

2025（令和7）年度

静岡大学大学院総合科学技術研究科

修士課程 理学専攻 化学コース

入学試験問題

専門（化学）

【注意事項】

- 1) 大問〔C-1〕～〔C-5〕のうち、2問を選んで解答せよ。
配点比率は各大問につき50%である。
- 2) 各大問につき解答用紙を3枚使用せよ。解答欄が不足した場合は裏面を使用してもよい。提出に際しては、解答の有無に関わらず、大問ごとに3枚ずつまとめて提出せよ。
- 3) 解答に先立って、すべての解答用紙に受験番号および問題番号を記入せよ。
- 4) 計算には、電卓（配布されたものに限る）を使用してよい。
配布された電卓の取り扱い説明書が必要であれば申し出ること。
- 5) 解答の有無に関わらず、配布されたすべての解答用紙および下書き用紙を提出せよ。

[C-1]

A. 次の問いに答えよ.

- a. 前期量子論において導かれる水素原子の最小軌道半径を一般に何とよぶか.
- b. 電子スピンを図示する際に模式的に上下の矢印を使うことがあるが、この矢印が表す量子数の名称を答えよ. また、上下の矢印に対応する値をそれぞれ答えよ.
- c. マリケンの電気陰性度の定義を簡潔に記せ. また、どのような物理量と同じ次元の単位をもつかを答えよ.
- d. クロロベンゼンの双極子モーメントは 1.55 D である. これがすべて C-Cl 間の結合モーメントに起因するとして、*o*-ジクロロベンゼンおよび *m*-ジクロロベンゼンの双極子モーメントをそれぞれ有効数字 3 桁で求めよ. なお、これらの分子はすべて平面分子で、結合角はすべて 120° であるとする.
- e. 一般的な実在気体について、縦軸に PV/nRT 、横軸に P を取った場合のグラフを模式的に記せ. また、その図において、縦軸の値が 1 より大きい部分と 1 より小さい部分で非理想性を主に支配しているのは、それぞれどのような効果か. 簡潔に記せ. なお、ここで P は圧力、 V は体積、 n は物質量、 R は気体定数、 T は絶対温度を表す.

次ページに続く

f. 300 K において窒素ガス 5.00 mol を 1.000 L の容器に入れた場合の圧力 [Pa] について、ファンデルワールスの状態方程式を使って計算した値は、理想気体を仮定した場合の何倍となるか、有効数字 2 桁で答えよ。また、今回の条件下では、設問 e において考えた二つの効果のうち、どちらの効果が優勢であるかを答えよ。ただし、気体定数を $8.31 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$ 、ファンデルワールス定数を $a = 0.141 \text{ Pa m}^6 \text{ mol}^{-2}$ 、 $b = 3.92 \times 10^{-5} \text{ m}^3 \text{ mol}^{-1}$ とする。

g. 毛細管現象による液面上昇 h は表面張力 γ と次の式のような関係にあることを示せ。ここで、 r は管の内径、 θ は接触角、 ρ は液体の密度、 g は重力加速度を表す。

$$h = \frac{2\gamma \cos \theta}{r\rho g}$$

h. ラウールの法則を用いて、溶媒 A に不揮発性の溶質 B を溶かした希薄溶液の蒸気圧低下が、質量モル濃度に比例することを示せ。

B. 次の文章の空欄 (ア) ～ (コ) に当てはまる適切な数式を記し, 下の問い a ～ d に答えよ. この問題を通じて, 系および外界の絶対温度は T で一定に保たれているものとする. また, ピストンの質量と大気圧は無視する. 気体はすべて理想気体とし, 気体定数は $R = 8.31 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$ とする.

図 1(あ)のようにピストン付きの容器の中に物質 n の気体を入れ, 質量 M のおもりを 2 個のせた. このとき気体にかかる圧力を $2P_0$ とおく. いま, おもりのうち 1 個をすばやく取り除くと (図 1(い)), 気体は体積 (ア) から (イ) まで一定の圧力 P_0 に逆らって膨張した (図 1(う)). このとき, 気体が外界にする仕事 $W_{s \rightarrow \text{ex}}^{(1)}$ は, $W_{s \rightarrow \text{ex}}^{(1)} =$ (ウ) である.

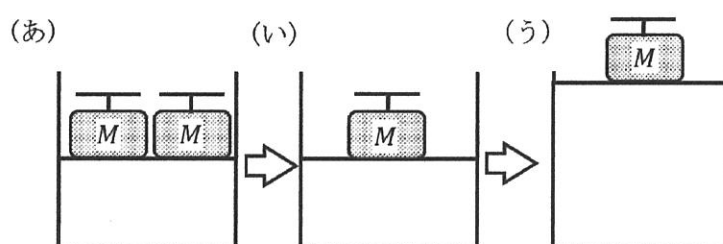


図 1 理想気体の等温膨張 (1 段階)

次に, 上と同様の始状態から, 図 2(あ)のように片方のおもりを質量 M/N ずつの N 個に分けて 1 個ずつ取り除くことで, 上と同様の膨張を N 段階に分けて行う. おもりが $(N-i+1)$ 個になったとき (図 2(い)), 系にかかる圧力は (エ) で, 気体の体積は (オ) となる. ここからおもりを 1 個取り除くと (図 2(う)), 圧力は (カ) となり, 気体は体積 (キ) まで膨張して止まる (図 2(え)).

