$

(d) 式(1)から、式(2)を導出せよ。

(e) 式(3)を用いて完全気体の膨張率を求めよ。計算過程を書くこと。

(f) 式(4)を導出せよ。

(g) 式(5)から、 n mol の完全気体における $C_p - C_V$ を求めよ。計算過程を書くこと。

問2 次の文を読んで、設問(a)～(g)に答えよ。ただし、 h はプランク定数である。

必要であれば、以下の積分公式を用いよ。

$$\int \sin^2 ax \, dx = \frac{x}{2} - \frac{\sin 2ax}{4a} + \text{定数}$$

長いカーボンナノチューブ中の電子のエネルギーや存在確率などは、2つの透過できない壁の間に閉じ込められた粒子の一次元のシュレーディンガー方程式を解くことで得られる。

有限の領域 ($0 \leq x \leq 2L$) に閉じ込められた質量 m の粒子のシュレーディンガー方程式

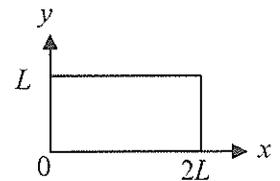
$$\left[-\frac{\hbar^2}{8\pi^2 m} \frac{d^2}{dx^2} + V(x) \right] \psi(x) = E\psi(x) \quad V(x) = \begin{cases} 0 & (0 \leq x \leq 2L) \\ \infty & (x < 0, 2L < x) \end{cases} \quad \dots (1)$$

の波動関数 $\psi(x)$ は、波数 k を用いて以下の一般式で表される。

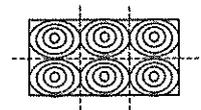
$$\psi(x) = A \sin kx + B \cos kx \quad \dots (2)$$

ここで、 A と B は定数である。境界条件によって波動関数 $\psi(x)$ は制限を受けて、エネルギー E は量子化され、これらは自然数である量子数 n ($=1, 2, 3, \dots$) で表される。この結果を二次元、三次元に拡張することも可能である。シュレーディンガー方程式を解いて得られる波動関数を使って、カーボンナノチューブの注目する範囲に電子を見いだす確率を計算でき、波動関数の節を考えることで、存在確率が低い場所などを推定できる。

- (a) 式(2)を式(1)に代入してエネルギー E を求め、 h , k , m を用いて表せ。
- (b) 境界条件 $\psi(0) = \psi(2L) = 0$ から k を L と n を用いて表し、規格化定数を N として波動関数 $\psi(x)$ を N , L , n を用いて書け。計算過程を書くこと。
- (c) E を h , m , L , n を用いて表せ。
- (d) 粒子が $0 \leq x \leq 2L$ の領域に存在していることを考慮して、規格化定数 N を求め、 L を用いて表せ。計算過程を書くこと。
- (e) 基底状態 ($n=1$) の波動関数において、 $\frac{L}{2} \leq x \leq \frac{3L}{2}$ の範囲に粒子が存在している確率 P を求めよ。計算過程を書き、解答は π を含んだ式で答えよ。
- (f) 有限の領域 ($-L \leq x \leq L$) に閉じ込められた粒子についてシュレーディンガー方程式を解いて得られる波動関数の式を、エネルギーの低い方から3つ書け。ただし、規格化定数は N を使用せよ。
- (g) 透過できない壁に囲まれた、 x 方向の長さが $2L$ 、 y 方向の長さが L の平面長方形の表面に閉じ込められた質量 m の粒子の運動を考える。 x 方向の量子数を n_x 、 y 方向の量子数を n_y としたとき、以下の問(i)～(iv)に答えよ。ただし、量子数は互いに独立で、 $n_x=1, 2, 3, \dots$ 、 $n_y=1, 2, 3, \dots$ である。



記入例



- (i) 量子数の組み合わせが (n_x, n_y) である波動関数のエネルギー E_{n_x, n_y} を h , m , L , n_x , n_y を用いて表せ。
- (ii) 零点エネルギー $E_{1,1}$ を h , m , L を用いて表せ。
- (iii) 波動関数の形状をエネルギーの低い方から順に4つ描け。ただし、記入例にならって、波動関数の形状を表す等高線を実線で、節を点線で描け。
- (iv) $(n_x, n_y) = (2, 3)$ と縮退している波動関数の量子数の組 (n_x, n_y) を答えよ。

問3 次の設問(a)と(b)に答えよ。化学種 X のモル濃度を [X] と表すものとする。

(a) 体積一定の容器内での化合物 A の気相分解反応を考える。この反応では、反応式(1)のように、気体 A から気体 B と C が生成する。ここで、反応開始前は A のみが存在し、反応式(1)以外の反応は起こらず、気体 A, B, C は全て完全気体とする。また、反応時の温度は一定とする。



反応開始から時間 t が経過し、反応開始前の A のモル濃度 $[A]_0$ のうち、割合 x ($0 \leq x \leq 1$) だけ分解したとする。

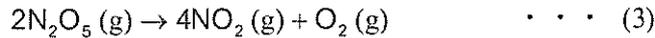
- (i) [A] の時間変化率 $d[A]/dt$ と [B] の時間変化率 $d[B]/dt$ の関係を式で表せ。
- (ii) 反応開始から時間 t が経過したときの [A] および容器内の A, B, C の全モル濃度 M を、それぞれ x と $[A]_0$ を用いて表せ。
- (iii) 反応開始から時間 t が経過したときの容器内の全圧 P を、 x および反応開始前の容器内の圧力 p_0 を用いて表せ。
- (iv) 反応開始から時間 t が経過したときの A の分圧 p_A を、 P と p_0 を用いて表せ。
- (v) A の分解反応速度 $-d[A]/dt$ が式(2)のように表されるものとする。

$$-\frac{d[A]}{dt} = k[A] \quad \dots (2)$$

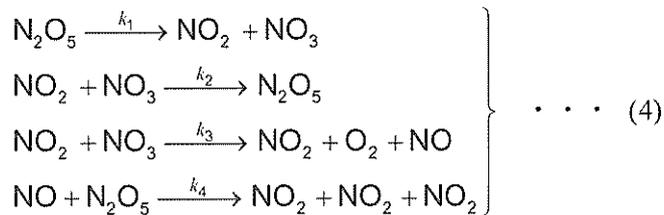
ここで、 k は反応速度定数である。 p_A を、 k , p_0 , t を用いて表せ。計算過程を書くこと。

(vi) P を、 k , p_0 , t を用いて表せ。

(b) N_2O_5 の分解反応は、以下のように表される。



実際には、分解反応(3)は以下の素反応(4)から進行すると考えられている。ここで、各素反応の反応速度定数を、それぞれ、 k_1 , k_2 , k_3 , k_4 とする。



- (i) $[N_2O_5]$, $[NO]$ および $[NO_3]$ の正味の時間変化率 $d[N_2O_5]/dt$, $d[NO]/dt$ および $d[NO_3]/dt$ を、 $k_1 \sim k_4$ および反応物、中間体、生成物のモル濃度を用いて表せ。
- (ii) 定常状態近似 ($d[NO]/dt \approx 0$ かつ $d[NO_3]/dt \approx 0$) を適用し、 N_2O_5 の分解反応(3)が一次反応の速度式に従うことを示せ。

(以 上)

令和8年度（令和8年4月入学）
京都工芸繊維大学大学院工芸科学研究科 博士前期課程（修士課程）
材料創製化学専攻・材料制御化学専攻・物質合成化学専攻・機能物質化学専攻
一般入試第Ⅰ期学力検査 入学試験問題

— 専門基礎科目Ⅲ —

1. 問題冊子は、表紙を含めて6枚である。試験開始後に確認すること。
解答用紙3枚、下書き（計算）用紙1枚が配られているか、確認すること。
2. 解答用紙全てに受験番号を必ず記入すること。（受験番号が記入されていない解答は採点しない。）また、解答用紙は、白紙解答であっても全て提出すること。
3. 解答用紙全てについて、志望専攻を○で囲むこと。
4. 各解答用紙には、解答枠内の左上に指定された問題番号についての解答を記入すること。
（誤った問題番号の解答は採点しない。）
5. 解答は、必ず解答用紙の指定された場所（設問の番号・記号などが対応する解答欄の中）に記入しなさい。指定された場所以外へ解答したものは、採点しない。
6. 計算機を貸与する。計算機は、試験終了後に回収する。
7. 解答用紙は試験終了後に回収する。問題冊子と下書き（計算）用紙は持ち帰ること。

