

早稲田大学大学院 先進理工学研究科
修士課程 入試問題の訂正内容

<2025年9月・2026年4月入学 先進理工学研究科 化学・生命化学専攻>

【選択科目】

●問題冊子10ページ 問題番号 2 本文12行目

(誤)

AgBr

(正)

AgI

以上

2025年9月・2026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科目を選択しなさい。
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。
- ◎使わなかった解答用紙がある場合、解答欄に大きく×印を記入しなさい。使わなかった解答用紙も含めて、すべての解答用紙を提出しなさい。
- ◎数値計算のため、準備された関数電卓の使用を許可する。

2025年9月・2026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

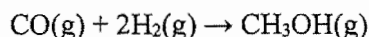
科目名： 物理化学

問題番号

1

次の文章を読み、設問に答えよ。

メタノールの工業的合成法として、一酸化炭素と水素の反応が知られている。



一酸化炭素、水素およびメタノールについて、298 K、 1.00×10^5 Paにおける標準生成エンタルピー ΔH_f° および標準モルエントロピー S_m° は以下の表の通りである。以下の問題を解くにあたっては、 ΔH_f° および S_m° は温度および圧力に依存しないものと仮定してよい。

物質	ΔH_f° [kJ/mol]	S_m° [J/(mol·K)]
CO(g)	-110.5	197.7
H ₂ (g)	0	130.7
CH ₃ OH(g)	-200.7	239.8

非標準状態のギブズエネルギー変化 ΔG は、標準ギブズエネルギー変化 ΔG° 、気体定数 R 、絶対温度 T 、反応商 Q を用いて

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

のように表されることを利用してよい。ここで、 $R = 8.314 \text{ J/(mol·K)}$ である。

(1) 298 K における、上述の一酸化炭素と水素の反応の標準反応エンタルピー ΔH_r° および標準反応エントロピー ΔS_r° を答えよ。

(2) この反応は発熱反応か、吸熱反応か、答えよ。

(3) CO, H₂ および CH₃OH がすべて 1.00×10^5 Pa で存在するとき、上述の反応が右に進むためには、系の温度がある値 T_{th} を下回る必要がある。 T_{th} の値を答えよ。

(4) (3) で見たように、この反応は高温になるほど進みにくくなる。しかし、この反応は工業的には 500 K 程度の高温で行われる。この理由を簡潔に答えよ。

(5) 500 K における上述の反応の圧平衡定数 K_p を答えよ。

(6) 原料として CO および H₂ をそれぞれ 2.00×10^5 Pa となるよう系に封入し、適切な触媒を加えた上で、定圧条件下、500 K で反応を進行させた。反応が平衡に達したときの CH₃OH の分圧 p_{MeOH} を有効数字 1 桁で答えよ。 $p_{\text{MeOH}} \ll 2 \times 10^5$ Pa であることを利用し、適切な近似を課すこと。

2025年9月・2026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. ある気相反応 $A \rightarrow B$ において、この反応は二次反応であり、A の初濃度は $[A]_0$ である。

- (1) この反応の速度定数を k として、A の濃度 $[A]$ の時間 t に対する変化を表す微分方程式を示せ。
- (2) 半減期 $t_{1/2}$ を速度定数 k と $[A]_0$ を用いて示せ。ただし、導出過程も簡潔に示すこと。
- (3) 半減期 $t_{1/2}$ が 10 分であったとき、反応開始後 60 分における A の濃度は $[A]_0$ の何分の一になるかを求めよ。

B. ある気体の 1 次分解反応において、速度定数 k と温度 T の間には、経験的に次のような関係式が得られている。

$$\ln k = -\frac{21800}{T} + \ln T + 13.8$$

(4) この関係式とアレニウスの式 $k = A \exp(-E_a / RT)$ の対数形を比較し、温度依存性を考慮した上で、この反応の活性化エネルギー E_a を T と気体定数 R を用いて示せ。ただし、頻度因子 A は定数とする。アレニウスの式において温度依存性を調べるとき、アレニウスプロット ($1/T$ に対する $\ln k$ のプロット) の傾きから活性化エネルギーが求まることを利用して導出すること。

(5) 100 °C における活性化エネルギー E_a の数値を有効数字 3 桁で求めよ。ただし、気体定数は $R = 8.314 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$ とする。

2025年9月・2026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

次の文を読み、以下の問いに答えよ。

ボーアは、原子中では電子は原子核のまわりを半径 r_n 、速さ v_n で円運動しているモデルを提唱した。そして、次式のような角運動量の量子化を仮定して、水素原子のエネルギーに対する定式化を行った。

$$m_e v_n r_n = n \left(\frac{h}{2\pi} \right) \quad \text{①}$$

ここで、 n は量子数で正の整数を取る。具体的には、力学的な釣り合いの式をたて、式①と合わせて v_n と r_n を物理定数に対する記号を用いて表した。特に、量子数 $n = 1$ の状態における半径はボーア半径と呼ばれ、 a_0 という記号を用いて表される。それらを用いて、運動エネルギーとポテンシャルエネルギーの和から全エネルギーを導いた。さらに、水素原子の発光スペクトルでは、これらの状態間のエネルギー差をプランク定数で割った値が光の振動数になると示した。

一方、量子力学的なシュレディンガー方程式を解いて得られる水素原子の波動関数では、動径方向に分布があり、ボーアモデルと異なる。1s 軌道の波動関数はボーア半径 a_0 を用いると次式で与えられる。

$$\psi_{1s}(r, \theta, \phi) = \frac{1}{\sqrt{\pi a_0^3}} \exp\left(-\frac{r}{a_0}\right) \quad \text{②}$$