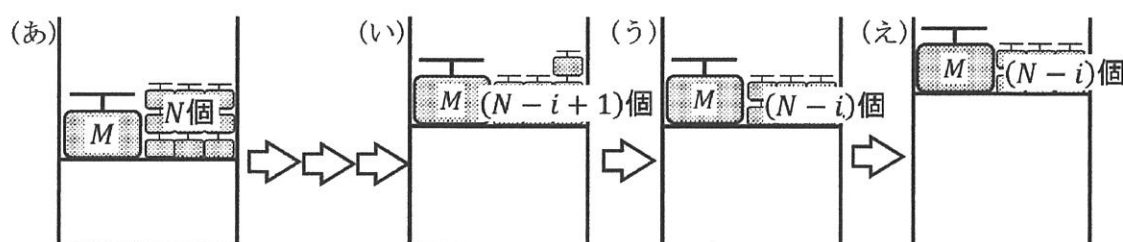


図 2 理想気体の等温膨張 (N 段階)

次ページに続く

このとき気体が外界にする仕事は $\boxed{\text{(ク)}}$ である。そこで、この過程全体で気体が外界にする仕事 $W_{s \rightarrow \text{ex}}^{(N)}$ は、 $\boxed{\text{(ク)}}$ を $i = \boxed{\text{(ケ)}}$ から $i = \boxed{\text{(コ)}}$ まですべて加えて、次の式(1)のように与えられる。

$$W_{s \rightarrow \text{ex}}^{(N)} = \sum_{i=\boxed{\text{(ケ)}}}^{\boxed{\text{(コ)}}} \boxed{\text{(ク)}} \quad (1)$$

式(1)で $N \rightarrow \infty$ とした極限を $W_{s \rightarrow \text{ex}}^{(\infty)}$ とおくと、 $W_{s \rightarrow \text{ex}}^{(\infty)}$ は次のような積分になる。

$$W_{s \rightarrow \text{ex}}^{(\infty)} = \lim_{N \rightarrow \infty} W_{s \rightarrow \text{ex}}^{(N)} = \int_0^1 \frac{nRT}{(2-x)} dx = nRT \ln 2 \quad (2)$$

ここで、上の $W_{s \rightarrow \text{ex}}^{(1)}$ と $W_{s \rightarrow \text{ex}}^{(\infty)}$ を比較すると $W_{s \rightarrow \text{ex}}^{(1)} < W_{s \rightarrow \text{ex}}^{(\infty)}$ であるが、この大小関係は熱力学第二法則 $dS \geq d'q/T_{\text{ex}}$ から説明できる。ただし記号 S はエントロピー、 $d'q$ は無限小変化において系に流入する熱量、 T_{ex} は外界の温度であり、今の場合は T で一定である。無限小変化において外界が系にする仕事 $d'w$ は、内部エネルギー変化 dU と $d'q$ を用いて、 $d'w = dU - d'q$ であるので、系が外界にする仕事 $-d'w$ は次を満たす。

$$-d'w \leq -dA \quad (3)$$

ただし、 $A = U - TS$ はヘルムホルツエネルギーである。熱力学第二法則における等号成立条件は準静的変化であることなので、等温変化において系が外界にする仕事はヘルムホルツエネルギー変化を超えることができず、その上限は準静的変化の場合に達成されることがわかる。これを最大仕事の原理という。

a. 式(3)の証明を記せ。

b. 4.80 g のメタンが 300 K で 40.0 dm³ を占めている。気体の体積が 50.0 dm³ になるまで 1.50×10^4 Pa の一定の外圧に逆らって膨張するとき、気体が行う仕事を求めよ。計算過程を簡潔に記し、有効数字 2 桁で答えよ。

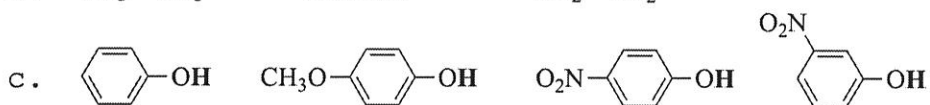
次ページに続く

c. 4.80 g のメタンが 300 K で 40.0 dm^3 を占めている. 気体の体積が 80.0 dm^3 になるまで準静的等温膨張するとき, 気体が行う仕事を求めよ. 計算過程を簡潔に記し, 有効数字 2 桁で答えよ.