問1 質量 m の質点 A と質量 M の質点 B の間にはたらく重力について考える。両者の間の重力の大きさ F が、 m 、 M 、質点 A と質点 B の間の距離 R そして万有引力定数 G によって過不足なく記述されるとして、以下の問いに答えよ。

- (a) F の満たす式を次元解析から求めたい。与えられた条件から、無次元数 f と指数 α 、 β 、 γ を用いて $F = f \times G^\alpha (Mm)^\beta R^\gamma$ とおくことが出来る。万有引力定数 G の次元が $[M^{-1}L^3T^{-2}]$ であることを用いて、指数 α 、 β 、 γ の値を求めよ。ここで M 、 L 、 T はそれぞれ、質量、長さ、時間を表す記号である。

実際には $f = 1$ である。これ以降、 $f = 1$ とし、 $M \gg m$ として質点 B が静止しているとみなして答えよ。また、具体的な値を答えるにあたっては、MKS 単位系を用いること。MKS 単位系とは、メートル (m)、キログラム (kg)、秒 (s) をそれぞれ、長さ、質量、時間の基本単位とする単位系で、国際単位系 (SI) の一部を構成するものである。

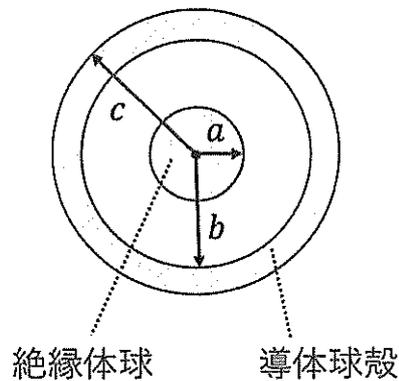
- (b) 問 (a) で求めた式を用い、質点 A が質点 B の周りを等速円運動しているときの質点 A の速さ v を m 、 M 、 R 、 G の中から必要なものを用いて示せ。
- (c) $m = 5.972 \times 10^{24}$ kg、 $M = 1.989 \times 10^{30}$ kg、 $R = 1.496 \times 10^{11}$ m、 $G = 6.674 \times 10^{-11}$ kg⁻¹m³s⁻² として、 v を有効数字 3 桁で求めよ。

これ以降、 m 、 M 、 R 、そして G は具体的な数値を代入することなくそのまま用いよ。

- (d) 質点 A の持つポテンシャルエネルギー U を考える。 $R \rightarrow \infty$ の時、 $U \rightarrow 0$ として、 U を m 、 M 、 R 、 G の中から必要なものを用いて示せ。同様に、質点 A の持つ全エネルギー E を m 、 M 、 R 、 G の中から必要なものを用いて示せ。
- (e) 質点 A になんらかの抵抗力がはたらくことで、 E が減少する。この時、 R および v がどのように変化するか、理由をつけて記述せよ。

問2 図のように、半径 a の絶縁体球の周りに、これと同心の電荷をもたない導体球殻がある。導体球殻の内半径および外半径はそれぞれ b および c である。絶縁体球には、全電荷 Q が一様な電荷密度で分布している。絶縁体球の中心からの距離を r 、真空の誘電率を ϵ_0 とする。

- (a) $r < a$ 、 $a < r < b$ 、 $b < r < c$ 、 $c < r$ の各領域における電場の大きさを求めよ。答えは、 a 、 b 、 c 、 r 、 Q 、 ϵ_0 の中から必要なものを用いて表せ。
- (b) $r < a$ 、 $a < r < b$ 、 $b < r < c$ 、 $c < r$ の各領域における電位を求めよ。ただし、電位は無限遠をゼロとする。答えは、 a 、 b 、 c 、 r 、 Q 、 ϵ_0 の中から必要なものを用いて表せ。



図

問3 次の文を読んで、設問 (a)~(c) に答えよ。

振幅 A 、波長 λ 、周期 T を持つ正弦波 y が x 軸にそって伝わる場合、時刻を t として

$$y = A \sin 2\pi \left(\frac{x}{\lambda} - \frac{t}{T} \right)$$

で表される。ここで、 $k = 2\pi/\lambda$ 、 $\omega = 2\pi/T$ としたとき、 k を (ア)、 ω を (イ)と呼ぶ。

次に、同じ媒質中を同一の振幅、波長、周期を持つ正弦波が x 軸にそって互いに反対向きに進行する場合を考える。これらの正弦波 y_1 、 y_2 はそれぞれ、

$$y_1 = A \sin(kx - \omega t)$$

$$y_2 = A \sin(kx + \omega t)$$

と表される。

y_1 は x 軸の (ウ) の向きに進み、 y_2 は (エ) の向きに進む。 y_1 と y_2 を足し合わせ、三角関数の和積の公式を適用すると、三角関数の積の形

$$Y = y_1 + y_2 \\ = (オ)$$

となる。

この波は、時間変化しない節をもち、あたかも進行しないように見える。このような波を (カ) 波と呼ぶ。(カ) 波の (イ) は (キ) となり、各点の振幅は (ク) で x の関数となる。すなわち、すべての点で同一の (イ) で単調和振動を行う。

(a) (ア)~(ク)に適切な語句または数式を入れよ。

(b) $t = 0, T/4, 3T/8$ のときの波形 Y を、 $0 \leq x \leq \lambda$ の範囲で示せ。ただし、極大値、極小値および x 軸との交点があれば、それらの座標も図に書き込め。

(c) (オ)で記述される Y が波動方程式 $\frac{1}{v^2} \frac{\partial^2 Y}{\partial t^2} = \frac{\partial^2 Y}{\partial x^2}$ を満たすことを示し、 v を k, ω で表せ。

(以上)

令和8年度（令和8年4月入学）
京都工芸繊維大学大学院工芸科学研究科 博士前期課程（修士課程）
材料創製化学専攻・材料制御化学専攻・物質合成化学専攻・機能物質化学専攻
一般入試第1期学力検査 入学試験問題

－ 専門基礎科目Ⅳ －

1. 問題冊子は、表紙を含めて10枚である。試験開始後に確認すること。
解答用紙3枚、下書き（計算）用紙1枚が配られているか、試験開始後に確認すること。
2. 問1～問3の全問について、所定の解答用紙に解答せよ。解答は指定された解答欄に記すこと。指定された解答欄以外の場所に記された解答は採点されないので注意すること。全ての解答用紙について、志望専攻を○で囲み、所定の場所に、受験番号を必ず記入すること。（これらが記入されていない解答は採点しない。）白紙解答であっても、必ず志望専攻を○で囲み、受験番号を記入すること。
3. 定規を貸与する。これらは、試験終了後に回収する。
4. 解答用紙は試験終了後に回収する。問題冊子と下書き（計算）用紙は持ち帰ること。

問1 次の設問(a)~(c)に答えよ。

(a) 水素型原子の波動関数 ψ は、極座標である r (動径)、 θ (余緯度)、 ϕ (方位角)を用いると下記のように与えられる。

$$\psi_{n,l,m_l} = R_{n,l}(r) \times Y_{l,m_l}(\theta, \phi)$$

ここで、 $R_{n,l}(r)$ および $Y_{l,m_l}(\theta, \phi)$ はそれぞれ動径波動関数および球面調和関数である。動径波動関数は、(ア) 量子数 n および (イ) 量子数 l で決まり、球面調和関数は (イ) 量子数 l と (ウ) 量子数 m_l で決まるため、水素型原子の原子軌道はこれら三つの量子数によって定められる。表1に n が 2 の場合の動径波動関数 $R_{n,l}(r)$ が示されている。ここで、 Z と a_0 はそれぞれ原子番号とボーア半径であり、 e は自然対数の底である。

