

理学研究科理学専攻（物質・生命化学領域）

入学試験問題（2024年度）

試験時間 9:20—12:00（2時間40分）

試験開始の合図までにこの問題冊子を開いてはいけません。
試験開始までに、以下の注意事項をよく読むこと。

注意事項：

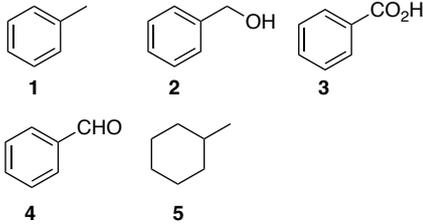
- 1) 解答用紙の所定の欄に受験番号を記入せよ。名前を書いてはいけません。
- 2) 有機化学から3題、無機・分析化学から3題、物理化学から3題、生物化学から2題の計11題が出題されている。うち8題を選択して解答せよ。
(1題あたり5問で構成され、計40問を解答することとなる。)
- 3) 解答用紙は、有機化学、無機・分析化学、物理化学、生物化学の分野別に用紙を分けている。誤った用紙に記入することの無いよう留意のこと。
- 4) どの8題を選択したか明確にするため、「出題科目選択票」に受験番号を記入した上で、選択した科目の該当箇所8カ所に「○」を付すこと。
- 5) 解答が不正解の場合は減点されるが、無回答は加点も減点もされない。

有機化学 1

有機化学1

問1 有機化学

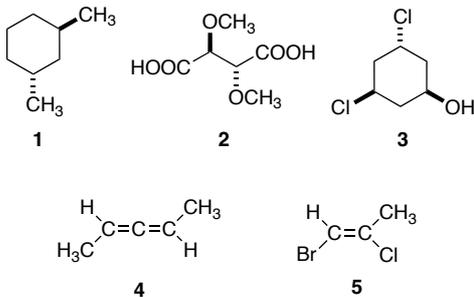
次の化合物 1~5 を沸点が高いものから降順で並べた場合, 2番目と4番目にくるものの適切な組み合わせを(A)~(E)から選べ。



- (A) 2番目 : 4 ; 4番目 : 1
 (B) 2番目 : 4 ; 4番目 : 5
 (C) 2番目 : 3 ; 4番目 : 1
 (D) 2番目 : 2 ; 4番目 : 5
 (E) 2番目 : 2 ; 4番目 : 1

問2 有機化学

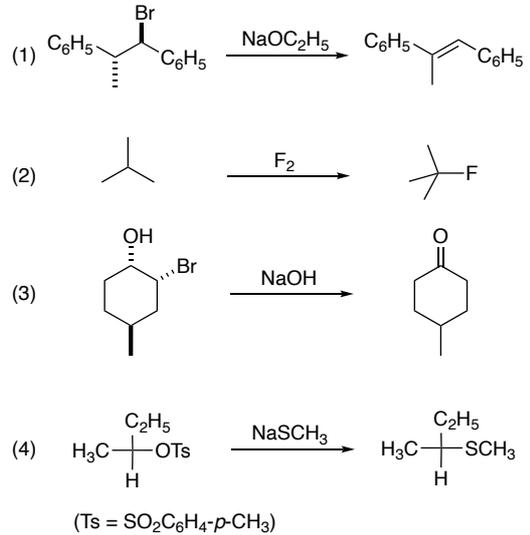
次の分子 1~5 のうち, キラルな分子の組み合わせとして適切なものを(A)~(E)から選べ。



- (A) 1, 3
 (B) 2, 3, 5
 (C) 1, 3, 4
 (D) 2, 4
 (E) 1, 2, 5

問3 有機化学

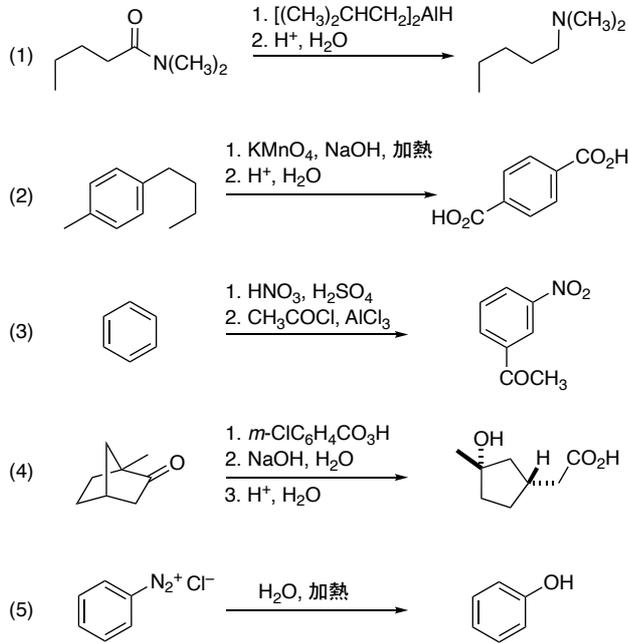
次の変換(1)~(4)のうち, 主生成物として得られる化合物の構造が正しいものはどれか, (A)~(E)から選べ。