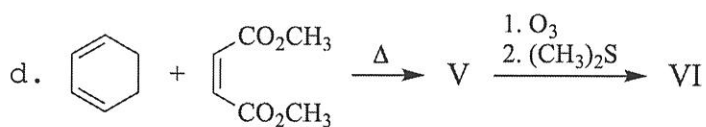
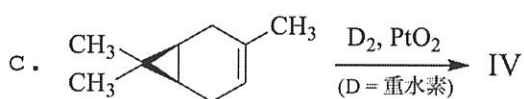
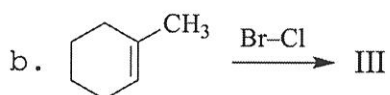
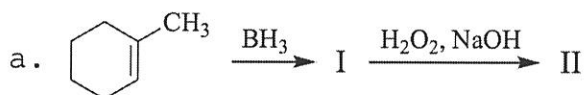
d. 4.80 g のメタンが 300 K で 40.0 dm^3 を占めている状態のヘルムホルツエネルギーと, 80.0 dm^3 を占めている状態のヘルムホルツエネルギーの差を求めよ. 計算過程を簡潔に記し, 有効数字 2 桁で答えよ.

[C-2]

A. 次の化合物群 a, b, c の化合物について、それぞれ太字で示した水素の酸性度が大きい化合物から順に不等号を付けて並べよ.

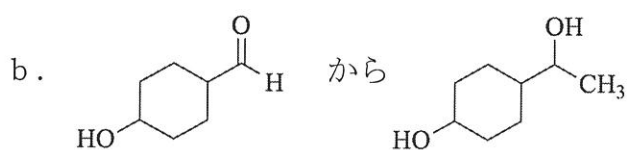


B. 次の反応 a~d の主生成物の構造式 I~VI を立体化学がわかるように記せ. ただし, エナンチオマーを区別する必要はない.



C. 次の化合物から効率よく選択的に目的化合物を合成する方法を, 反応式を用いて記せ.

a. (R)-2-ブロモオクタンから, (R)-2-オクタノール



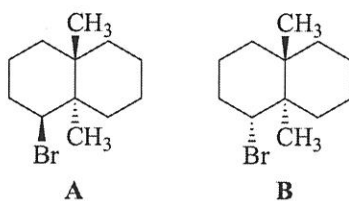
次ページに続く

D. 1,2-プロパジエン ($\text{CH}_2=\text{C}=\text{CH}_2$) の構造を立体化学がわかるように図示せよ.

E. シクロペンテンから, 選択的に *trans*-1,2-シクロペンタンジオールと *cis*-1,2-シクロペンタンジオールを合成する方法をそれぞれ記せ.

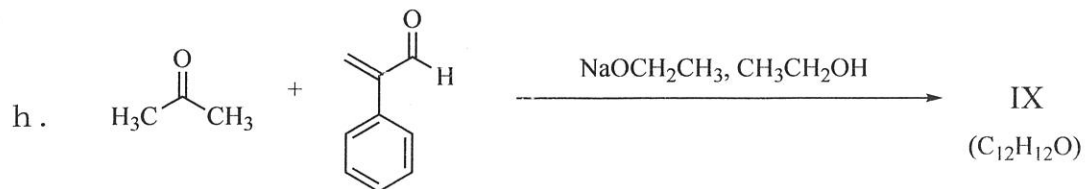
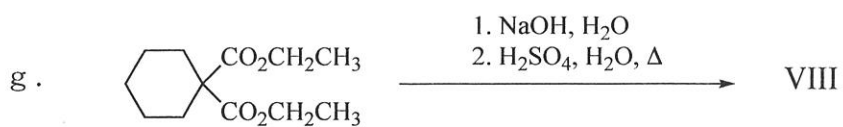
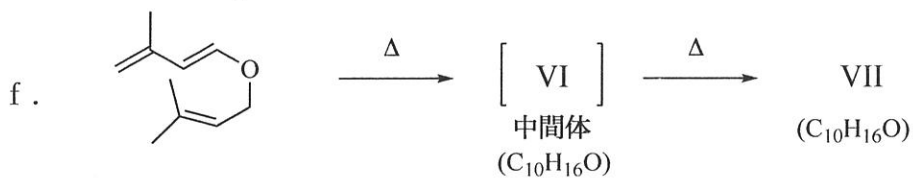
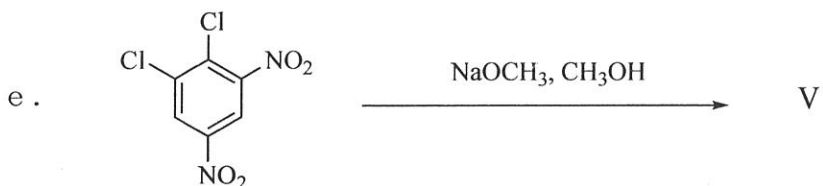
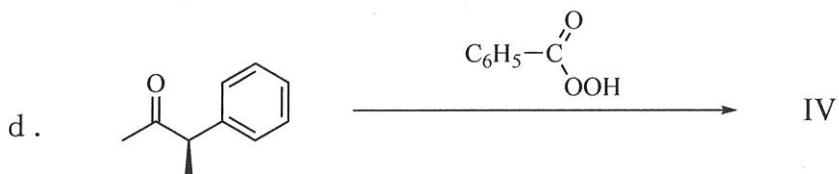
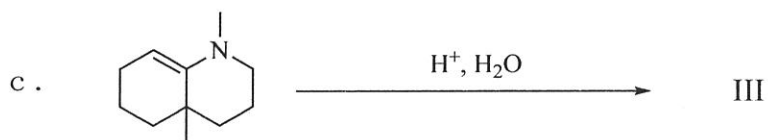
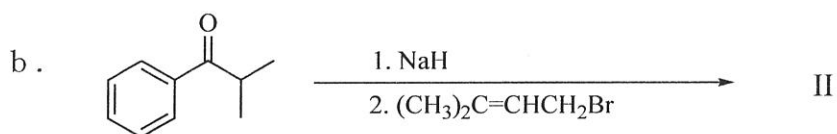
F. 2-ハロ-2-メチルプロパン ($(\text{CH}_3)_3\text{CX}$) とメタノールとの反応において, 置換反応生成物と脱離反応生成物の生成比とハロゲン ($\text{X} = \text{Cl}, \text{Br}, \text{I}$) の種類の間にはどのような関係があるか. その理由とともに述べよ.