表1 $n=2$ の場合の動径波動関数 $R_{n,l}(r)$

n	l	$R_{n,l}(r)$
2	0	$\frac{1}{2\sqrt{2}} \left(\frac{Z}{a_0}\right)^{3/2} \left(2 - \frac{Zr}{a_0}\right) e^{-Zr/2a_0}$
2	1	$\frac{1}{2\sqrt{6}} \left(\frac{Z}{a_0}\right)^{3/2} \frac{Zr}{a_0} e^{-Zr/2a_0}$

水素型原子の波動関数について、以下の問(1)から(3)に答えよ。

(1) (ア) ~ (ウ) に適切な語句を入れよ。

(2) 2s 軌道の $R_{n,l}(r)$ の節を与える r を求めよ。計算過程も示せ。

(3) 原子軌道の動径分布関数は、動径 r の二乗と $R_{n,l}(r)$ の二乗の積 $r^2 R_{n,l}^2(r)$ であらわされる。

この動径分布関数は、ある原子軌道において核からの距離 $r \sim r + dr$ の範囲に電子を見いだす確率を与える。以下の問(i)および(ii)に答えよ。

(i) 図1(a)および1(b)には、2s 軌道もしくは 2p 軌道の動径分布関数のいずれかが示されている。

図1(a)および1(b)の動径分布関数がどの原子軌道に対応するか、解答欄の適切な方を○で囲め。

(ii) 図1(a)および1(b)を参考にして、2s 軌道と 2p 軌道のどちらが遮蔽されやすいかを答え、その理由もあわせて答えよ。

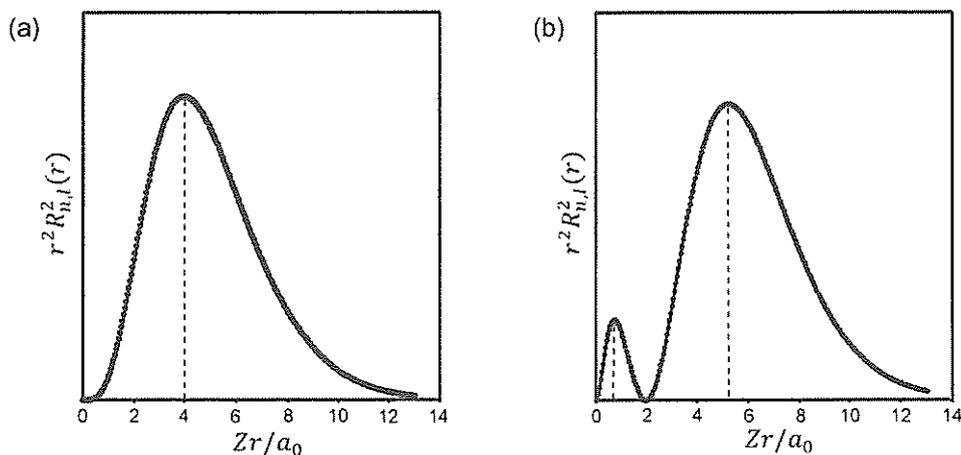


図1 2s 軌道もしくは 2p 軌道の動径分布関数 (点線は動径分布関数の極大を表している)

(b) 図2に示された水分子は C_{2v} の対称性をもつ。表2に C_{2v} の指標表の一部を示す。

水分子について、以下の問(1)から(3)に答えよ。

- (1) 水分子の主軸に対してある角度だけ回転させると、分子は元の形にもどる。この回転の角度として最も小さな値を書け。
- (2) 水分子における酸素原子の $2s$ 、 $2p_x$ 、 $2p_y$ および $2p_z$ 軌道は、指標表に示されている対称種 A_1 、 A_2 、 B_1 および B_2 のいずれに属するかを決定せよ。
- (3) 問(2)で答えた対称種を考えることにより、水分子の水素原子と相互作用することのできない酸素原子の原子軌道の一つ答えよ。

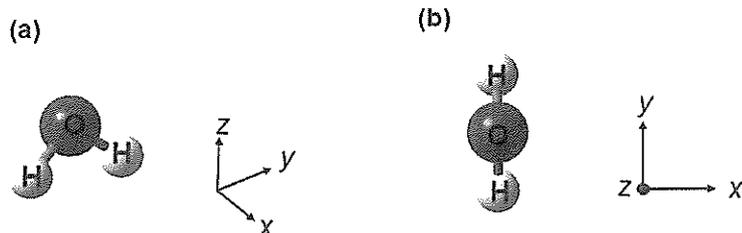


図2 水分子の構造と座標系

((b) の図は (a) の図を真上から見たもの)

表2 C_{2v} の指標表の一部

C_{2v}	E	C_2	σ_V (xz)	σ_V' (yz)
A_1	1	1	1	1
A_2	1	1	-1	-1
B_1	1	-1	1	-1
B_2	1	-1	-1	1

(c) n 個の d 電子をもつ八面体 d^n 金属錯体に関して、以下の問(1)から(4)に答えよ。

- (1) 八面体高スピン d^n 金属錯体の配位子場安定化エネルギー(LFSE)を配位子場分裂パラメーター Δ_0 を用いて計算し、解答用紙の表3を完成させよ。

表3 八面体高スピン d^n 金属錯体の配位子場安定化エネルギー (LFSE)

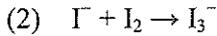
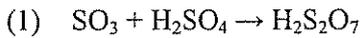
n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
LFSE	$0.4\Delta_0$	$0.8\Delta_0$	$1.2\Delta_0$							0

- (2) 八面体高スピン d^n 金属錯体の LFSE と八面体低スピン d^n 金属錯体の LFSE との差を考えたとき、そのエネルギー差が最大となる d^n 金属錯体の d 電子数をすべて書け。ここで、スピン対生成エネルギーは考慮しないものとする。
- (3) 八面体 d^n 金属錯体のうち、スピンだけの磁気モーメント μ の最大値を与える錯体の電子配置を $(t_{2g})^x(e_g)^y$ の形で書け。
- (4) 以下の八面体 d^n 金属錯体のうちヤーン・テラー効果による変形 (ヤーン・テラー変形)がおきるものをすべて記号で書け。

(あ) d^3 錯体 (い) 低スピン d^6 錯体 (う) 低スピン d^7 錯体 (え) d^9 錯体 (お) d^{10} 錯体

問2 次の設問(a)~(e)に答えよ。

(a) 以下の問(1)および(2)の反応式のルイス酸を答えよ。



(b) 次の文章を読み、あおよびいにあてはまる適切な語句および数値をそれぞれ答えよ。また、うおよびえには「強い」もしくは「弱い」を入れよ。

元素 E から成るオキソ酸のオキソ基の数とヒドロキシ基の数をそれぞれ m と n とした場合、 $\text{O}_m\text{E}(\text{OH})_n$ と表すことができる。このようなオキソ酸の酸性度定数 (K_a) は、以下の式に示すように あ の規則により半定量的に整理することができる。

$$\text{p}K_a \approx 8 - 5m$$

オキソ酸の一種である H_2SO_4 は、あ の規則より $\text{p}K_a \approx$ いと予測することができる。このオキソ酸のヒドロキシ基を他の基に置換して、一連の置換オキソ酸をつくることができる。例えば、 H_2SO_4 の1つのヒドロキシ基をフッ素に置換したフルオロ硫酸は H_2SO_4 より う酸である。また、 H_2SO_4 の1つのヒドロキシ基を $-\text{NH}_2$ 基に置換したアミド硫酸は、 H_2SO_4 より え酸である。

(c) 以下の問(1)および(2)に答えよ。

(1) SnF_4 は SnCl_4 よりも強いルイス酸である。その理由を答えよ。

(2) 自然界では Al^{3+} は O^{2-} を伴って産出される場合が多く、 Cd^{2+} は S^{2-} を伴って産出される場合が多い。その理由を答えよ。