必要であれば、次の物理定数に対する記号および数値を用いよ。

$h = 6.63 \times 10^{-34} \text{ J s}$ (プランク定数), $c = 3.00 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}$ (光速), $e = 1.60 \times 10^{-19} \text{ C}$ (電気素量),
 $m_e = 9.11 \times 10^{-31} \text{ kg}$ (電子の静止質量), $\epsilon_0 = 8.85 \times 10^{-12} \text{ F m}^{-1}$ (真空の誘電率)

- (1) ボーアモデルにおける力学的な釣り合いは、 v_n と r_n 、そして、上記の物理定数の記号を用いて、どのような式で表されるか答えよ。
- (2) ボーアモデルにおける量子数 n の状態の運動エネルギー $(1/2)m_e v_n^2$ は、上記の物理定数の記号を用いて、どのような式で表されるか答えよ。
- (3) ボーアモデルにおける量子数 n の状態の電子は、どのようなド・ブローイ波長 λ_n をもつか、ボーア半径 a_0 を用いて答えよ。
- (4) ボーアモデルにおける量子数 2 の状態から量子数 1 の状態に遷移する際に放出される光の波長を有効数字 3 桁で求めよ。
- (5) 式②を用いて水素原子の 1s 軌道に対する動径(r)方向の確率密度が最大となる距離 $r_{1s}^{\max}$ は、ボーア半径 a_0 を用いて、どのような式で表されるか答えよ。

2025年9月・2026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)。1 eV = $1.602 \times 10^{-19} \text{ J}$ 。原子量： $^{79}\text{Br} = 78.92$, $^{81}\text{Br} = 80.92$ 。

A. 二原子分子の振動について考える。ここでは、調和振動子近似が成立するものとする。振動エネルギー E_v は、分子の力の定数 k 、換算質量 μ 、振動量子数 v を用いて次式で与えられる。

$$E_v = \left(v + \frac{1}{2}\right) \frac{h}{2\pi} \sqrt{\frac{k}{\mu}}$$

$^{79}\text{Br}_2$ の基本振動の波数は、 323.2 cm^{-1} である。

- (1) $^{79}\text{Br}_2$ の力の定数を N m^{-1} 単位で答えよ。
- (2) $^{79}\text{Br}_2$ の振動準位 $v=0$ と $v=1$ のエネルギー差を J 単位で答えよ。
- (3) 300 K における $^{79}\text{Br}_2$ の振動準位 $v=0$ と $v=1$ の占有数の比 ($N_{v=1}/N_{v=0}$) を答えよ。
- (4) $^{79}\text{Br}^{81}\text{Br}$ の基本振動の波数を cm^{-1} 単位で答えよ。ただし、同位体置換により力の定数が変化しないものとする。

B. O_2 の電子状態のポテンシャルエネルギー曲線について考える。電子基底状態 (X 状態) の O_2 は、二つの電子基底状態の $\text{O}(^3\text{P})$ に解離する。電子励起状態 (B 状態) の O_2 は、電子基底状態の $\text{O}(^3\text{P})$ と電子励起状態の $\text{O}(^1\text{D})$ に解離する。 $\text{O}(^1\text{D})$ は、 $\text{O}(^3\text{P})$ よりエネルギーが 1.97 eV 高い。 O_2 の X 状態の振動基底状態 ($v''=0$) から B 状態の振動基底状態 ($v'=0$) への光吸収は、波長 202.60 nm で起こる。 O_2 (X, $v''=0$) から B 状態への光吸収は、波長 175.05 nm 以下で連続的となり、 O_2 は光解離する。 O_2 の X 状態と B 状態における基本振動の波数は、それぞれ 1556 cm^{-1} と 688 cm^{-1} である。解離エネルギー (D_0) は、振動の零点エネルギーのため、ポテンシャル極小の深さ (D_e) とは異なる。ここでは、回転エネルギーは無視できるものとする。

- (5) X 状態における振動の零点エネルギーを eV 単位で答えよ。
- (6) B 状態の解離エネルギー (D_0) を eV 単位で答えよ。
- (7) X 状態の解離エネルギー (D_0) を eV 単位で答えよ。
- (8) X 状態におけるポテンシャル極小の深さ (D_e) を eV 単位で答えよ。

2025年9月・2026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

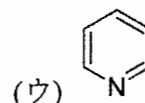
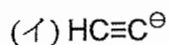
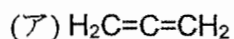
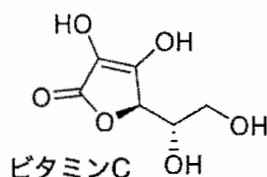
科目名： 有機化学

問題番号

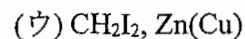
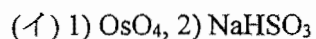
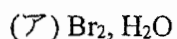
1

以下の問い(1)～(5)に答えよ。

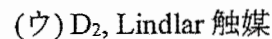
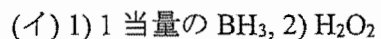
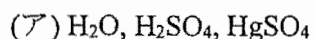
(1) 次の各化合物の軌道図と水素原子以外の原子の混成を書け。

(2) (ア) ビタミンC の pK_a 値で 4.17 と 11.57 を示す部位を特定し、その理由を説明せよ。

(イ) トリクロロ酢酸が酢酸よりも強い酸である理由を説明せよ。

(ウ) (*S*)-2,3-dimethylpentane を C2-C3 結合に沿って眺めたとき、最も安定な立体配座を Newman 投影式で書け。(3) (*E*)-3-methylpent-2-ene 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。