G. 次の二つの化合物 **A**, **B** のうち一方は, $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$ 中での $\text{NaOCH}_2\text{CH}_3$ による E2 反応が他方に比べてかなり速い. E2 反応の速い化合物はどちらであるか. その理由とともに述べよ.



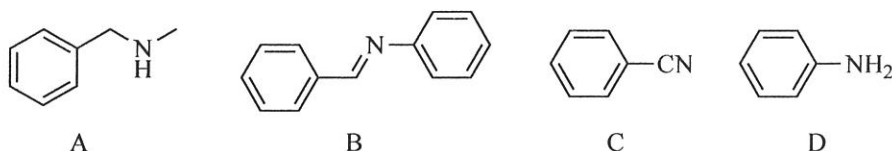
次ページに続く

H. 次の反応 a ~ h の主生成物 I ~ IX の構造式を記せ. ただし, IV に関しては立体化学がわかるように示せ.



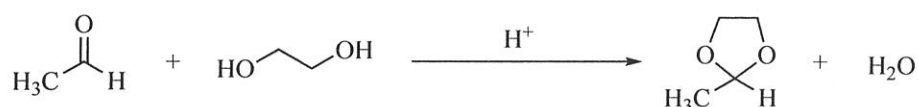
次ページに続く

I. 窒素を含む化合物 A~D について下の問いに答えよ.



- a. 化合物 A~D のうち, その共役酸の pK_a が最も大きいものと最も小さいものをそれぞれ記号で記せ。
- b. 化合物 C から化合物 A を効率よく合成する方法を反応式を用いて記せ。
- c. 化合物 D から化合物 C を効率よく合成する方法を反応式を用いて記せ。

J. 次の反応について, 電子対の流れを示す矢印を用いて反応機構を記せ。



K. 次の文章を読み, 下の問いに答えよ。

イソプロピルベンゼンと 1-ブロモプロパンをルイス酸の存在下で反応させたところ, 分子式 $C_{12}H_{18}$ をもつ数種類の構造異性体を得られた。そのうちの異性体 A と B の NMR スペクトルデータはそれぞれ次のとおりであった。

	1H NMR スペクトルデータ	^{13}C NMR スペクトルデータ
A	7.15-7.09 (4H), 2.87 (1H), 2.55 (2H), 1.63 (2H), 1.24 (6H), 0.94 (3H) ppm	146, 140, 128, 126, 38, 34, 25, 24, 14 ppm
B	7.15 (4H), 2.86 (2H), 1.24 (12H) ppm	147, 127, 33, 24 ppm

- a. 異性体 A と B の構造式をそれぞれ記せ。
- b. 異性体 B を副生させずに, イソプロピルベンゼンから異性体 A のみを合成する方法を, 反応式を用いて示せ。

[C-3]

A. 次の問いに答えよ.

- a. Na から Ar にかけて原子番号の増加に伴い原子半径が減少する傾向がある. この理由を簡潔に説明せよ.
- b. Ne 型電子配置をもつイオンの最外殻電子に対するしゃへい定数を 4.15 としたとき, Na^+ と F^- の最外殻電子が受ける有効核電荷を求めよ.
- c. NaF 結晶の Na^+ と F^- の間の距離を $2.31 \text{ \AA}$ とする. 同じ貴ガス型電子配置をもつイオンの半径は, 最外殻電子に対する有効核電荷に反比例すると考えたとき, 設問 b で求めた値から Na^+ と F^- のイオン半径を $\text{\AA}$ 単位で小数点以下 2 桁まで求めよ.