- (A) (1)
 (B) (2)
 (C) (3)
 (D) (4)
 (E) どれも正しくない

問 4 有機化学

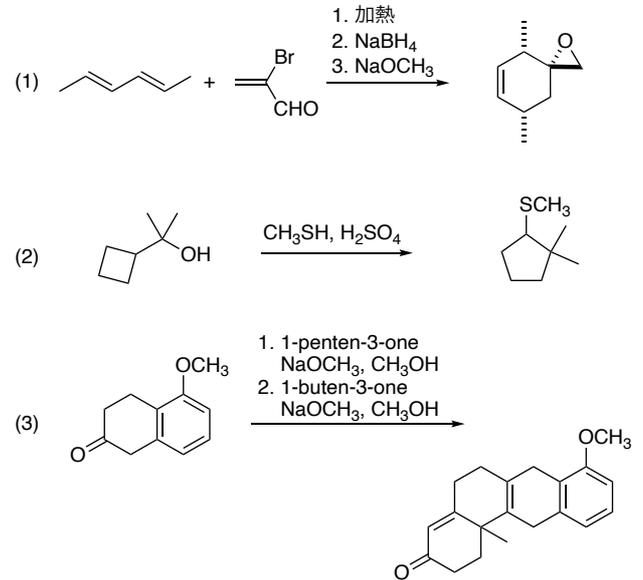
次の変換(1)~(5)において、得られる主生成物の構造が正しいものの組み合わせを(A)~(E)から選べ。



- (A) (1), (2), (5)
(B) (1), (2), (3)
(C) (2), (3), (4), (5)
(D) (2), (4), (5)
(E) (3), (4), (5)

問 5 有機化学

次の変換(1)~(3)において、得られる主生成物の構造が正しいものの組み合わせを(A)~(E)から選べ。



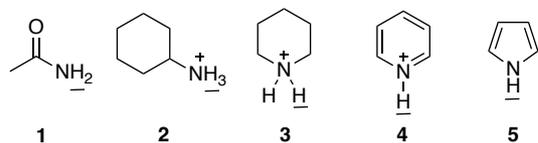
- (A) (1)
(B) (2)
(C) (3)
(D) (1), (2)
(E) (2), (3)

有機化学2

有機化学2

問6 有機化学

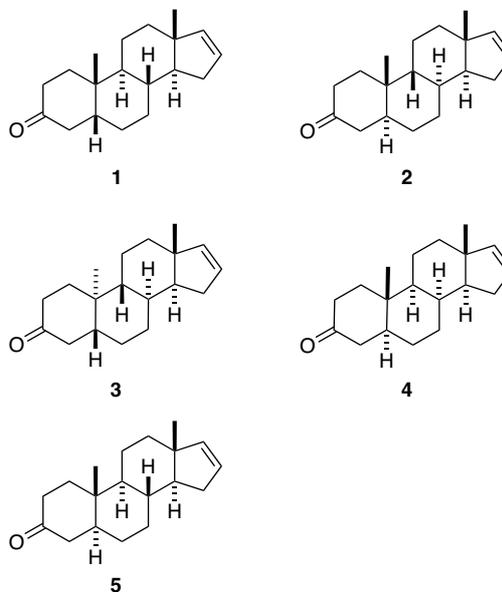
次の化合物の下線部の水素原子の酸性度が最も高いものを(A)~(E)から選べ。



- (A) 1
- (B) 2
- (C) 3
- (D) 4
- (E) 5

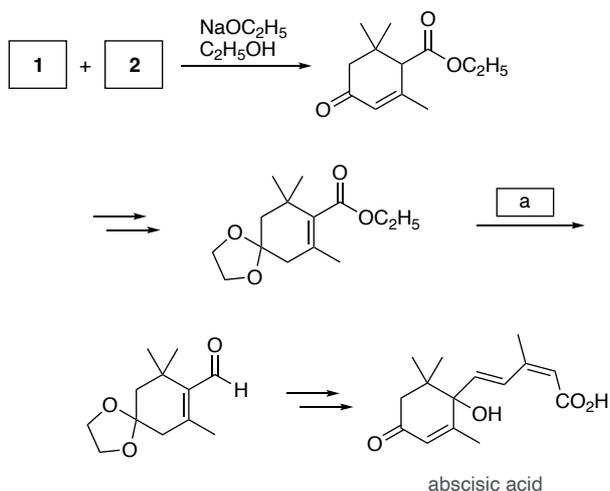
問7 有機化学

ステロイド骨格をもつ androstenone の次に示す立体異性体の中で、最も安定なものを(A)~(E)から選べ。



- (A) 1
- (B) 2
- (C) 3
- (D) 4
- (E) 5

植物ホルモンである abscisic acid の合成に関する以下の設問に答えよ。



問 8 有機化学

化合物 1, 2 として適切な組み合わせを (A)~(E) から選べ。

	1	2
(A)		
(B)		
(C)		
(D)		
(E)		

問 9 有機化学

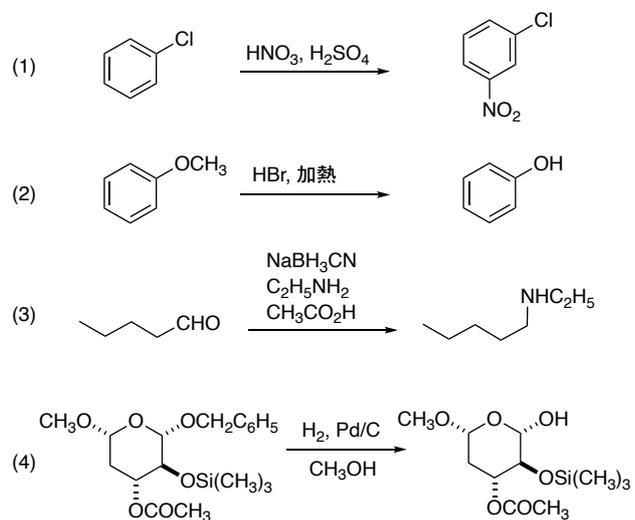
以下の反応条件(1)~(4)のうち、条件 a として正しいものはいくつあるか、(A)~(E)から選べ。

- (1) 1. NaBH₄
2. H⁺, H₂O
3. KMnO₄
- (2) 1. LiAlH₄
2. H⁺, H₂O
3. K₂Cr₂O₇, H⁺, H₂O
- (3) 1. H₂, PtO₂
2. MnO₂
- (4) 1. H₂, Pd/C
2.