(4) but-2-yne 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。



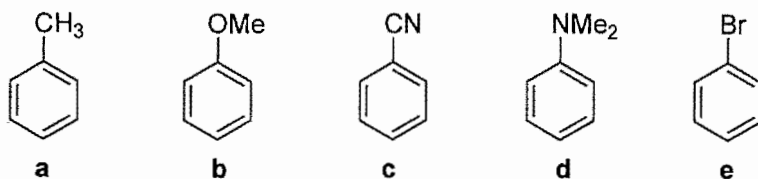
(5) 化合物 A (C_9H_{12}) はパラジウム触媒を用いた接触水素化において 3 当量の水素と反応し、化合物 B を与える。また、化合物 A のオゾン分解はシクロヘキサノンを与え、化合物 A を NaNH_2 と反応させた後に MeI と反応させると化合物 C ($\text{C}_{10}\text{H}_{14}$) が生成する。A, B, C の構造を書け。

2025年9月・2026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

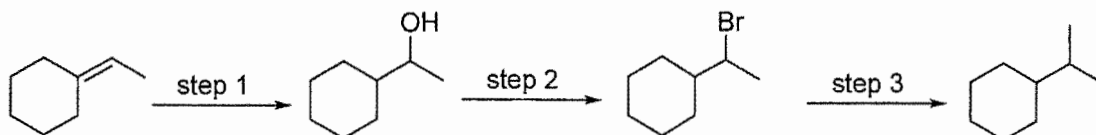
問題番号 2

次の各問に答えよ。

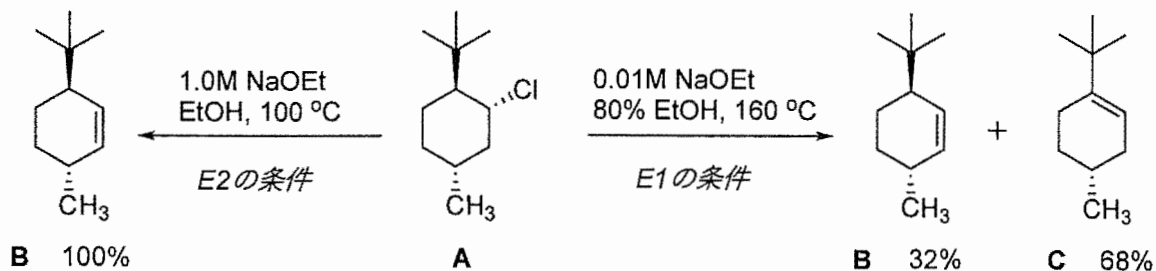
- (1) 次の化合物について、芳香族求電子置換反応に対する反応性が高い順に並べよ。



- (2) 次の step 1～3 の合成に適した試薬をそれぞれ提案せよ。ただし溶媒は示さなくても良い。



- (3) 化合物 A について、以下の問いに答えよ。

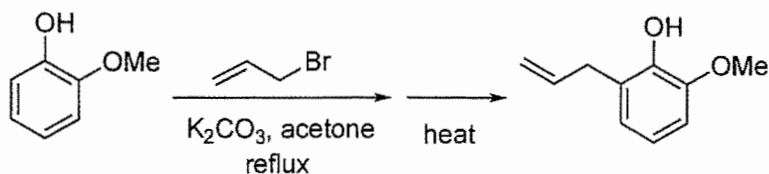


- (ア) 化合物 A について、二つのいす形立体配座を示せ。

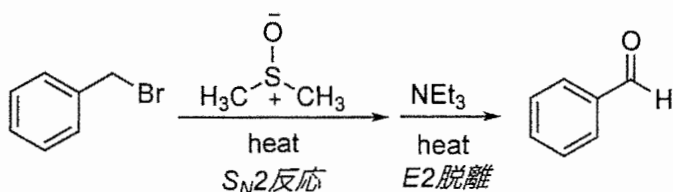
- (イ) 化合物 A は、E2 脱離反応条件(1.0M NaOEt, EtOH, 100 °C)では生成物 B を選択的に与えるが、E1 脱離条件(0.01M NaOEt, 80% EtOH, 160 °C)では生成物 B と C の混合物を与える。この反応性の違いについて、化合物 A の立体配座を考慮して説明せよ。

- (4) 次の反応は、いずれも 2 段階で進行する。それぞれの反応機構を示せ。

(ア)



(イ)