B. 金属錯体について次の問いに答えよ.

- a. 金属錯体は, 配位子の置換反応の半減期が短い錯体と, 半減期が著しく長い錯体に分類される. この半減期が短い錯体を一般に何とよぶか答えよ.
- b. 水溶液中において, 次のそれぞれの錯体 1 mol を, 過剰の AgNO_3 と反応させたときに生成する AgCl の物質量を推定せよ. ただし, 反応は室温で数分程度行うものとする.
 (i) $[\text{Co}^{\text{II}}(\text{NH}_3)_5\text{Cl}]\text{Cl}$ (ii) $[\text{Co}^{\text{III}}(\text{NH}_3)_5\text{Cl}]\text{Cl}_2$ (iii) $[\text{Cr}^{\text{III}}(\text{NH}_3)_3\text{Cl}_3]$
- c. 高スピン型の電子配置をとる八面体型の金属錯体では, d^6 から d^{10} までの電子状態をもつ金属イオンにおいて, d^8 イオンが最も大きな結晶場安定化エネルギーを得ると推定される. この理由を簡潔に説明せよ.
- d. 六配位の $\text{Cu}(\text{II})$ 錯体は正八面体からひずんだ構造を取ることが知られている. この現象を何とよぶか答えよ.
- e. 六配位の金属錯体を合成した場合, d^8 配置をもつ $\text{Ni}(\text{II})$ 錯体よりも, d^9 配置をもつ $\text{Cu}(\text{II})$ 錯体の方が, 熱力学的に安定な場合が多い. この理由を設問 d の現象と関連させて簡潔に説明せよ.

次ページに続く

C. 次の問いに答えよ.

a. フロート法により板ガラスを作製する際に、溶融スズが用いられる理由を簡潔に説明せよ.

b. 食塩に X 線を照射すると、色中心 (F-center) が生じることがある. この色中心とは何か、簡潔に説明せよ.

c. 次の文中の A から G について、その化合物名を答えよ.

電気炉を用いて生石灰とコークスを 2000°C に加熱すると、気体 A と固体の化合物 B が生じる. 気体 A は活性炭触媒の存在下で塩素と反応し、ポリカーボネートの原料となる化合物 C を与える. 化合物 B を窒素下、 1100°C で加熱すると、構成元素として窒素を含む化合物 D が得られる. 化合物 D に水を加えると気体 E と固体の化合物 F が生じる. 化合物 F を加熱すると、生石灰が生じる. また、化合物 B に水を加えると、気体 G が生じる.

D. 二塩基酸 H_2A 水溶液が、次の平衡状態にある. H_2A の第一および第二酸解離定数は $K_{a1} = 1.00 \times 10^{-4} \text{ mol dm}^{-3}$, $K_{a2} = 1.00 \times 10^{-7} \text{ mol dm}^{-3}$ であるとして、下の問いに答えよ. なお、すべての化学種の活量係数は 1.000 とする. 設問 b および c においては、水の解離は無視できるものとし、計算過程を簡潔に示して有効数字 2 桁で答えよ.



(H_3O^+ は H^+ として扱う)

次ページに続く

- a. この水溶液における平衡定数 (K_{a1} および K_{a2}) の式を記せ. また, 電気分離条件の式および物質収支条件の式を記せ. なお, H_2A のモル濃度は C_A とする.
- b. $0.150 \text{ mol dm}^{-3}$ の H_2A 水溶液の pH を求めよ. ただし, 式①で生じる水素イオンの濃度は $0.150 \text{ mol dm}^{-3}$ よりも十分に小さいと仮定できるものとする.
- c. $0.200 \text{ mol dm}^{-3}$ の H_2A 水溶液 10.0 cm^3 に $0.100 \text{ mol dm}^{-3}$ の $NaOH$ 水溶液を 4.00 cm^3 加えたときの pH を求めよ. ただし, HA^- の解離は無視できるものとする.

E. 次の反応④に関する問いに答えよ.

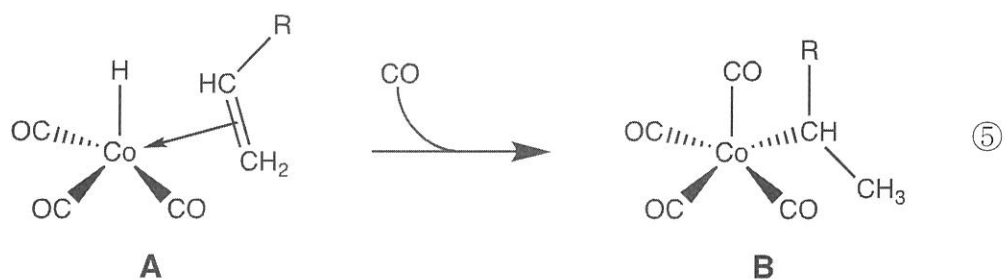


ただし, L および Y は中性配位子とする. 反応④は会合的な機構で進行するものとし, 溶媒の関与は無視して考えよ.