- (A) すべて誤り
(B) 1つ
(C) 2つ
(D) 3つ
(E) 4つ

問 10 有機化学

次の変換(1)~(4)において、得られる主生成物の構造が正しいものの組み合わせを(A)~(E)から選べ。



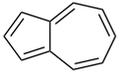
- (A) (2), (3)
- (B) (2), (4)
- (C) (1), (2), (4)
- (D) (1), (3), (4)
- (E) (2), (3), (4)

有機化学3

有機化学3

問 11 有機化学

化合物 1~4 のうち、Hückel 芳香族性を示す化合物の組み合わせとして適切なものを (A)~(E) から選べ。



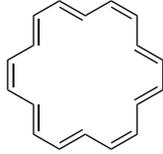
1



2



3

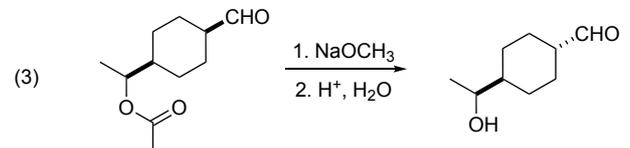
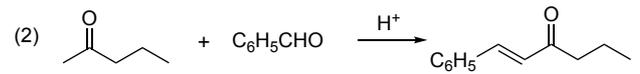
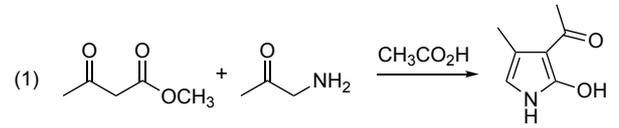


4

- (A) 1, 2
 (B) 3, 4
 (C) 1, 2, 3
 (D) 1, 2, 4
 (E) すべての化合物

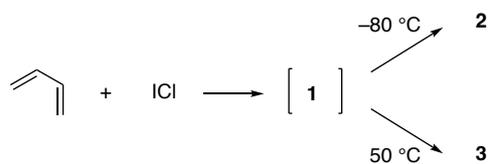
問 12 有機化学

次の変換(1)~(3)において、得られる主生成物が正しいものの組み合わせとして、適切なものを (A)~(E) から選べ。



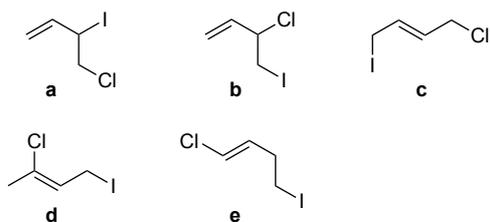
- (A) (1)
 (B) (2)
 (C) (3)
 (D) (1), (3)
 (E) (2), (3)

ブタジエンと一塩化ヨウ素 (ICI) の反応では、中間体 **1** を経て、生成物 **2** および **3** が得られる。反応を $-80\text{ }^{\circ}\text{C}$ でおこなった際には **2** が主生成物として得られるのに対し、 $50\text{ }^{\circ}\text{C}$ ではその構造異性体である **3** が主生成物として得られる。以下の設問に答えよ。



問 13 有機化学

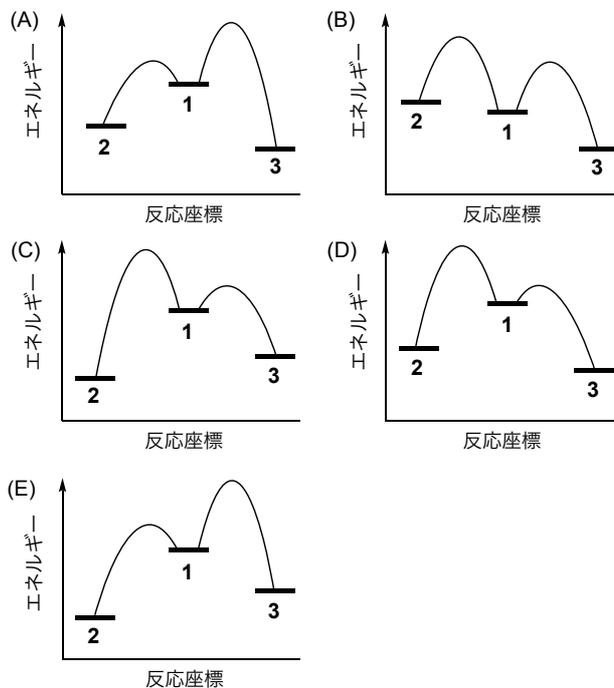
化合物 **2** および **3** の組み合わせとして正しいものを(A)~(E)から選べ。



- (A) 化合物 **2**, **a**; 化合物 **3**, **c**
 (B) 化合物 **2**, **b**; 化合物 **3**, **c**
 (C) 化合物 **2**, **a**; 化合物 **3**, **e**
 (D) 化合物 **2**, **b**; 化合物 **3**, **d**
 (E) 化合物 **2**, **c**; 化合物 **3**, **e**