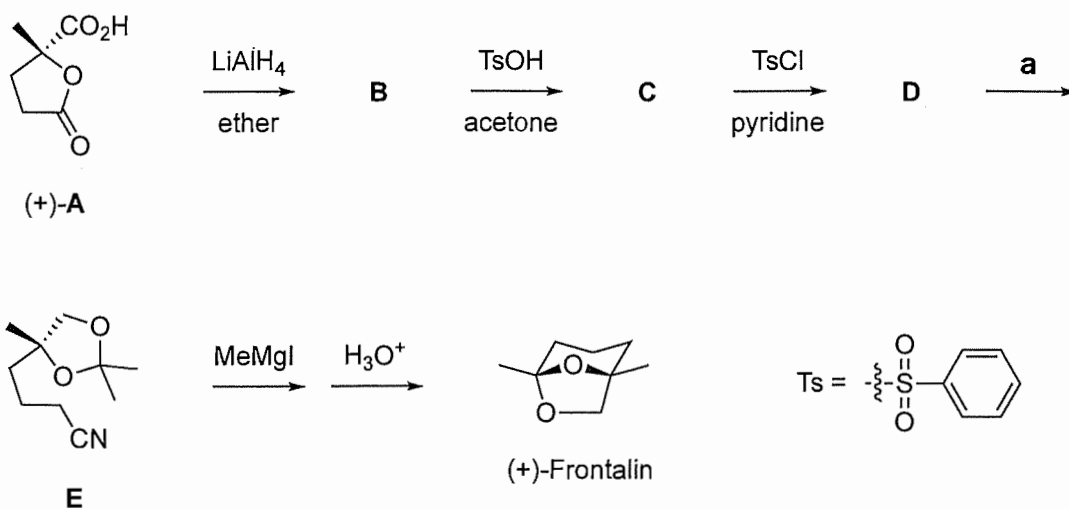


2025年9月・2026年4月入学試験問題
大学院先進理工学研究科修士課程化学・生命化学専攻

科 目 名：有機化学

問題番号 3

フロンタリン(Frontalin)はマツクイムシの集合フェロモンとして知られている有機化合物である。以下に示す(+)-Frontalin の合成について、次の各問に答えよ。



- (1) 出発物質 (+)-**A** の不斉炭素について、その絶対立体配置を *R*, *S* 表記で示せ。
- (2) 合成中間体 **B**, **C**, **D** について、それらの絶対立体配置が分かるように構造式で示せ。
- (3) 中間体 **D** から **E** へ変換する適切な試薬 **a** を示せ。
- (4) 中間体 **E** から (+)-Frontalin を与える反応について、反応中間体の構造式を示して説明せよ。
- (5) (+)-**A** のカルボン酸部位をメチルエステルへ変換したい。酸触媒とメタノールによるエステル化以外の方法を 2 種類提案せよ。

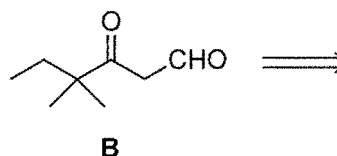
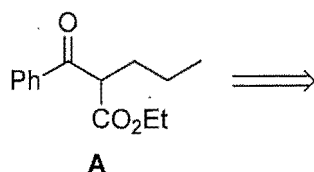
2025年9月・2026年4月入学試験問題

大学院先進理工学研究科修士課程 化学・生命化学専攻

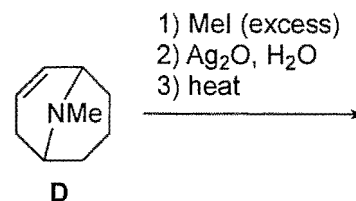
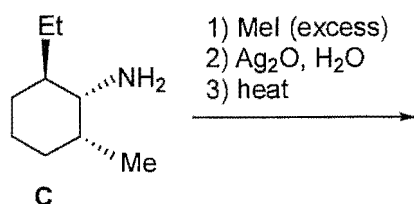
科目名： 有機化学

問題番号 4

- (1) Claisen 縮合により下記の化合物 **A**, **B** を合成する場合, それぞれ 2 組の原料が考えられる。それらの構造を書け (合計 8 つの化合物)。なお, 原料にエステルを用いる場合は, エチルエステルとする。

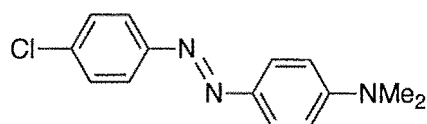


- (2) 下記の化合物 **C**, **D** を Hofmann 脱離の条件に付した場合に得られる生成物の構造を書け。また, その反応機構を説明せよ。



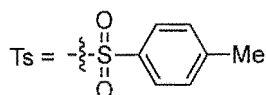
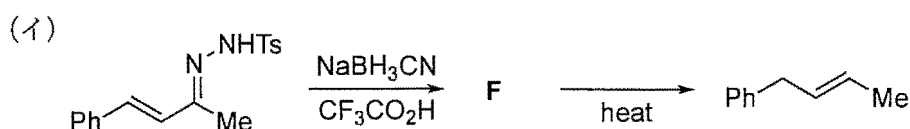
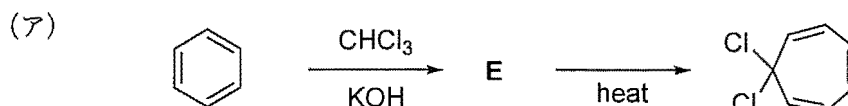
- (3) ジアリールアゾ化合物 ($\text{ArN}=\text{NAr}'$) は一般に, ジアゾニウム塩を中間体とするカップリングにより合成される。

- (ア) 下記のジアリールアゾ化合物を合成する際, 原料として考えられるアリールアミンとアリール化合物の組合せを 2 つ書け。そして, いずれの組合せがより効率的に生成物を与えるかを, 理由を含めて説明せよ。



- (イ) ジアゾニウム塩を調製する際, 低温 ($0\sim 5^\circ\text{C}$) に保つ必要がある。高温にした場合に, 進行する副反応を, 反応式を書いて説明せよ。

- (4) 下記の合成変換 (ア), (イ) はいずれもペリ環状反応を含む。中間体 **E**, **F** の構造を含めて反応機構を説明せよ。



2025年9月・2026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

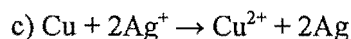
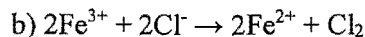
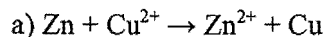
次の問いに答えよ。