- a. 出発物の白金錯体の構造を, 立体化学がわかるように記せ.
- b. ある L および Y を用いた反応では, 一つの遷移状態を経て反応が進行し, 出発物の立体化学が保持された. 考えられる遷移状態を立体化学がわかるように記せ.
- c. 寿命が十分に長い中間体を経て反応が進行する場合には, 副生成物としてシス体の生成が考えられる. シス体はどのような反応により生成するか.

次ページに続く

F. 次の反応⑤に関する下の問いに答えよ.



- a. **A** と **B** のコバルトの形式酸化数をそれぞれ答えよ.
- b. **B** のコバルト周りの価電子総数を, 計算過程を示して答えよ.
ただし, コバルトは 9 族の元素である.
- c. 反応⑤には二段階あり, 一つは一酸化炭素の配位である.
もう一つはどのような反応か. 下のア～オの中から一つ選べ.
ア. トランスメタル化 イ. 酸化的付加 ウ. 還元的脱離
エ. β -脱離 オ. 移動挿入
- d. 設問 c の二つの段階はどちらが先に起こるか, 理由とともに記せ.

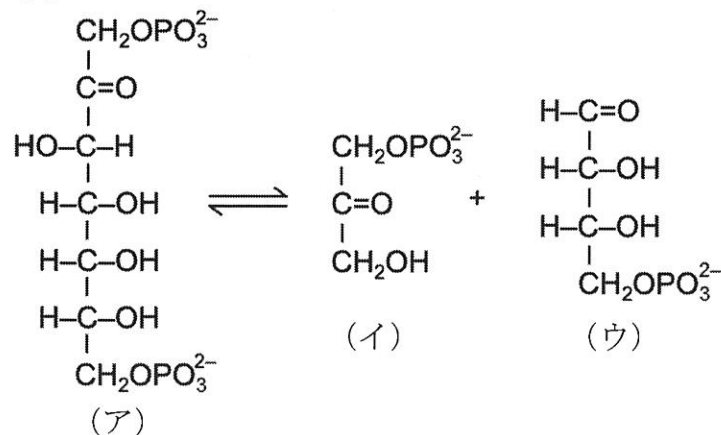
[C-4]

A. 標準アミノ酸について次の問いに答えよ。ただし、構造式については pH 7.0 におけるイオン型で示せ。また、絶対配置は問わない。

- a. チロシンは側鎖にヒドロキシ基をもつ。チロシン以外で側鎖にヒドロキシ基をもつアミノ酸をすべてあげ、その名称および構造式を記せ。
- b. チロシンおよびトリプトファンはともにある共通した構造的な特徴をもつため、280 nm の波長の光に対して強い吸収を示す。その構造的な特徴を記せ。
- c. タンパク質中のチロシンはそのヒドロキシ基がしばしば生体内でリン酸化され、タンパク質の機能が変化する。非リン酸化状態のタンパク質の機能を調べるために、チロシンをリン酸化されないアミノ酸に置き換えたい。チロシンに側鎖の構造が似ているアミノ酸のうち、最も適当なものは何か。そのアミノ酸の名称と構造式を記せ。

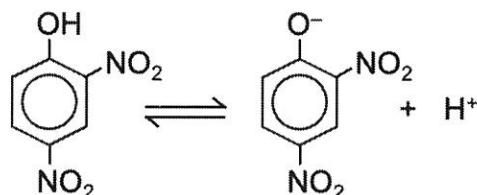
B. 次の化学反応 [1] は光合成のカルビンサイクルで起こる反応の一つであり、化学反応 [2] は 2,4-ジニトロフェノールのプロトンの解離反応を示したものである。下の問いに答えよ。

・化学反応 [1]



次ページに続く

・ 化学反応 [2]



- a. 化学反応 [1] の化合物 (イ) の名称を記せ.
- b. 化学反応 [1] の反応を触媒する酵素は解糖でも働く. この酵素の名称を記せ.
- c. 化学反応 [1] の反応を触媒する酵素は, 解糖の反応も触媒する. この酵素が触媒する解糖の化学反応において, 化合物 (ア) と (ウ) に相当する化合物の名称および構造式をそれぞれ記せ. ただし, 構造式は化学反応 [1] の化合物の例にならい, フィッシャー投影式を用い, リン酸基がある場合は完全に電離した状態で記せ.
- d. カルビンサイクルの概要を次の語句をすべて用い, 簡潔に説明せよ.
「二酸化炭素」「明反応」「光エネルギー」「ATP」「NADPH」「糖」
- e. カルビンサイクルでは二酸化炭素と化合物 (エ) が反応する. 二酸化炭素と反応する化合物 (エ) の名称を記せ.
- f. 日差しの強い環境下におかれた植物では, 光呼吸が起こり, 設問 e の化合物 (エ) は二酸化炭素とは異なる単体 (オ) と反応する. 単体 (オ) の名称を記せ. また, 二酸化炭素の代わりに単体 (オ) が反応する理由を簡潔に説明せよ.