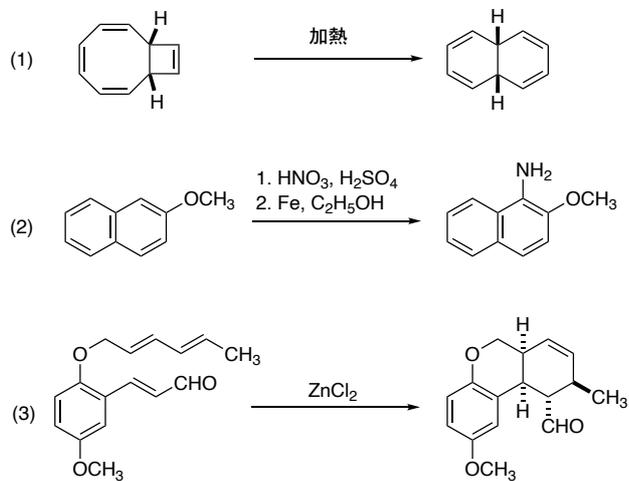
問 14 有機化学

この反応のポテンシャルエネルギー図として最も適切なものはどれか、(A)~(E)から選べ。



問 15 有機化学

次の変換(1)~(3)において、得られる主生成物の構造が正しいものの組み合わせを(A)~(E)から選べ。



- (A) (1)
- (B) (2)
- (C) (3)
- (D) (1), (2)
- (E) (2), (3)

無機・分析化学1

無機・分析化学1

問 16 無機・分析化学

Ar, Cl, P, S の第一イオン化エネルギーの大小関係として正しいものを(A)~(E)から選べ。

- (A) $P > Ar > Cl > S$
- (B) $Ar > Cl > P > S$
- (C) $Cl > Ar > S > P$
- (D) $Ar > S > P > Cl$
- (E) $Ar > Cl > S > P$

問 17 無機・分析化学

下記の(i)~(v)のうち、2つの化学種が同じ点群に属するものの数を(A)~(E)から選べ。

- (i) $CS_2, [NO_2]^+$
- (ii) $NF_3, AlCl_3$
- (iii) $PtCl_4, CCl_4$
- (iv) H_2Se, XeF_2
- (v) SF_4, CH_2Cl_2

- (A) 0
- (B) 1
- (C) 2
- (D) 3
- (E) 4

問 18 無機・分析化学

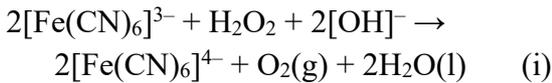
上記の(i)~(v)のうち、正しいものの数を(A)~(E)から選べ。

- (i) ヒドロホルミル化は、アルケンと一酸化炭素から、エステルを作る反応である。
- (ii) 1-ペンテンのヒドロホルミル化では、3種の異性体が生じる。
- (iii) ヒドロホルミル化の触媒となる $HCo(CO)_4$ は、 $Co_2(CO)_8$ を水素と反応させることで得られる。
- (iv) ヒドロホルミル化反応のターンオーバー数は、反応に用いたアルケンが別の化合物に変化した割合で求められる。
- (v) ^{13}CO を用いてエチレンをヒドロホルミル化した生成物の赤外スペクトルは、 ^{12}CO を用いた場合の生成物の赤外スペクトルと比較して、一部のピークが高波数側にシフトする。

- (A) 1
- (B) 2
- (C) 3
- (D) 4
- (E) 5

問 19 無機・分析化学

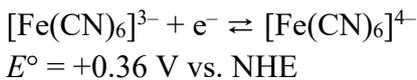
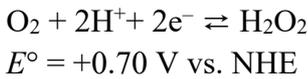
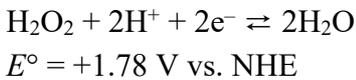
pH = 14 の水溶液中において、 H_2O_2 は $[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{3-}$ に対する還元剤として働き、下記 (i) の反応が進行する。この反応の ΔG° としてもっとも適当なものを下記(A)~(E)から選べ。このとき、ファラデー定数 $F = 96500 \text{ C mol}^{-1}$ とし、水のイオン積 $K_w = 1.0 \times 10^{-14}$ とする。



反応は 298 K でおこなうものとし、ネルンストの式は (ii) で与えられるものとする。

$$E = E^\circ + \frac{0.059}{n} \cdot \log \frac{[\text{酸化体}]}{[\text{還元体}]} \quad (\text{ii})$$

また、必要に応じて下記のデータを用いること。



- (A) -45 kJ mol^{-1}
- (B) -65 kJ mol^{-1}
- (C) -94 kJ mol^{-1}
- (D) -115 kJ mol^{-1}
- (E) -274 kJ mol^{-1}

問 20 無機・分析化学

固体状態の窒化ナトリウム、 $\text{Na}_3\text{N}(\text{s})$ の 298 K における標準生成エンタルピー $\Delta_f H^\circ(\text{Na}_3\text{N}(\text{s}))$ を、ボルン・ハーバーサイクルを用いて算出する際に、必要ではない値は (1)~(7) の中にいくつあるか。下記(A)~(E)から選べ。ただし、0 K における内部エネルギー変化は、298 K における標準エンタルピー変化と同等と扱う。