- (1) 下記の表とボルン・ハーバーサイクルを用いて、臭化マグネシウムの格子エンタルピーを求めよ。

	ΔH° (kJ mol ⁻¹)		ΔH° (kJ mol ⁻¹)
イオン化エンタルピー, Mg(g)	2187	標準解離エンタルピー, Br ₂ (g)	193
標準昇華エンタルピー, Mg(s)	148	電子取得エンタルピー, Br(g)	-331
標準蒸発エンタルピー, Br ₂ (l)	31	標準生成エンタルピー, MgBr ₂ (s)	-524

- (2) 次の反応の起電力を以下の表に示す標準電位
- E°
- を用い算出せよ。

また、自発的に反応が進むものはどれか、理由も述べよ。



	E°
$\text{Zn}^{2+} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Zn}$	-0.76 V
$2\text{H}^+ + 2\text{e}^- \rightarrow \text{H}_2$	0 V
$\text{Cu}^{2+} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Cu}$	+0.34 V
$\text{Fe}^{3+} + \text{e}^- \rightarrow \text{Fe}^{2+}$	+0.77 V
$\text{Ag}^+ + \text{e}^- \rightarrow \text{Ag}$	+0.80 V
$\text{Cl}_2 + 2\text{e}^- \rightarrow 2\text{Cl}^-$	+1.36 V

- (3) 軽水炉型原子力発電所では、燃料の濃縮ウラン (
- ^{235}U
- : 3~5%,
- ^{238}U
- : 95~97%) に中性子を当て核分裂を生じさせることで熱エネルギーを得る。
- ^{235}U
- の核分裂により生成する放射性の核分裂生成物のうち、
- ^{137}Cs
- の半減期は 30.2 年である。

a) ^{137}Cs の β^- 壊変により生じる核種を答えよ。b) 48 g の ^{137}Cs が 6 g になる（崩壊せずに残る）のは何年後か。

- (4) 酸素分子は基底状態において磁性を示す。その理由を分子軌道 (MO) 理論に基づき説明せよ。その際、分子軌道のエネルギー準位と電子配置を図示すること。

2025年9月・2026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) 次の溶液の pH を計算せよ。

a) 安息香酸ナトリウム 0.050 mol L^{-1} 溶液

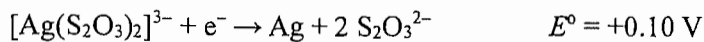
(ただし、安息香酸の酸解離定数を $K_a = 6.3 \times 10^{-5}$, $K_w = 1.0 \times 10^{-14}$ とする)

b) $0.10 \text{ M H}_3\text{PO}_4$ と $0.070 \text{ Na}_3\text{PO}_4$ を含む溶液

(ただし、リン酸の酸解離定数を $K_{a1} = 1.1 \times 10^{-2}$, $K_{a2} = 7.5 \times 10^{-8}$, $K_{a3} = 4.8 \times 10^{-13}$ とする)

(2) 次の標準電極電位を用いて 25°C での各値を求めよ。

(ただし、 $R = 8.31 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$, $F = 96500 \text{ C mol}^{-1}$ とする)



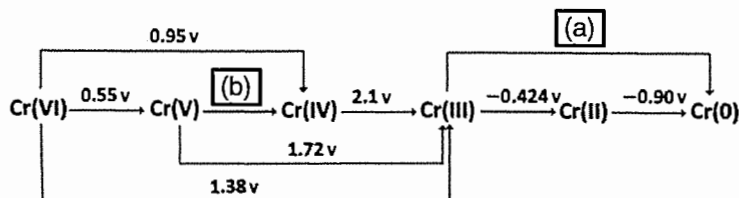
a) AgBr の溶解度積

b) $[\text{Ag}(\text{S}_2\text{O}_3)_2]^{3-}$ の全生成定数

(3) 次の分子の構造を VSEPR 理論により推定し、構造を描きなさい。また、その構造の点群も答えなさい。

a) SOCl_2 b) SF_4 c) XeF_4 d) ClF_5

(4) 酸性水溶液中の Cr の各酸化状態とそれらの間の電位を示した Latimer 図は次のようである。空欄 (a) および (b) に入れる電位をそれぞれ答えよ。



(a) $\text{Cr(III)}/\text{Cr(0)}$

(b) $\text{Cr(V)}/\text{Cr(IV)}$

2025年9月・2026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。

炭素 C とケイ素 Si は、^{a)}周期表の 族元素である。Si は、岩石や鉱物の成分元素として、地殻中で 番目に多く存在する元素である。^{b)}Si の結晶は、C の同素体の一つである と同じ構造の (イオン, 共有結合, 金属, 分子) 結晶である。電気伝導性は、 が (絶縁体, 半導体, 金属) であり、Si は半導体の性質を示す。

^{c)} は、現在知られている物質中で最も熱伝導率が高い。 の C 原子は sp 混成軌道で結合を形成するのに対し、炭素のもう一つの同素体である は、sp 混成軌道からなる二次元的なシートが重なり合っている。 の層間は弱い 力で結び付いている。 の面に平行な方向は (絶縁体, 半導体, 金属) の性質を示し、垂直な方向は (絶縁体, 半導体, 金属) の性質を示す。一層の を とよぶ。C の同素体のうち常温常圧下で一番安定なのは、 である。