次ページに続く

g. 化学反応 [2] のプロトンが解離していない 2,4-ジニトロフェノールは、生体膜を透過できる。葉緑体を 2,4-ジニトロフェノールで処理すると、葉緑体の明反応における ATP 合成、および NADPH 生成にどのような効果を及ぼすと考えられるか。それぞれ理由とともに簡潔に説明せよ。

h. ミトコンドリアを 2,4-ジニトロフェノールで処理すると、クエン酸サイクルの反応の進行を阻害するか、あるいは阻害しないか。理由とともに記せ。

i. 植物の明反応において NADP^+ が H_2O を四電子酸化するとき、下の問いに答えよ。ただし、半反応の標準還元電位 (E°') は次のとおりである。答えは計算過程を簡潔に示し、有効数字 2 桁で単位を付して記せ。なお、ファラデー定数は $96485 \text{ J}\cdot\text{V}^{-1}\cdot\text{mol}^{-1}$ 、アボガドロ定数は $6.022 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$ 、プランク定数は $6.626 \times 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}$ 、光速は $2.998 \times 10^8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ とする。



(i) 標準還元電位 $\Delta E^\circ'$ と標準ギブスエネルギー変化 $\Delta G^\circ'$ をそれぞれ求めよ。

(ii) 標準状態で NADP^+ による H_2O の四電子酸化で 1 mol の O_2 を発生するためには、理論的には波長 220 nm の紫外光の光子が何 mol あればよいか。

j. 葉緑体のチラコイド内腔の pH (pH_R) に対するストロマ内の pH (pH_S) の差 ($\text{pH}_\text{S} - \text{pH}_\text{R}$) が 3.4、温度が 25°C のとき、チラコイド膜を隔てた内腔からストロマに一つのプロトンが移動するときのギブスエネルギー変化 ΔG を求めよ。ただし、気体定数は $8.314 \text{ J}\cdot\text{K}^{-1}\cdot\text{mol}^{-1}$ とする。答えは計算過程を簡潔に示し、有効数字 2 桁で単位を付して記せ。

C. 次の文章は、真核生物の遺伝子 A がコードするタンパク質を、原核生物で発現させた実験について記述したものである。下の問いに答えよ。

ある真核生物の細胞から⁽¹⁾mRNAを精製して、⁽²⁾この mRNA をもとに逆転写反応により cDNA を作製した。この cDNA を鋳型として、遺伝子 A を含む DNA 断片を PCR によって増幅した。⁽³⁾cDNA から増幅した DNA 断片とプラスミド DNA を、それぞれ制限酵素によって切断したのち、DNA リガーゼによって連結した。連結したプラスミド DNA の塩基配列を⁽⁴⁾ジデオキシ法によって決定し、正しく DNA 断片が挿入されたことを確認した。確認したプラスミド DNA を大腸菌に導入して、⁽⁵⁾遺伝子 A を発現させた。

- a. 下線部(1)について、真核生物の mRNA は 3'末端が修飾されている。この修飾の名称、およびその細胞内における役割を簡潔に記せ。
- b. 真核生物の mRNA は 3'末端とともに、5'末端も修飾されている。この修飾の名称、およびその細胞内における役割を簡潔に記せ。
- c. 下線部(2)について、ゲノム DNA を使用せず、mRNA から作製した cDNA を使用したのは、真核生物の mRNA が末端以外も修飾されているからである。この修飾の名称、およびどのような修飾かを簡潔に記せ。
- d. 下線部(3)において、プラスミド構築に使用した DNA リガーゼは、DNA 複製において重要な働きをしている。その働きを簡潔に説明せよ。
- e. 下線部(4)のジデオキシ法について次の問いに答えよ。
 - (i) ジデオキシ法では、2',3'-ジデオキシリボヌクレオシド三リン酸 (ddNTP) を使用する。このうち、ddATP の構造式を記せ。

(ii) ジデオキシ法において ddATP 存在下で DNA 合成を行なった場合, ddATP はどのような効果があるか. 理由とともに簡潔に説明せよ.

f. 下線部(5)について, 大腸菌の遺伝子発現制御には, ラクトースオペロンの転写制御機構がしばしば利用される. ラクトースオペロンについて次の問いに答えよ.

(i) ラクトースオペロンは, ラクトースの異性化によって生体内で生成される 1,6-アロラクトースによって転写が制御される. この転写制御機構を説明せよ.

(ii) 1,6-アロラクトースによって転写が制御される機構は, 生物の生育にとって利点がある. この利点を簡潔に記せ.

g. ある細胞では, 遺伝子 A に変異があり, タンパク質をコードしている DNA 領域の塩基配列が 1 塩基異なっていた. この細胞から作製したプラスミド DNA を用いて大腸菌で遺伝子 A を発現させたところ, 翻訳されたタンパク質のアミノ酸配列は, 変異のない場合と同じであった. 考えられる理由を簡潔に記せ.