(d) 図1に温度 298 K での鉄のプルベ図を示す。プルベ図は、水の中で、ある化学種が熱力学的に安定である電位 E と pH の条件を示したものである。次の条件を利用し、以下の問(1)~(5)に答えよ。

$\text{O}_2/\text{H}_2\text{O}$ 系 (pH = 0) の標準電位は +1.23 V であり、 O_2 の分圧は 1.0 bar とする。(RT/F) $\times\ln 10$ (F :ファラデー一定数、 R :気体定数、 T :温度)は、0.059 である。ただし、 $\ln 10$ は $\log_e 10$ を表す。 Fe^{3+} および Fe^{2+} のモル濃度は、いずれも $1.0 \times 10^{-5} \text{ mol dm}^{-3}$ である。なお、活量係数を 1 として考え、モル濃度を用いて解答せよ。

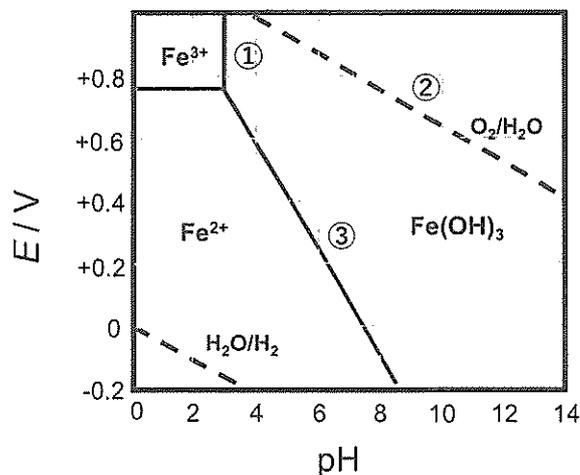
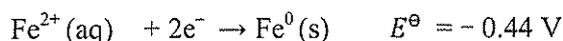
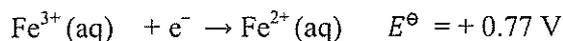


図1 鉄のプルベ図

- (1) 以下の鉄の標準電位を参考に、 $\text{Fe}^{3+}(\text{aq}) + 3\text{e}^{-} \rightarrow \text{Fe}^0(\text{s})$ の標準電位を算出せよ。
有効数字2桁で答えよ。



- (2) 直線①の pH は 3.0 である。 $\text{Fe}(\text{OH})_3$ の溶解度積を求めよ。有効数字2桁で答えよ。
 (3) 点線②は $\text{O}_2/\text{H}_2\text{O}$ 系の還元半反応式に対応した pH 依存性である。
 電位 E と pH の関係式を答えよ。
 (4) 直線③に該当する還元半反応式を答えよ。
 (5) 直線③の傾きをネルンスト式に基づき有効数字2桁で答えよ。なお、計算過程も示せ。
- (e) 以下の問(1)~(3)に答えよ。

- (1) 図2は金属酸化物の標準生成ギブスエネルギーの温度依存性を示したものである。
 図2の名称を答えよ。
 (2) COが CO_2 に酸化されることに対応する直線(CO, CO_2)の傾きが正になる理由を熱力学的観点から答えよ。
 (3) 最も低温で SiO_2 が炭素(C)によりSiに還元される際の反応式を答えよ。
 また、還元できる最低温度を答えよ。

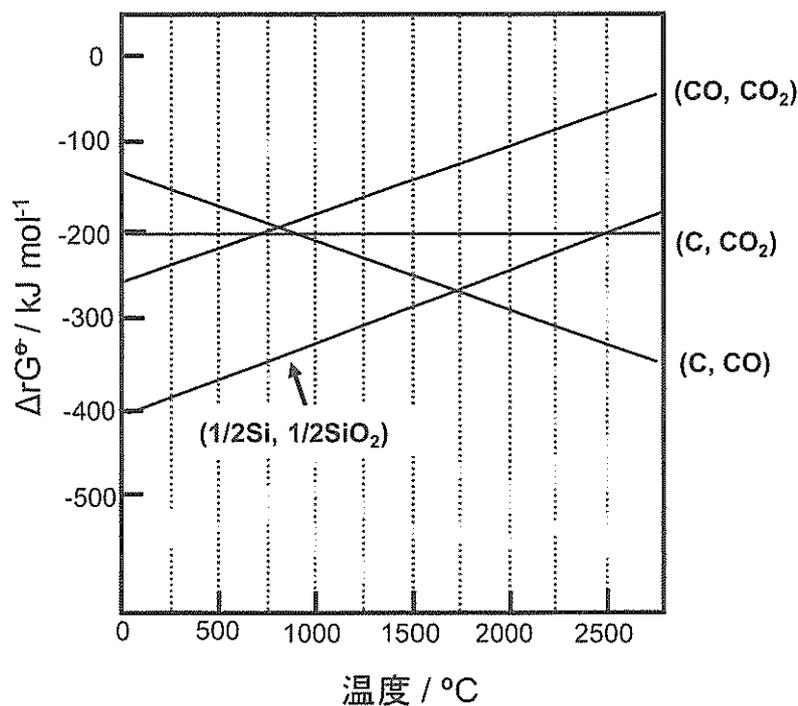


図2 金属酸化物の還元に関する図

問3 次の設問(a)および(b)に答えよ。

(a) 結晶に関する次の文章を読み、以下の問(1)~(5)に答えよ。

結晶は、原子、分子、イオンのような構造単位が規則的に繰り返すことによって構成される。この結晶の繰り返しを表すために格子が用いられる。格子は、格子点と呼ばれる等価な点の集合体と定義される。三次元の結晶の単位格子は平行六面体からなり、その領域を単に (あ) 操作で移動させるだけで結晶全体を組立てることができる。図1で示されるように、単位格子の形は原点Oに対する角度 α 、 β 、 γ と長さ a 、 b 、 c で定義され、これらの角度と長さは (い) と呼ばれる。三次元の結晶の単位格子は、それが持っている回転対称要素に注目し、図2に示す7つの結晶系に分類される。単位格子に、格子点が1つだけ含まれるものは、図3Aの単純格子と呼ばれ、格子点の数は、1個であり、その分率座標は、原点Oの(0, 0, 0)で表される。少し複雑な格子として、図3Cの体心格子は、格子点が2個あり、格子点の分率座標は、(0, 0, 0)と(1/2, 1/2, 1/2)である。

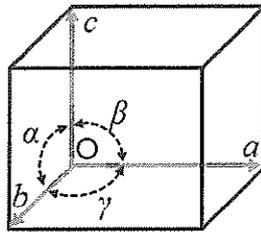


図1 結晶の繰り返し構造を表す単位格子

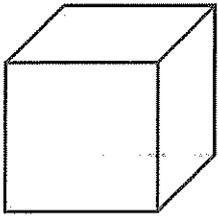
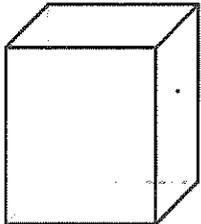
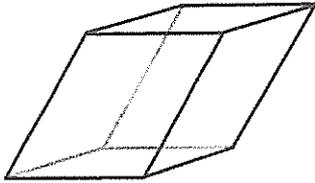
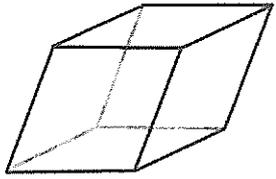
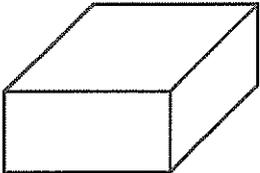
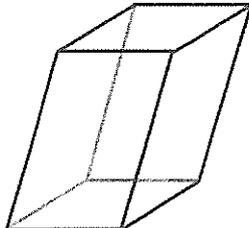
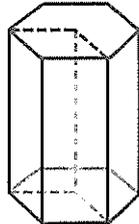
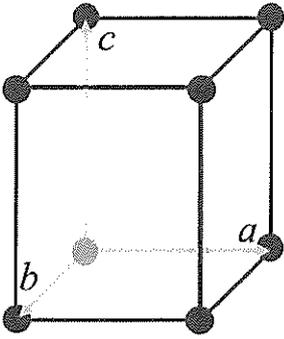
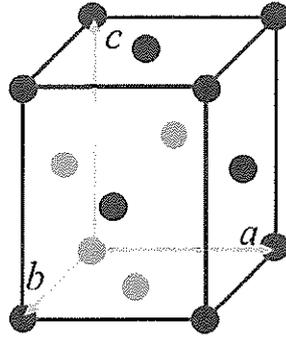
A. (i) 系	B. 直方晶系	C. 三斜晶系	D. 三方晶系
			