高純度 (不純物を含んでいない) の Si の結晶は、 半導体と呼ばれる。電子が熱的な励起によって原子の束縛から逃れるとその電子は自由 (伝導) 電子 になり、電子が抜けた穴は となる。室温にある 半導体では、一般に、自由電子と の十分な熱的励起が行われず、金属に比べて電気伝導率は小さい。温度の上昇に伴い急激に電気伝導率は、 (減少, 増加) する。室温における 半導体の電気伝導率は、トランジスタなどの素子に用いるには小さすぎるため、不純物を導入して伝導電子や の数 (密度) を制御する。^{d)}純度の高い Si にリン P やヒ素 As のような原子を微量に混ぜると 型半導体になる。Si は常温で 遷移型半導体であり、^{e)}バンドギャップは 1.12 eV である。^{f)} 遷移型半導体では、電子が価電子帯から伝導帯へ遷移する際の光吸収係数が小さい。

設問

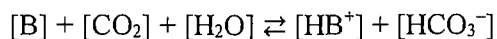
- 空欄 ~ に最も適する数字をそれぞれ記せ。
- 空欄 ~ に最も適する語句を記せ。ただし、 は (イオン, 共有結合, 金属, 分子) の中から、 , , は (絶縁体, 半導体, 金属) の中から、 は (減少, 増加) の中から、それぞれ選び記せ。
- 下線部 a) について、周期表の 族の C および Si 以外の元素を二つ記せ。
また、 族を下に行くほど金属性が増す理由を述べよ。
- 下線部 b) について、室温における結晶 Si の格子定数は 0.357 nm である。結晶 Si の密度を有効数字 3 桁で求めよ。必要があれば、原子量、アボガドロ定数 N_A として次の値を用いよ。Si = 28.1, $N_A = 6.02 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$
- 下線部 c) について、その理由を説明せよ。
- 下線部 d) について、電子配置からその理由を説明せよ。
- 下線部 e) について、Si 太陽電池の吸収端の波長を算出せよ。プランク定数 $h = 6.626 \times 10^{-34} \text{ J s}$, 光速 $c = 2.998 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}$, 電子の質量 $m = 9.109 \times 10^{-31} \text{ kg}$, $1 \text{ eV} = 1.602 \times 10^{-19} \text{ J}$ とする。
- 下線部 f) について、その理由を説明せよ。

2025年9月・2026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

二酸化炭素を回収するために、塩基水溶液に吸収させそこから回収する方法がある。

そこで、塩基 (B, $K_a=1.0\times 10^{-10}$) の水溶液に二酸化炭素を通気して二酸化炭素を吸収させる実験を考える。



塩基の初濃度, 塩基の K_a および CO_2 の濃度が決まれば, CO_2 吸収後の pH および吸収された CO_2 ($= HCO_3^-$) の量が計算できる。

下記の三つの平衡定数および $[CO_2]$ 濃度 (C) および塩基の初濃度 (B_0) を用いて $[H^+]$ を計算する。



$$[CO_2] = C \text{ (一定とする)}$$

$$[HB^+] + [B] = B_0 \text{ (初濃度)}$$

- (1) $[HB^+]$ を B_0 , $[H^+]$, K_a を用いて表せ。
- (2) $[HCO_3^-]$ を C , $[H^+]$, K_c を用いて表せ。
- (3) 塩基条件下 ($[H^+] \ll [OH^-]$) と仮定し, $[H^+]$ を無視できるとして, 電荷均衡を考えて $[H^+]$ を求める二次方程式を表せ。
- (4) $C = 0.0040 \text{ mol L}^{-1}$, $B_0 = 1.0 \text{ mol L}^{-1}$ として, 平衡時の溶液の pH を求めよ。
- (5) 塩基を 100 mL 用いた場合, 平衡時に吸収された CO_2 ($= HCO_3^-$) の量を求めよ。

2025年9月・2026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(1)～(10)の設問に答えよ。

- (1) 温度に対して化学反応速度をプロットする。無機触媒は温度の上昇に従い反応速度が上昇する。一方、酵素の場合はある一定の温度までは反応速度が上昇するが、ある温度以上で急激に低下する。この理由を述べよ。また、酵素による触媒反応の速度を pH に対してプロットすると、そのグラフは至適 pH に対して左右がほぼ対称となる場合が多い。横軸が温度の場合とグラフの形状が異なるのはなぜか説明せよ。
- (2) SDS-PAGE とゲルろ過は、いずれもタンパク質の見かけのサイズの違いを利用した分離法である。前者では小さいサイズのものが大きいサイズのものよりの速く移動し、後者ではそれが逆になる。このように一見矛盾した結果を示す理由を説明せよ。
- (3) 釣り上げた魚は死後体が硬直し、やがて時間とともにこの硬直は解ける。この現象についてアデノシン三リン酸 (ATP)、 Ca^{2+} 、プロテアーゼ消化という言葉を使って説明せよ。
- (4) 肉や魚は熟成させることによって、うまみが増すことが知られている。主に熟成過程でうまみ成分であるアミノ酸とイノシン酸が生じることによると考えられている。アミノ酸とイノシン酸が熟成過程でどのように生じるかについて説明せよ。
- (5) コレステロールやカロテノイドなどのテルペノイド生合成の基本ユニットであるイソペンテニル二リン酸には、二通りの生合成経路が知られている。それぞれの生合成経路名を答えよ。
- (6) 免疫染色法には直接法と間接法がある、それぞれについて長所をひとつずつ説明せよ。
- (7) エピジェネティックな遺伝子発現調節では、DNA やヒストンタンパク質の化学修飾が起きることが知られている。DNA やヒストンタンパク質に起きるメチル化はその一例である。メチル化が起きる核酸塩基名とアミノ酸残基名を答えよ。またメチル化反応の際に用いられる補酵素名を答えよ。
- (8) インフルエンザ薬として汎用されているオセルタミビルは、ある種の酵素に対する阻害剤である。この酵素名を答えよ。またこの酵素が阻害されるとインフルエンザウイルスにどのような変化が起こると考えられるか説明せよ。
- (9) 動物細胞の分裂期開始時に RNA 干渉を用いて以下の遺伝子 (ア～エ) の発現を抑制した。分裂期の染色体にはどのようなことが起きるのか (表現型) を具体的に示せ。(ア) コヒーシン, (イ) セパラーゼ, (ウ) セキュリン, (エ) APC/cyclosome (ユビキチン E3 リガーゼ)
- (10) 情報伝達経路を示す以下の文章の空欄 (A～D) に適当な用語を入れて完成せよ。
副腎皮質ホルモンの一つであるアドレナリンは、筋肉細胞の G タンパク連結型受容体に結合すると、細胞内の (A) 酵素に作用して、ATP から生じる細胞内のセカンド (2 次) メッセンジャー分子である (B) の濃度を変化させる。セカンドメッセンジャーは細胞質内を拡散し、(C) を活性化して、グリコーゲンの分解と心筋の収縮力の増大を促す。一方、(B) のシグナルの除去には、(D) が働くことで、細胞内のシグナルがリセットされる。