- (1) $\text{N}(\text{g}) + 3\text{e}^- \rightarrow \text{N}^{3-}(\text{g})$ の 298 K における標準エンタルピー変化
- (2) $3\text{Na}^+(\text{g}) + \text{N}^{3-}(\text{g}) \rightarrow \text{Na}_3\text{N}(\text{s})$ の格子エンタルピー
- (3) $\text{N}(\text{g}) + \text{e}^- \rightarrow \text{N}^-(\text{g})$ の電子親和力
- (4) $\text{Na}(\text{g}) \rightarrow \text{Na}^+(\text{g}) + \text{e}^-$ のイオン化エネルギー
- (5) 298 K における窒素の標準原子化エンタルピー
- (6) 298 K におけるナトリウムの標準原子化エンタルピー
- (7) $\text{Na}(\text{s}) + \text{e}^- \rightarrow \text{Na}^-(\text{g})$ の電子親和力

- (A) 1 つ以下
- (B) 2 つ
- (C) 3 つ
- (D) 4 つ
- (E) 5 つ以上

無機・分析化学2

無機・分析化学2

問 21 無機・分析化学

鉄カルボニル化合物について述べた下記の文章の中で、(i)~(iv)に入る組み合わせで正しいものを (A)~(E)から選べ。

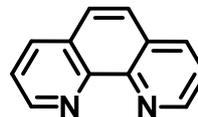
三方両錐形構造を取る $\text{Fe}(\text{CO})_5$ は点群(i)に属する。室温で測定した $\text{Fe}(\text{CO})_5$ の ^{13}C NMR スペクトルでは(ii)本のピークが観測される。18 電子則を満たす $\text{Fe}_2(\text{CO})_9$, $\text{Fe}_3(\text{CO})_{12}$ にはそれぞれ(iii)本, (iv)本の Fe-Fe 結合が存在する。

	(i)	(ii)	(iii)	(iv)
(A)	C_{3v}	1	0	2
(B)	D_{3h}	1	1	3
(C)	D_{3h}	2	1	2
(D)	C_{3v}	1	2	3
(E)	C_{4v}	2	1	3

問 22 無機・分析化学

配位化合物としての Fe 錯体についての記述で、下線部が正しいものはいくつあるか。(A)~(E)から選べ。

ただし, phen:



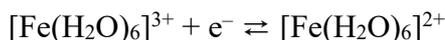
NCS-N はチオシアン酸イオンが N 原子で配位していることを示す。

(i) アクア錯体 $[\text{Fe}(\text{H}_2\text{O})_6]^{3+}$ と $[\text{Fe}(\text{H}_2\text{O})_6]^{2+}$ では、前者のほうが酸性度が高い。

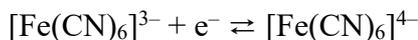
(ii) $[\text{Fe}(\text{H}_2\text{O})_6]^{3+}$ と $[\text{Fe}(\text{phen})_3]^{3+}$ では、前者のほうがスピン磁気モーメントが小さい。

(iii) 298 K における $[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{3-}$ の全安定度定数は $[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{4-}$ のそれよりも 10^6 倍以上大きい。

計算には,



$$E^\circ = +0.77 \text{ V vs. NHE}$$



$$E^\circ = +0.36 \text{ V vs. NHE}$$

$$\frac{RT}{F} \times \ln 10 = 0.059 \text{ (V)}$$

を利用してよい。

(iv) $[\text{Fe}(\text{phen})_3]^{3+}$ が $[\text{Fe}(\text{H}_2\text{O})_6]^{3+}$ よりも容易に還元される理由は, phen 配位子の π 供与性 のためである。

(v) スピנקロスオーバー錯体 $\text{Fe}(\text{phen})_2(\text{NCS-N})_2$ には, 光学異性体を含め, 3 個 の立体異性体が存在する。

(A) 1 つ以下

(B) 2 つ

(C) 3 つ

(D) 4 つ

(E) 全て正しい

無機・分析化学3

無機・分析化学3

問 26 無機・分析化学

色の付いた水溶液を紫外可視分光測定した。500 nm の光の吸光度が 1.00 であった。この水溶液を水で 1/10 に希釈したとき、500 nm の光の吸光度 A と、入射光に対する吸収された光の強度の割合 x の組み合わせとして最も適当なものを(A)~(E)から選べ。

これらの測定は、Lambert-Beer の法則に従うものとする。

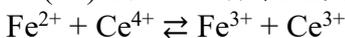
必要であれば、次の値を用いてもよい。

$$10^{0.1} = 1.26, 10^{0.9} = 7.94, \log 0.1 = -1.00, \log 0.9 = -0.0458$$

- (A) $A = 0.10, x = 10\%$
- (B) $A = 0.10, x = 21\%$
- (C) $A = 0.10, x = 26\%$
- (D) $A = 0.90, x = 26\%$
- (E) $A = 0.90, x = 10\%$

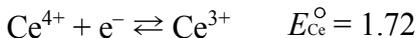
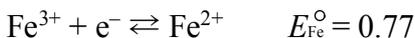
問 27 無機・分析化学