$a = b = c$	$a \neq b \neq c$	$a \neq b \neq c$	$a = b = c$
$\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$	$\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$	$\alpha \neq \beta \neq \gamma \neq 90^\circ$	$\alpha = \beta = \gamma \neq 90^\circ$
E. 正方晶系	F. 単斜晶系	G. (ii) 系	/
			
$a = b \neq c$	$a \neq b \neq c$	$a = b \neq c$	
$\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$	$\alpha = \gamma = 90^\circ, \beta \neq 90^\circ$	$\alpha = \beta = 90^\circ, \gamma = 120^\circ$	

図2 7つの結晶系

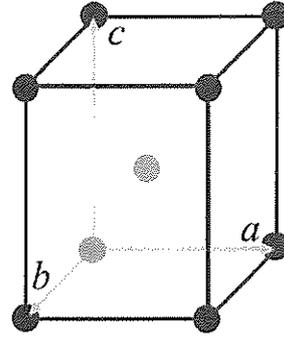
A. 単純格子



B. 面心格子



C. 体心格子



D. (iii) 格子

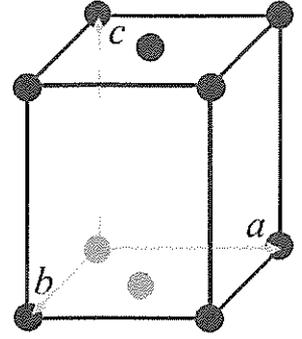


図3 三次元結晶の4つの格子

- (1) 空欄 (あ) および (い) に適切な語句を入れよ。
- (2) 図2および図3の空欄 (i) ~ (iii) に適切な語句を入れよ。
- (3) 図3の面心格子および(iii)格子の格子点の個数とその分率座標をそれぞれ答えよ。
- (4) 図2の7つの結晶系と図3の4つの格子を組み合わせ得られる14種類の三次元格子は何と呼ばれるか答えよ。
- (5) 図2の7つの結晶系と図3の4つの格子のすべての組み合わせの数は28種類であるにもかかわらず、問(4)で解答した三次元格子は14種類に限定される理由を、面心正方格子を例に挙げて図を用いて説明せよ。

(b) 固体の電子の状態に関する次の文章を読み、以下の問(1)および(2)に答えよ。

固体中の原子がつくる電子軌道の重なり合いを考えるため、 n 個の原子が一直線状に並んでいることを考える。例えば、図4Aの挿入図のように、 s 軌道を有する2個の原子だけがつながってあれば、エネルギー的に安定化した (ア) 軌道と、不安定化した (イ) 軌道が1つずつ生じる。図4Aのように、 n 個の原子が一直線状に並ぶと、 n 個の分子軌道が生じる。ここで、 n が無限大に近づくと、隣接した分子軌道のエネルギー準位の間隔は非常に狭くなるため、事実上、全ての分子軌道のエネルギー準位が連続した状態となる。この連続した状態をバンドと呼ぶ。絶対零度(温度0 K)では、固体中の電子は構成原理に従い、バンド内のそれぞれの分子軌道を占める。もし各原子がそれぞれ1個の s 電子を出しているなら、固体中の電子はエネルギーの低い準位から占有されていき、下から $n/2$ 番目までの軌道が占有される。この電子が占有された軌道のうち、もっともエネルギーの高い最高被占軌道を (ウ) 準位という。

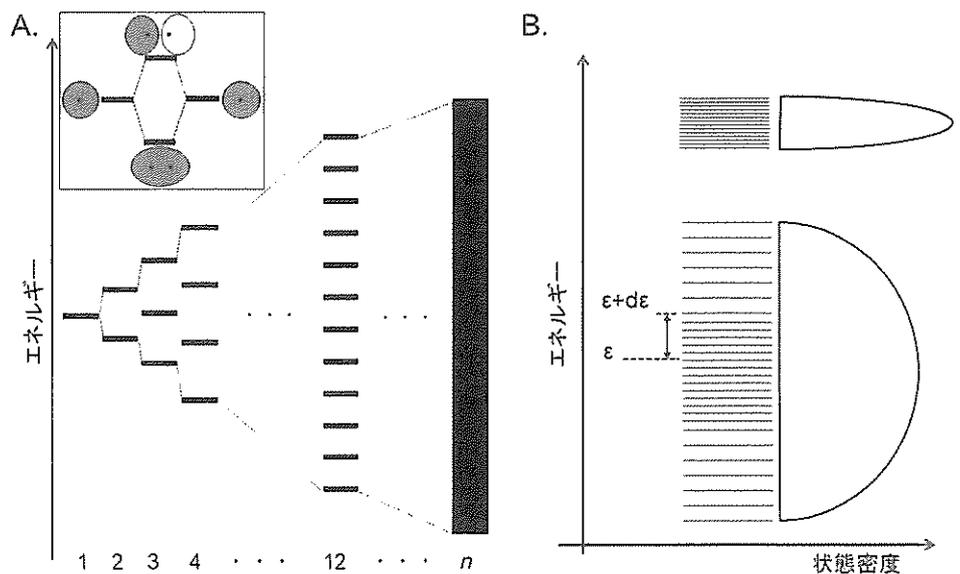


図4A 一次元に並んだ原子が形成する軌道のエネルギー
B 結晶中のエネルギーと電子の状態密度

この電子が占有された軌道のうち、もっともエネルギーの高い最高被占軌道を (ウ) 準位という。

実際に存在する固体の場合、様々な種類の原子軌道を有する原子が三次元的に並ぶため、エネルギー幅の異なるバンドが存在する。これを模式的に図 4B に表す。この図 4B には、バンドとバンドの間に分子軌道が存在しないエネルギー領域あり、これを(エ)と呼ぶ。図 4B で示されるように、あるエネルギー幅に含まれるエネルギー準位の数とそのエネルギー幅で割ったものは状態密度と呼ばれる。

- (1) 空欄 (ア) ~ (エ) に適切な語句を入れよ。
- (2) 図 5 には、絶対零度における、金属、真性半導体もしくは不純物半導体のいずれかの状態密度が模式的に示されている。これらの図では、電子が占有された状態を斜線で表し、電子が満たされていない状態は白抜きで表している。金属は、電気伝導が温度の上昇とともに減少する物質であり、半導体は電気伝導が温度の上昇とともに増加する物質である。半導体のうち、真性半導体は純物質から構成される。一方、不純物半導体は、意図的な不純物の添加により特徴づけられる半導体物質である。例えば、ケイ素結晶にリンを導入することで n 型半導体が生じる。一方、ケイ素結晶にホウ素を導入することで p 型半導体が生じる。この二種類の不純物半導体はいずれも有限の温度において電気伝導性が発現する。以下の問(I)~(III)に答えよ。

- (I) 以下の例を参考にして、ホウ素およびリンの電子配置をそれぞれ答えよ。
(例) ケイ素 $[\text{Ne}](3s)^2(3p)^2$
- (II) 絶対零度における、金属、真性半導体、n 型半導体および p 型半導体の状態密度として適切なものを図 5 から選び、その図を示す記号を解答欄に書け。
- (III) 電気伝導性が発現する温度領域における p 型半導体の状態密度を、図 5 を参考にして書き、p 型半導体が電気伝導性を発現する理由を文章で説明せよ。