[C-5]

A. 次の問いに答えよ.

- a. 壊変現象のうち, 壊変時に原子番号が 1 減少するものを二つ記せ.
- b. 同余体の関係にある核種の組み合わせを一つ記せ.
- c. 内部転換係数について簡潔に説明せよ.
- d. 蛍光収率について簡潔に説明せよ.
- e. 1.00 GBq の ^3H (半減期 12.3 年) から 1 半減期に放出される β 線の総数を有効数字 2 桁で求めよ.
- f. 放射能で等量の ^{134}Cs (半減期 2.0 年) と ^{137}Cs (半減期 30 年) がある.
6.0 年後の ^{134}Cs と ^{137}Cs の原子数比 ($^{134}\text{Cs}/^{137}\text{Cs}$) を有効数字 2 桁で求めよ.
- g. 精製した ^{226}Ra (半減期 1600 年) 5.0 g を密封容器に入れて 100 日間放置した. 娘核種 ^{222}Rn (半減期 3.82 日) の標準状態での体積 [mL] を有効数字 2 桁で求めよ. ただし, 気体は理想気体として扱えるものとし, 1 mol の気体の体積は標準状態で 22.4 L とする. また, アボガドロ定数を $6.0 \times 10^{23} / \text{mol}$ とする.

次ページに続く

B. 標識化合物に関する次の問いに答えよ。ただし、 ^{18}F の減衰は無視できるものとする。

a. ^{18}F 標識化合物は、 ^{18}O を標的核として生成された ^{18}F を用いて合成される。

この核反応式を記せ。

b. 1.00 GBq の ^{18}F 標識化合物の液体がガラスバイアル中に 1.00 cm^3 入っている。この ^{18}F 標識化合物を点線源とみなし、バイアルおよび液体による遮へい効果は無視できるとした場合、点線源から 50 cm の距離における 1 cm 線量当量率 [$\mu\text{Sv h}^{-1}$] を有効数字 2 桁で求めよ。ただし、 1 cm 線量当量率定数は $0.165\text{ }\mu\text{Sv m}^2\text{ MBq}^{-1}\text{ h}^{-1}$ とする。

c. 設問 b の ^{18}F 標識化合物を鉛で遮へいした場合、 ^{18}F に対する鉛の半価層および $1/10$ 価層の厚み [cm] を有効数字 2 桁でそれぞれ求めよ。ただし、鉛の密度は 11 g cm^{-3} 、質量減弱係数は $0.13\text{ cm}^2\text{ g}^{-1}$ とする。

d. 設問 b の ^{18}F 標識化合物が 4.8 cm の鉛遮へい体で囲まれている場合、同じ位置での線量は鉛遮へい体が無いときに比べてどこまで減衰するか。その割合を有効数字 2 桁で求めよ。

e. ^{32}P の標識化合物を GM 計数装置で 5.00 分間測定したところ、 7600 カウンターの計数值を得た。この標識化合物の放射能 [Bq] を、標準偏差を付して有効数字 3 桁で求めよ。ただし、計数効率を 12.0% とし、バックグラウンド計数は無視する。

f. ^{60}Co の標識化合物を分解時間 $500\text{ }\mu\text{s}$ の GM サーベイメータで測定したところ 500 cps であった。真の計数率はいくらか。有効数字 2 桁で求めよ。

次ページに続く

C. アクチバブルトレーサー法について、次の問いに答えよ。

a. アクチバブルトレーサー法について簡潔に説明せよ。

b. Sm, Eu, Dy, Ho などのランタノイドはアクチバブルトレーサーとして利用される。このようなランタノイドがアクチバブルトレーサーとしてふさわしい理由を二つあげよ。

c. アクチバブルトレーサーとして ^{151}Eu を含んだ試料に、原子炉の熱中性子を t 時間照射した。照射直後の生成放射性核種の放射能 A は(1)式を用いて求められる。

$$A = f\sigma N(1 - e^{-\lambda t}) \quad (1)$$

生成した ^{152}Eu の半減期を T とするとき、(1)式に用いられている飽和係数が $7/8$ 以上になるには、照射時間 t を T の何倍以上にしたらよいか。また、 t/T に対する $A/f\sigma N$ の変化の概略図を描け。

D. ^{90}Y (半減期 64.00 時間) は、 ^{90}Sr (半減期 28.79 年) の壊変により生成する。生成した ^{90}Y の無担体分離に関する次の問いに答えよ。

a. ^{90}Sr - ^{90}Y を含む塩酸酸性溶液から鉄化合物を用いて ^{90}Y を分離する方法を簡潔に説明せよ。

b. 設問 a で鉄とともに分離した ^{90}Y を鉄と分離する方法を簡潔に説明せよ。

E. 核反応は、反応機構によっていくつかは大別できる。その中で、直接反応の過程について説明せよ。また、その直接反応の過程では、(d, n)反応よりも(d, p)反応が起こりやすい。その理由を説明せよ。