次の酸化還元反応をもとに、Fe(II)に対するCe(IV)を用いた酸化還元滴定を行う。



この酸化還元反応の平衡定数を K としたとき、 $\log K$ の値として最も適当なものを(A)~(E)から選べ。

ただし、以下の標準酸化還元電位 (vs. NHE) を用いよ。



また、ネルンストの式は、以下で与えられる。

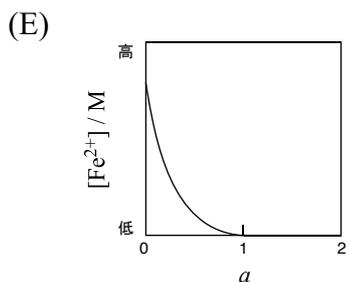
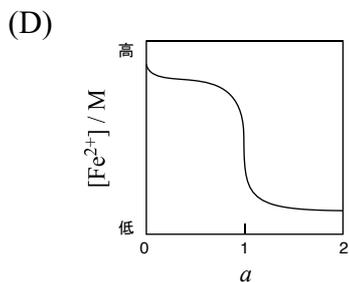
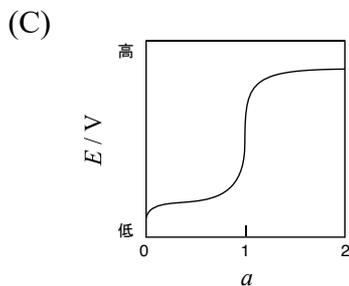
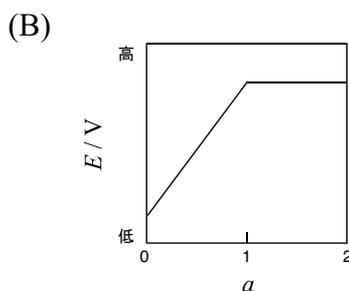
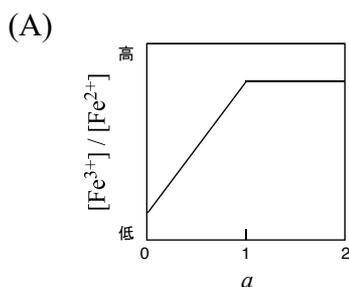
$$E = E^{\circ} + \frac{0.059}{n} \cdot \log \frac{[\text{酸化体}]}{[\text{還元体}]}$$

- (A) 0.95
- (B) 2.2
- (C) 16
- (D) 21
- (E) 42

問 28 無機・分析化学

問 27 の酸化還元滴定において、滴定曲線の形状を最もよく表しているものを(A)~(E)から選べ。

ただし、鉄イオンの全濃度に対するセリウムイオンの全濃度の比を滴定率 a とし、 E は反応溶液の NHE に対する電位とする。



問 29 無機・分析化学

問 28 の酸化還元滴定において、滴定率が $a = 1$ の点における E の値として最も適当なものを(A)~(E)から選べ。

- (A) $\frac{E_{\text{Ce}}^{\circ} - E_{\text{Fe}}^{\circ}}{0.059}$
- (B) $\frac{E_{\text{Ce}}^{\circ} + E_{\text{Fe}}^{\circ}}{0.059}$
- (C) $E_{\text{Fe}}^{\circ} - 0.059 \cdot \log \frac{1}{K}$
- (D) $E_{\text{Ce}}^{\circ} - 0.059 \cdot \log \frac{1}{K}$
- (E) $\frac{E_{\text{Ce}}^{\circ} + E_{\text{Fe}}^{\circ}}{2}$

問 30 無機・分析化学

問 28 の酸化還元滴定において、滴定率が当量点を過ぎた後($a > 1$)の点における E の値として最も適当なものを(A)~(E)から選べ。

- (A) $\frac{a \cdot E_{\text{Ce}}^{\circ} + E_{\text{Fe}}^{\circ}}{a + 1}$
- (B) $\frac{(a - 1) \cdot E_{\text{Ce}}^{\circ} + E_{\text{Fe}}^{\circ}}{a + 1}$
- (C) $E_{\text{Fe}}^{\circ} - 0.059 \cdot \log K (a - 1)$
- (D) $E_{\text{Ce}}^{\circ} - 0.059 \cdot \log \frac{1}{a - 1}$
- (E) $\frac{a \cdot E_{\text{Ce}}^{\circ} - E_{\text{Fe}}^{\circ}}{a - 1}$

物理化学1

物理化学1

問 31 物理化学

完全気体 1.00 mol を 300 K で 1.00 atm から 2.72 atm まで定温可逆圧縮した。この時のギブズエネルギー変化として最も適切なものを(A)~(E)から選べ。

ただし、気体定数 R を $8.31 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$ 、自然対数の底（ネイピア数）を 2.72 とする。

必要であれば、ギブズエネルギー G に関する基本式

$$dG = Vdp - SdT$$

を用いよ。

ここで、 V は体積、 p は圧力、 S はエントロピー、 T は温度を表す。

- (A) $2.49 \times 10^3 \text{ J}$
- (B) $4.29 \times 10^3 \text{ J}$
- (C) $6.78 \times 10^3 \text{ J}$
- (D) $9.17 \times 10^2 \text{ J}$
- (E) $4.29 \times 10^2 \text{ J}$

問 32 物理化学

圧力一定の条件で、温度 $T = T_1$ の気体の温度を下げると $T = T_c$ で凝縮し、さらに温度を下げると、液体の温度は T_2 に達した。この T_1 から T_2 に至る過程のエントロピー変化 ΔS を表す式を(A)~(E)から選べ。