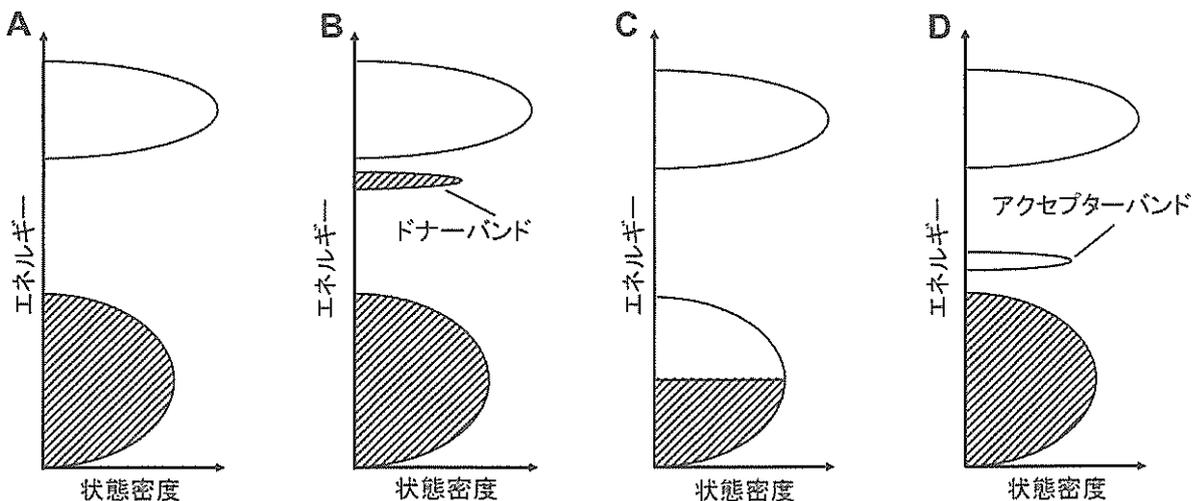


図 5 絶対零度における金属、真性半導体もしくは不純物半導体のいずれかの状態密度

(以上)

令和8年度（令和8年4月入学）
京都工芸繊維大学大学院工芸科学研究科 博士前期課程（修士課程）
材料創製化学専攻・材料制御化学専攻・物質合成化学専攻・機能物質化学専攻
一般入試第1期学力検査 入学試験問題

－ 専門基礎科目 V －

1. 問題冊子は、表紙を含めて6枚である。試験開始後に確認すること。
解答用紙3枚、下書き（計算）用紙1枚が配られているか、確認すること。
2. 解答用紙全てに受験番号を必ず記入すること。（受験番号が記入されていない解答は採点しない。）また、解答用紙は、白紙解答であっても全て提出すること。
3. 解答用紙全てについて、志望専攻を○で囲むこと。
4. 各解答用紙には、解答用紙の左上に指定された問題番号についての解答を記入すること。（誤った問題番号の解答は採点しない。）
5. 解答は、必ず解答用紙の指定された場所（設問の番号・記号などが対応する解答欄の中）に記入しなさい。指定された場所以外へ解答したものは、採点しない。
6. 計算機を貸与する。計算機は、試験終了後に回収する。
7. 解答用紙は試験終了後に回収する。問題冊子と下書き（計算）用紙は持ち帰ること。

問 1 次の文を読んで、下記の間(a)~(e)に答えよ。

一定外圧下で一定温度に保たれた溶液と溶媒が半透膜で隔てられていると、溶液相と溶媒相における化学ポテンシャルが等しくなるように、溶媒相の分子は溶液相に浸透する。浸透圧 π の一般式は、

$$\frac{\pi}{c} = RT \left[\frac{1}{M_n} + A_2c + A_3c^2 + \dots \right]$$

と表される。ここで、 c は単位体積中に含まれる溶質の質量、 R は気体定数、 T は絶対温度、 M_n は数平均分子量、 A_2 と A_3 はそれぞれ浸透圧の第 2 および第 3 ビリアル係数である。図 1 および図 2 は、高分子溶液の浸透圧測定の一例である。

- (a) 化学ポテンシャルの定義を書け。
- (b) A_2 の物理的意味を簡潔に説明せよ。
- (c) 数平均分子量が求まる別の測定方法として、凝固点降下法が挙げられる。しかしながら現実的には、凝固点降下法は、高分子の分子量計測には適さない。その理由を簡潔に述べよ。
- (d) 図 1 の (A) と (B) は分子量の異なるポリスチレン/トルエン溶液の浸透圧測定結果である。分子量が大きいのはどちらであるか、理由と共に答えよ。
- (e) 図 2 は、ポリメタクリル酸メチル溶液の浸透圧測定結果で、溶媒には (C)トルエン、(D) アセトン、(E) アセトニトリルを用いている。(C) と (E) の溶液中の高分子鎖の形態について理由と共にそれぞれ説明せよ。

著作権の関係で掲載しておりません

図 1. 25 °Cにおけるポリスチレン/トルエン溶液の浸透圧測定結果^[1].

著作権の関係で掲載しておりません

図 2. 様々な溶媒に溶解したポリメタクリル酸メチルの 30 °Cにおける浸透圧測定結果^[1].

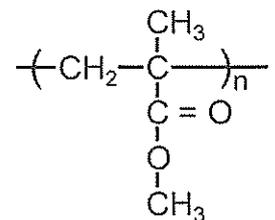
[1] Young, R. J., 2011, "Introduction to Polymers", Third Edition, CRC Press, p273 and p274.

© 2011 by Taylor & Francis Group, LLC. Reproduced with permission of the Licensor through PLSclear.

問2 高分子材料に関する次の問(a)~(g)に答えよ。

- (a) 高分子の完全結晶の融点（平衡融点）を T_m^0 、融液と結晶のエンタルピー差を ΔH 、融液と結晶のエントロピー差を ΔS とする。 T_m^0 、 ΔH 、 ΔS の間に成立する関係式を示せ。
- (b) T_m^0 を上昇させるためには、どのように高分子を分子設計するのが効果的であると考えられるか、(a) の関係式と関連付けて、 ΔH と ΔS のそれぞれの観点から述べよ。
- (c) 実際に観測される高分子結晶の融点 T_m は、平衡融点 T_m^0 と異なることが多い。その理由を、高分子結晶の形態の観点から、簡潔に述べよ。
- (d) 立体規則性が分かるように isotactic polypropylene の化学構造を記せ。
- (e) isotactic polypropylene は $\text{Al}(\text{C}_2\text{H}_5)_3/\text{TiCl}_3$ 触媒を用いて合成することができる。 $\text{Al}(\text{C}_2\text{H}_5)_3/\text{TiCl}_3$ 触媒は発見者の名称から、通常、何と呼ばれるか答えよ。
- (f) isoprene ($\text{CH}_2=\text{C}(\text{CH}_3)-\text{CH}=\text{CH}_2$) は共役二重結合を持つ。重合時の付加の形式を考慮すると、単一のモノマーユニットからなる polyisoprene は、4 種類が考えられる。これらの 4 種類の polyisoprene の構造を、右の記入例にならい、解答欄の (A)~(D) にそれぞれ記せ（順不同）。なお、幾何異性体を含む場合は、その構造の違いが分かるように記せ。
- (g) (f) で解答したポリマー (A)~(D) のうち、天然ゴム（生ゴム）と同じ化学構造を持つポリマーはどれか。適切なポリマーを 1 つ選び、解答欄の記号を○で囲め。

構造の記入例



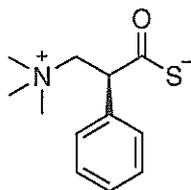
令和8年度（令和8年4月入学）
京都工芸繊維大学大学院工芸科学研究科 博士前期課程（修士課程）
材料創製化学専攻・材料制御化学専攻・物質合成化学専攻・機能物質化学専攻
一般入試第Ⅰ期学力検査 入学試験問題

－ 専門基礎科目Ⅵ －

1. 問題冊子は、表紙を含めて9枚である。試験開始後に確認すること。
解答用紙4枚、下書き（計算）用紙1枚が配られているか、確認すること。
2. 解答用紙全てに受験番号を必ず記入すること。（受験番号が記入されていない解答は採点しない。）また、解答用紙は、白紙解答であっても全て提出すること。
3. 解答用紙全てについて、志望専攻を○で囲むこと。
4. 各解答用紙には、解答枠内の左上に指定された問題番号についての解答を記入すること。
（誤った問題番号の解答は採点しない。）
5. 問題冊子と下書き（計算）用紙は持ち帰ること。