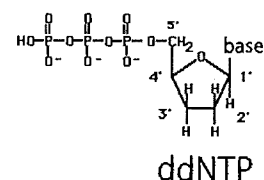
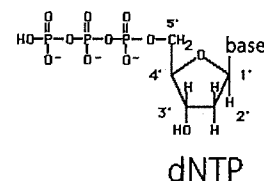
2025年9月・2026年4月入学試験問題

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

I. University of Cambridge の Frederick Sanger は、Sanger 法（ダイターミネーター法）による遺伝子シーケンス技術を開発して 1980 年に 2 度目のノーベル化学賞を受賞した。DNA ポリメラーゼによる合成反応において右図の dNTP と ddNTP では、どのような反応の違いが生じ、電気泳動（ポリアクリロアミドゲル）で一塩基の配列の違いを決定できるのかを証明せよ。なおその証明には、5' AGCT を決定する上で、4 つの DNA の一本鎖の化学構造をそれぞれ示して下記の用語を用いよ。特に DNA ポリメラーゼが DNA の伸長反応においてどの反応を触媒するのかを説明せよ。



ただし、右図の塩基 (base) の部分は A,G,C,T 表示でよい。

dNTP; dATP, dCTP, dGTP, dTTP,

ddNTP; ddATP, ddCTP, ddGTP, ddTTP

DNA ポリメラーゼ, 鋳型 DNA, プライマー

II. 以下の問いに答えよ。

- (1) 細胞小器官のミトコンドリアと葉緑体は細菌の特徴を持つことから、真核細胞に寄生した細菌に由来するとされている (parasite 説)。ミトコンドリアが真核細胞の機能と異なる特徴を少なくとも 2 つ挙げ parasite 説を裏付ける特徴を説明せよ。また、核細胞の DNA の娘細胞への分配と異なるシステムを用いてミトコンドリアと葉緑体 DNA は娘細胞へと分配される。ミトコンドリアと葉緑体の DNA はどのように分配されるのか説明せよ。
- (2) Peter Mitchell は 1961 年に化学浸透仮説を提唱し、細胞のエネルギー通貨である ATP 合成が原核生物のエネルギー産生とよく似たシステムであることを示した。この説は、1973 年にラッカーと香川による実験によって証明され、化学浸透共役 (chemiosmotic coupling) として認められたことで、Mitchell は 1978 年にノーベル化学賞を受賞した。プロトン勾配が ATP 合成となる化学浸透共役を、以下の実験材料を用いた実験系を使って説明せよ。
実験材料：人工の脂質小胞 (リポソーム/liposome), バクテリオロドプシン (bacteriorhodopsin), ATP 合成酵素 (ATP synthase)
- (3) 1999 年, Rockefeller University の Gunter Blobel は, signal peptide 仮説に関する研究でノーベル生理学・医学賞を受賞した。1970 年代に開発された遺伝子配列技術を用いて Blobel は小胞体 (ER: Endoplasmic Reticulum) へ移行するタンパク質群の N 末端に特有の共通配列 (signal sequence) があることを発見した。どのような機構で signal sequence が小胞体への輸送経路を制御するのか、免疫蛍光染色法を用いた以下の実験材料を用いた実験系を使って具体的に説明せよ。
実験材料: signal sequence を持つタンパク質をコードする遺伝子, signal sequence を持たないタンパク質をコードする遺伝子, 小胞体の局在を示すマーカー (抗体)

2025年9月・2026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

(1)生体のタンパク質は、(2)L-アミノ酸から構成されるポリペプチドである。ポリペプチドは、(3)リボソーム中で、(4)読み取った mRNA のコドンどおりにアミノ酸をつなげていくことにより生合成される。科学研究や産業に利用される(6)タンパク質は、様々な方法で調製されている。また、調製されたタンパク質を分析する手段も多数開発され利用されている。タンパク質医薬品としては、現在抗体が主流であるが、他のタンパク質もその候補とするべく研究されている。