ただし、 $C_{p,G}$ は気体の定圧熱容量、 $C_{p,L}$ は液体の定圧熱容量、 $Q (>0)$ は蒸発熱を表す。

- (A) $\Delta S = Q / T_c$
- (B) $\Delta S = \int_{T_1}^{T_c} \frac{C_{p,G}}{T} dT - \frac{Q}{T_c} + \int_{T_c}^{T_2} \frac{C_{p,L}}{T} dT$
- (C) $\Delta S = \int_{T_1}^{T_c} \frac{C_{p,G}}{T} dT + \frac{Q}{T_c} + \int_{T_c}^{T_2} \frac{C_{p,L}}{T} dT$
- (D) $\Delta S = \int_{T_2}^{T_c} \frac{C_{p,L}}{T} dT - \frac{Q}{T_c} + \int_{T_c}^{T_1} \frac{C_{p,G}}{T} dT$
- (E) $\Delta S = \int_{T_2}^{T_c} \frac{C_{p,L}}{T} dT + \frac{Q}{T_c} + \int_{T_c}^{T_1} \frac{C_{p,G}}{T} dT$

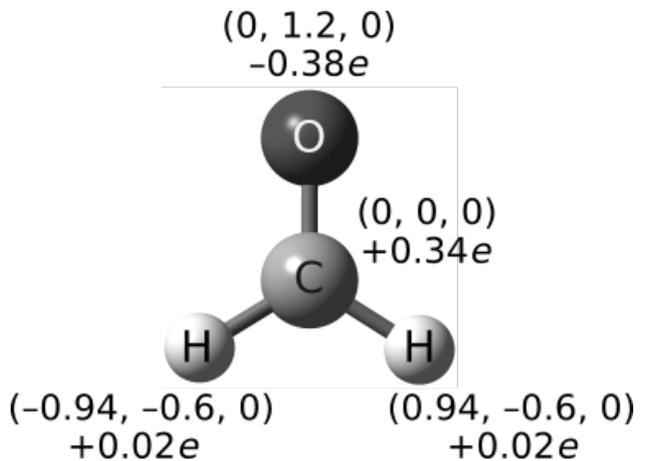
問 33 物理化学

ホルムアルデヒドの分子構造と部分電荷を下図に示す。ここで、各原子の座標は Å 単位で示され、電荷は電気素量 $e (1.6 \times 10^{-19} \text{ C})$ を用いて表されている。この分子の電気双極子モーメント μ の大きさとして最も適切なものを(A)~(E)から選べ。

ただし、電気双極子モーメント μ は i 番目の原子の座標 \mathbf{r}_i と部分電荷 Q_i を用いて

$$\mu = \sum_i Q_i \mathbf{r}_i$$

と表される。

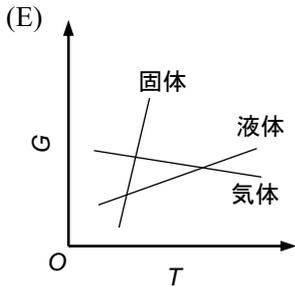
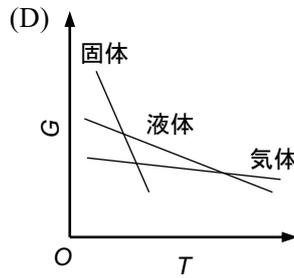
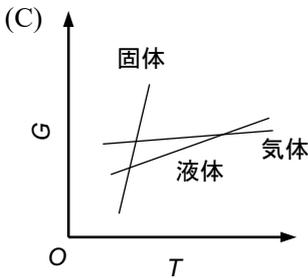
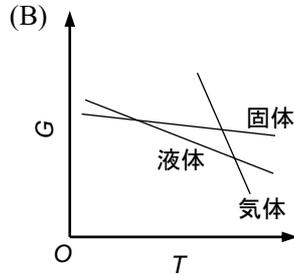
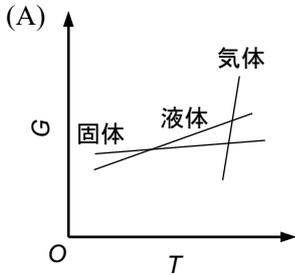


括弧内の数字は原子座標(直交座標系)を表す。

- (A) $6.0 \times 10^{-31} \text{ C m}$
- (B) $6.9 \times 10^{-30} \text{ C m}$
- (C) $7.1 \times 10^{-30} \text{ C m}$
- (D) $7.3 \times 10^{-30} \text{ C m}$
- (E) $7.7 \times 10^{-30} \text{ C m}$

問 34 物理化学

純物質のギブズエネルギー G と温度 T の関係を表した図として最も適切なものを (A)~(E) から選べ。



問 35 物理化学

注射器の中に水とジエチルエーテルを少量ずつ吸い取り，空気を押し出した上で密閉した。その状態からピストンを引いて室温で保持したところ，

- ① ジエチルエーテルを含んだ水層 (液相 1)
- ② 水を含んだジエチルエーテル層 (液相 2)
- ③ 水蒸気とジエチルエーテルの蒸気の混合気体 (気相 1)

の 3 つの相が平衡状態となった。この系の可変度 (自由度ともいう) はいくつになるか。(A)~(E)から選べ。

- (A) 0
- (B) 1
- (C) 2
- (D) 3
- (E) 4

物理化学2

物理化学2

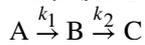
問 36 物理化学

三次反応 $A+2B\rightarrow C$ における反応速度定数 k の単位として最も適切なものを(A)~(E) から選べ。ただし、時間と濃度の単位をそれぞれ s と mol dm^{-3} とする。