問1 以下の文章を読み、次の設問 (a)～(f)に答えよ。なお、化学構造を描く場合には、例にしたがって描け。

例



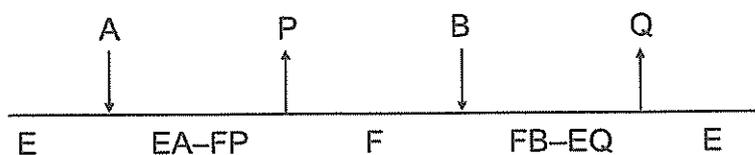
膵液すいえきに含まれる消化酵素であるキモトリプシン (chymotrypsin) は、疎水性の高いアミノ酸残基の①末端側のペプチド結合を加水分解することで、化学的に安定なタンパク質を効率的に分解し、消化を行う。(ア)キモトリプシンの活性中心には②と呼ばれる3つのアミノ酸残基③・④・⑤が、一定の配置をとり、協奏的に機能することでペプチド結合を加水分解する。同様の触媒機構を持つエラスターゼ (elastase) やトロンビン (thrombin) などと共に、キモトリプシンは③プロテアーゼに分類される。

キモトリプシンの加水分解反応における速度論解析を行うと、(イ)典型的なピンポン反応を示し、前定常状態と定常状態が観測される。前定常状態とは酵素反応が開始した直後の burst phase であり、反応中間体が飽和するまでの短い時間における反応である。その後の定常状態では酵素反応速度は低下し、ミカエリス・メンテンのモデルに近似できることが知られる。

(a) 本文中の①～⑤に入る適切な語句を答えよ。ただし、③～⑤はアミノ酸の名称および一文字表記を示し、その化学構造を描け。化学構造は立体配置を含めたアミノ酸単体とし、pH 7.4 の生理的条件下において最も優勢なイオン化状態を考慮すること。なお、④および⑤は順不同である。

(b) 下線部(ア)に関して、キモトリプシンの活性中心における3つのアミノ酸残基が、それぞれどのように機能し、基質の加水分解反応を触媒するのかを、反応機構の見地から説明せよ。

(c) 下線部(イ)に関して、キモトリプシンにおけるピンポン反応は次のように表すことができる。



ヒトのキモトリプシン (E) が、基質のペプチド $\text{H}_2\text{N-Glu-Arg-Gly-Tyr-Thr-Asn-COOH}$ (A) を加水分解する時、P および B, Q は何であると考えられるか記述せよ。ペプチドを記述する際は、A に示したように N 末端を左側として $\text{H}_2\text{N-}$ を付し、C 末端を右側として -COOH を付すこと。

また、キモトリプシンにおける反応中間体 F はどのような状態であると考えられるか化学構造をもとに説明せよ。

(d) キモトリプシンの酵素反応が定常状態にある時を考える。実験で求められる反応速度を v 、基質濃度を $[S]$ 、基質濃度が無限大の時の反応速度を V_{\max} 、ミカエリス・メンテン定数を K_m とする時、以下の問いに答えよ。

(1) ミカエリス・メンテンの式を示せ。

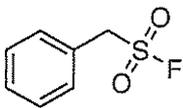
(2) ミカエリス・メンテンの式に対応する曲線を実線で示せ。ただし、図中に V_{\max} および K_m を明示すること。

(e) 競合阻害剤の存在下において、定常状態にあるキモトリプシンの酵素反応解析を行った。以下の問いに答えよ。

(1) 競合阻害剤の存在下では、ミカエリス・メンテンの式に対応する曲線はどのように変化するか、(d)-(2)と同じ図中に点線で示せ。ただし、この時の見かけの V_{\max} を V_{\max}^{app} 、見かけの K_m を K_m^{app} として図中に明示すること。

(2) 競合阻害剤 I の濃度を $[I]$ とした時、 K_m および K_m^{app} を用いて阻害定数 K_i を表せ。導出過程も記述すること。

(f) キモトリプシンの不可逆的阻害剤として PMSF (phenylmethylsulfonyl fluoride) が知られる。PMSF がキモトリプシンを不可逆的に阻害するメカニズムを、化学構造を示しながら説明せよ。なお、PMSF の化学構造は以下の通りである。



問2 以下の文章を読み、次の設問 (a) ~ (d) に答えよ。

天然に一番多く存在する単糖は、(ア) グルコース であり、そのポリマーに (イ) デンプン、グリコーゲン、セルロース 等がある。特に、デンプンは比較的安価であり、有用糖質の原料として利用されている。例えば、(ウ) トレハロース や シクロデキストリン は、デンプンを原料として微生物酵素により合成される有用オリゴ糖である。トレハロースは、自然界では昆虫の飛翔時のエネルギー源として利用され、工業的にはデンプンの老化抑制など、多くの食品に利用されている。また、シクロデキストリンは環状構造のグルコースオリゴマーであり、環の内部が疎水性環境となるため、疎水性化合物を包摂することができる。このことを利用して、シクロデキストリンは消臭スプレーや歯磨き粉に使用されている。また、グルコースは電子供与体としての性質も持つ。(エ) グルコースデヒドロゲナーゼ (GDH) は、グルコースをグルコノ-1,5-ラクトンへ変換する際に、ニコチンアミドアデニンジヌクレオチド (NAD⁺) やニコチンアミドアデニンジヌクレオチドリノ酸 (NADP⁺) を還元型の NADH や NADPH へ還元する。GDH の産業応用例としては、酸化還元酵素によるケトン類の不斉還元反応とのカップリングが挙げられる。GDH とグルコースにより NADH や NADPH を再生することで、添加する NADH や NADPH 量を削減できるとともに、キラルアルコールの生成量を増加させることができる。

(a) 下線部 (ア) について、以下の問いに答えよ。

(1) (i) 天然に存在する糖は、一般的に D 体か L 体か答えよ。

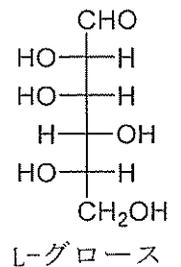
(ii) 生体を構成するアミノ酸は、一般的に D 体か L 体か答えよ。

(2) L-グルコースの構造は、フィッシャー投影式で右図のように描かれる。

(i) D-グルコースの構造をフィッシャー投影式で描け。

(ii) α -D-グルコピラノース (D-グルコースのピラノース形) をハース投影式で描け。

(iii) α -D-グルコピラノースと β -D-グルコピラノースのように、環構造を形成した際に生じるジアステレオマーの関係を答えよ。



(b) 下線部 (イ) について、以下の問いに答えよ。

(1) アミロース、アミロペクチン、セルロースのそれぞれについて、結合様式を下記から選び、すべて答えよ。

α (1→1) α (1→2) α (1→3) α (1→4) α (1→5) α (1→6)

β (1→1) β (1→2) β (1→3) β (1→4) β (1→5) β (1→6)

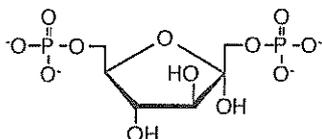
(2) 生体内でのグリコーゲンの分解速度は、アミロースやアミロペクチンの分解速度よりも、一般的に速いと言われている。その理由をグリコーゲンの化学的構造の特徴から述べよ。

(3) グルコースが n 個つながったセルロースの分子量を示せ。

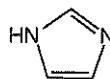
ただし、C、O、H の原子量はそれぞれ 12、16、1 とし、グルコースの分子式は $C_6H_{12}O_6$ とする。