- (1) 下線部(1)について、ヒトのゲノムにはタンパク質をコードする遺伝子はいくつぐらいあるか。概数を答えよ。実際のタンパク質分子の種類は遺伝子の数よりも多い。その理由を述べよ。
- (2) 下線部(2)について、タンパク質を構成するキラルなアミノ酸のうち、ひとつだけ α 炭素のR/S表記が異なるものがある。その構造式を絶対配置がわかるように描け。
- (3) 下線部(3)について、完成したリボソームは1個あたり何分子程度のポリペプチドを合成することができるか。
- (4) 下線部(4)について、この反応の記述のうち正しいものはどれか、記号で選びなさい。
 - ア) mRNA を3'→5'の向きに読み取った情報をもとに、N末端→C末端の向きにポリペプチドが伸長する。
 - イ) mRNA を5'→3'の向きに読み取った情報をもとに、N末端→C末端の向きにポリペプチドが伸長する。
 - ウ) mRNA を3'→5'の向きに読み取った情報をもとに、C末端→N末端の向きにポリペプチドが伸長する。
 - エ) mRNA を5'→3'の向きに読み取った情報をもとに、C末端→N末端の向きにポリペプチドが伸長する。
- (5) 上記(4)のポリペプチド伸長反応を行う際にリボソーム内で消費される分子量 500 程度の高エネルギー分子の名称を答えよ。また、それは1アミノ酸残基の伸長あたり何分子が消費されるか。
- (6) 下線部(6)について、タンパク質を調製するための方法を3つ挙げそれぞれの利点・欠点を述べよ。
- (7) L-体アミノ酸のみからなる天然のタンパク質の鏡像体 (all-D-タンパク質) を作成したい。どのような方法でそれは調製できるか。上記(6)であげた3つのうちから選んで答えよ。
- (8) 天然のタンパク質とその鏡像体 (all-D-タンパク質) とで、原理的にその結果が同じになる分析法をすべて答えよ。
 - ア) 核磁気共鳴スペクトル
 - イ) 紫外-可視吸収スペクトル
 - ウ) 円二色性スペクトル
 - エ) 質量分析スペクトル
 - オ) Western Blotting
- (9) すべて D-アミノ酸から構成される機能性タンパク質を医薬品として開発しようとしたとき、L-体から構成されるものよりも有利であると考えられる点、不利であると考えられる点についてそれぞれ記せ。

2025年9月・2026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

脊椎動物では、脂肪酸の生合成は巨大な多酵素複合体によって行われ、経路のすべての段階が触媒される。ここでは、まず1分子の⁽¹⁾アセチル CoA からアセチル基が、アシルキャリアータンパク質 (ACP) に転移されてアセチル ACP となり、このアセチル基はさらに合成酵素へと移されてアセチル化合成酵素となる。一方、⁽²⁾もう1分子のアセチル CoA はマロニル CoA へと変換され、マロニル基が ACP へと転移されてマロニル ACP となる。マロニル ACP で (A) 反応が起き、それに続くアセチル化合成酵素とのクライゼン縮合によってアセトアセチル ACP が生じる。アセトアセチル ACP はさらに⁽⁵⁾3段階の反応によって変換され、ブチリル ACP となる。ブチリル基は合成酵素に移されてブチリル化合成酵素となって、3分子目のアセチル CoA から生じたマロニル ACP との間で同様の縮合反応が起こる。
⁽⁶⁾このサイクルが繰り返されることでパルミトイル ACP まで増炭反応が進む。

- (1) 文章中の下線部(1)について、この2段階の転移反応は同じ結合を生じる反応である。この結合は何か答えよ。
- (2) 文章中の下線部(2)について、このステップの反応にかかわる補酵素名を答えよ。
- (3) (A) に入る反応名を答えよ。
- (4) 上記 (A) 反応が起こるために必要となる、マロニル ACP における構造上の特徴を述べよ。
- (5) 文章中の下線部(5)について、1段階目と3段階目では同じ補酵素が使われる。この補酵素名を答えよ。
- (6) 文章中の下線部(5)について、2段階目の反応名を答えよ。
- (7) 文章中の下線部(7)について、同様の反応が繰り返される結果、脂肪酸には共通した構造上の特徴が生じる。この特徴について説明せよ。
- (8) 最初の2分子のアセチル CoA のクライゼン縮合ステップからパルミトイル ACP ができるまで、クライゼン縮合は何回必要となるか答えよ。

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

2025年9月・2026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

2025年9月・2026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

2025年9月・2026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

※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					

※「1」と「7」、「4」と「9」は明確に区別すること

No.

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

採点欄

2025年9月・2026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	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.

6

/

16

採点欄

2025年9月・2026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

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.

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

採点欄

2025年9月・2026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	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.

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

採点欄

2025年9月・2026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	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

2025年9月・2026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
---------	---	-----	---------

(1)

(2)

(3)

a)

b)

(4)

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

2025年9月・2026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
---------	---	-----	---------

(1)

(2)

(3)

(4)

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

2025年9月・2026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
---------	---	-----	---------

(1)

A		B		C		D	
---	--	---	--	---	--	---	--

(2)

ア		イ		ウ	
エ		オ		カ	
キ		ク		ケ	
コ		サ		シ	
ス		セ			

(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.

12	／	16
----	---	----

採点欄

2025年9月・2026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)

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

2025年9月・2026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
------	---	-----	------

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

2025年9月・2026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
-----------	---------	---	-----	------

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

2025年9月・2026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
---------	---	-----	------

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

2025年9月・2026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
---------	---	-----	------

解答欄