問3 以下の文章を読み、次の設問(a)～(d)に答えよ。なお、化学構造を描く場合には、例1、2にしたがって描け。

例1



例2



分子生物学のセントラルドグマでは、(ア)DNAに収納されている遺伝情報がメッセンジャーRNA(mRNA)に写し取られた後、その(イ)mRNAを鋳型としてタンパク質が生産される。このセントラルドグマが提唱された当初、転写はDNA配列の単純なコピーを作製するプロセスと考えられていたが、アデノウイルスのタンパク質をコードする遺伝子に、(ウ)mRNAに存在しない介在配列が発見されたことにともない、転写が複雑な酵素反応を含むプロセスであることが明らかとなった。Phillip SharpとRichard RobertsはウイルスDNAとmRNAから形成されたDNA/RNA二重鎖を(エ)電子顕微鏡で観察することにより、塩基対合を形成しないDNA配列の存在を報告した。この発見に対して、1993年にノーベル生理学・医学賞が与えられた。

(a) 下線部(ア)について以下の問いに答えよ。

- (1) RNAポリメラーゼによりRNAが合成される際に、基質となる4種類のヌクレオシド三リン酸のうちシチジン三リン酸の化学構造を例1、例2にならって描け。
- (2) 次の写真は、DNAを鋳型にしてRNAが作られていくところを電子顕微鏡で撮影したものである。①、②のどちらがRNAであるか番号で答えよ。また、転写開始点に当たる場所を③、④から選択するとともに、そのように考えた理由を答えよ。

著作権の関係で掲載しておりません

出典:D. Voet ほか, ヴォート基礎生化学 第5版, 東京化学同人, 2017, 630p 図26・9

- (3) プロモーター配列を同定する際に、ジメチル硫酸とDNaseIを用いるフットプリント法が利用されてきた。ジメチル硫酸とDNaseIのそれぞれについて、添加することによりDNAの化学構造がどのように変化するか説明せよ。
- (b) 下線部(イ)に関して、以下の文章の①～⑤に該当する用語を(あ)～(く)より選択し、記号を答えよ。

細胞内にはmRNAの他に2種類の主要なRNAがある。(①)は54～100塩基程度のRNAで、mRNAの配列情報を読み取る(②)を鎖中に持ち、(③)末端にエステル結合を介してアミノ酸を結合させている。(④)は細胞内に最も多量に含まれるRNAで、タンパク質と複合体を形成しながらmRNAに結合し、ペプチド結合形成反応の触媒として働く。mRNAが遺伝情報をもつのに対し、(①)や、(④)は自身の配列中に遺伝情報を含んでいないため(⑤)とよばれる。

(あ)ノンコーディングRNA (い)転写RNA (う)リボソームRNA (え)コドン (お)アンチコドン
(か)5' (き)3' (く)2'

(c) 下線部 (ウ) について以下の問いに答えよ。

- (1) スプライシングにより切り取られた介在配列の名称をカタカナ5文字で答えよ。
- (2) 真核生物の mRNA は、原核生物の mRNA と比較して 5'末端と 3'末端がプロセシングにより修飾されている。5'末端と 3'末端に付与された修飾の名前を答えよ。
- (3) ヒトの場合、タンパク質をコードする遺伝子数が 20,000 個程度であるにも関わらず 100,000 種類以上のタンパク質が作られる。遺伝子の個数以上にタンパク質が作られる理由をプロセシングの機構をもとに説明せよ。

(d) 下線部 (エ) について以下の問いに答えよ。

- (1) クライオ電子顕微鏡を用いてタンパク質の 3 次元構造を解析する場合、完全に乾燥させたタンパク質試料溶液ではなく、液体窒素温度 (-196 °C) で急速に凍結したタンパク質試料溶液を用いる。
 - (i) タンパク質試料溶液を徐々にではなく、急速に凍結する理由を答えよ。
 - (ii) 一般的に乾燥させた状態ではタンパク質の 3 次元構造は保たれない。その理由を答えよ。
- (2) 介在配列の有無は、電子顕微鏡を用いた撮影以外にも、mRNA の配列と DNA の配列を比較することで明らかにすることが可能である。
 - (i) 一本鎖 RNA を鋳型として DNA を合成する酵素の名称を答えよ。
 - (ii) DNA 配列を解読する方法としてジデオキシ法が知られている。ジデオキシ法の原理を説明せよ。

(以 上)

出題意図

— 専門基礎科目Ⅰ —

有機化学，有機合成および高分子合成化学を題材にして、それらの基礎的内容および理解度を問う問題である。各大問の出題意図は以下のとおり。

- 大問 1： 有機化学の基礎的事項に関する理解度を評価するために、混成軌道，塩基性度，立体化学，共鳴に関する構造や説明を問うた。
- 大問 2： 有機合成化学に対する理解度を評価するために、酸化反応，還元反応，ヒドロホウ素化反応，Grignard 反応，および芳香族求電子置換反応における生成物の化学構造式を問うた。
- 大問 3： 高分子合成化学の基礎理解を評価するために、重縮合生成物を与えるモノマー構造式の記述，重合反応における平均重合度および反応度に関する問題，さらに種々のモノマーに適した重合開始剤を問うた。

— 専門基礎科目Ⅱ —

物理化学の基礎学力を問う問題である。各大問の出題意図は以下のとおり。

- 大問 1： 状態変化にともなう熱力学量の変化についての理解度と、その数学的取り扱いに関する能力を評価することを目的として出題した。
- 大問 2： 井戸型ポテンシャル中の粒子の運動におけるエネルギーや存在確率を求めさせて、量子化学の基礎事項についての理解度を問うことを目的とした。
- 大問 3： 気相反応における反応物と生成物のモル濃度変化や圧力変化から反応速度を調べる問題を通して、化学反応速度論に関する基礎学力を問うた。

— 専門基礎科目Ⅲ —

- 大問 1： 全ての科学的分野で基礎となる次元解析の問題を通して、力学の基礎的な中心力場中の回転運動について問うた。
- 大問 2： 電磁気学の基礎となる球対称性をもつ系に対する電場および電位の算出について問うた。
- 大問 3： 波動現象に関して、進行波および定在波の基礎的な性質について問うた。

— 専門基礎科目Ⅳ —

無機化学（分析化学[各種化学平衡]を含む）を題材にして、それらの基礎的内容及び理解度を問う問題である。各大問の出題意図は、以下のとおり。

- 大問 1： 原子構造及び分子構造と結合に対する理解度を評価するために、原子軌道や分子軌道等の波動関数や、d 電子をもつ金属錯体のエネルギー的安定性や電子配置に関する問題を出題した。
- 大問 2： 酸と塩基に対する理解度を評価するために、酸・塩基反応及び酸性度の強弱に関する問題を出題した。さらに、酸化と還元の見解度評価に対しては、プルベ図の解釈及び金属酸化物の標準生成ギブスエネルギーの温度依存性に関する問題を出題した。
- 大問 3： 固体の構造に対する理解度を評価するために、結晶の単位格子や対称性、並びに固体の電子構造を問うた後に、これらの基礎的知見の応用として、金属や半導体の状態密度や電気伝導性に関する問題を出題した。

— 専門基礎科目 V —

- 大問 1： 高分子物性と計測に関する基礎知識として、浸透圧、分子間相互作用、高分子の形態について問うた。
- 大問 2： 立体規則性や平衡融点などの高分子の基本的な性質を理解しているかについて問うた。
- 大問 3： 高分子材料に関する基礎知識として、平均分子量、基礎物性、および反応性について問うた。

— 専門基礎科目 VI —

生化学を題材にして、それらの基礎的内容および理解度を問う問題である。各大問の出題意図は以下の通り。

- 大問 1： 酵素反応に対する理解度を評価するために、プロテアーゼによる基質ペプチドの加水分解反応機構、酵素反応解析法、阻害剤の作動メカニズムに関する説明を問うた。
- 大問 2： 生体分子や酵素の理解度を評価するために、糖を題材に、立体化学や表記法、構造や物性、酵素の活性評価方法・酸化還元に関する基礎的知識を問うた。
- 大問 3： 核酸化学の基礎理解を評価するために、分子生物学セントラルドグマの中心事項である転写に登場する分子の化学構造ならびに働きを問うた。また、分子生物学で汎用される実験手法に関する理解を問う問題を出題した。