- (A) s^{-1}
- (B) $\text{mol}^{-3} \text{dm}^{-9}$
- (C) $\text{mol}^{-1} \text{dm}^3 \text{s}^{-1}$
- (D) $\text{mol}^{-2} \text{dm}^6 \text{s}^{-1}$
- (E) $\text{mol}^{-3} \text{dm}^9 \text{s}^{-1}$

問 37 物理化学

次の逐次反応を考える。



ここで k_1, k_2 は反応速度定数である (ただし $k_2 > k_1$ とする)。それぞれ濃度は次の微分方程式に従う。

$$\frac{d[A]}{dt} = -k_1[A]$$

$$\frac{d[B]}{dt} = k_1[A] - k_2[B]$$

$$\frac{d[C]}{dt} = k_2[B]$$

時刻 $t=0$ では A だけが存在し、その初期濃度を $[A] = A_0$ とする。このとき、時刻 t における $[A]$ を表す式として正しいものはどれか。(A)~(E) から選べ。

- (A) $A_0 e^{-k_1 t}$
- (B) $A_0 e^{-k_2 t}$
- (C) $\frac{k_1 A_0}{k_2 - k_1} e^{-k_1 t}$
- (D) $\frac{k_1 A_0}{k_2 - k_1} e^{-k_2 t}$
- (E) $\frac{k_1 A_0}{k_2 - k_1} (e^{-k_1 t} - e^{-k_2 t})$

問 38 物理化学

問 37 で、時刻 t における $[B]$ を表す式として正しいものはどれか。(A)~(E) から選べ。

- (A) $A_0 e^{-k_1 t}$
- (B) $A_0 e^{-k_2 t}$
- (C) $\frac{k_1 A_0}{k_2 - k_1} e^{-k_1 t}$
- (D) $\frac{k_1 A_0}{k_2 - k_1} e^{-k_2 t}$
- (E) $\frac{k_1 A_0}{k_2 - k_1} (e^{-k_1 t} - e^{-k_2 t})$

問 39 物理化学

基底状態および励起状態の項記号がそれぞれ ${}^2P_{3/2}$ および ${}^2P_{1/2}$ と表される 2 準位原子を考える。この系の温度 $T \rightarrow 0$ および ∞ における分配関数 q として正しいものを (A)~(E) から選べ。

	$T \rightarrow 0$	$T \rightarrow \infty$
(A)	3/2	1/2
(B)	3/2	2
(C)	4	2
(D)	4	6
(E)	0	∞

問 40 物理化学

分子の振動分配関数 q^V を、

$$q^V = \frac{1}{1 - e^{-2\beta h\nu}}$$

と表す。 β はボルツマン定数 k と温度 T を用いて $1/(kT)$ と与えられる。 h はプランク定数である。 ν は振動数に関連するパラメータである。

高温での平均振動エネルギー $\langle \epsilon^V \rangle$ の近似式として適切なものはどれか。(A)~(E) から選べ。

- (A) kT
- (B) $2kT$
- (C) $\frac{h\nu}{kT}$
- (D) $h\nu$
- (E) $2h\nu$

物理化学3

物理化学3

問 41 物理化学

波動関数が

$$\varphi(x) = e^{-ikx}$$

で与えられる 1 次元自由粒子 (質量: m) を考える。この粒子がもつ運動量として正しいものを(A)~(E)から選べ。ただし、運動量演算子は $\hat{p} = -i\hbar d/dx$ である。ただし、プランク定数 h を用いて、 $\hbar = \frac{h}{2\pi}$ と与えられる。

- (A) $+k\hbar$
- (B) $-k\hbar$
- (C) 0
- (D) $+mk\hbar$
- (E) $-mk\hbar$

問 42 物理化学

以下に記す波動関数は水素原子の軌道 1s, 2s, 2p, 3d, 4f のいずれかに対応する。ただし、 $\rho = r/a_0$ (a_0 はボーア半径), (r, θ, ϕ) は球座標, $N_1 \sim N_5$ は規格化定数である。

$$\varphi_1 = N_1(2 - \rho)e^{-\rho/2}$$

$$\varphi_2 = N_2e^{-\rho}$$

$$\varphi_3 = N_3\rho^3e^{-\rho/4}(5\cos^3\theta - 3\cos\theta)$$

$$\varphi_4 = N_4\rho e^{-\rho/2}\cos\theta$$

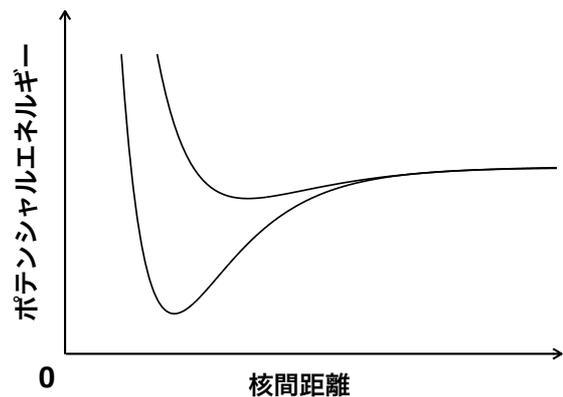
$$\varphi_5 = N_5\rho^2e^{-\rho/3}(3\cos^2\theta - 1)$$

このうち光学遷移 (電気双極子遷移) が可能な軌道の組み合わせとして正しいものを (A)~(E) から選べ。

- (A) φ_1 と φ_2
- (B) φ_1 と φ_3
- (C) φ_2 と φ_3
- (D) φ_2 と φ_4
- (E) φ_2 と φ_5

問 43 物理化学

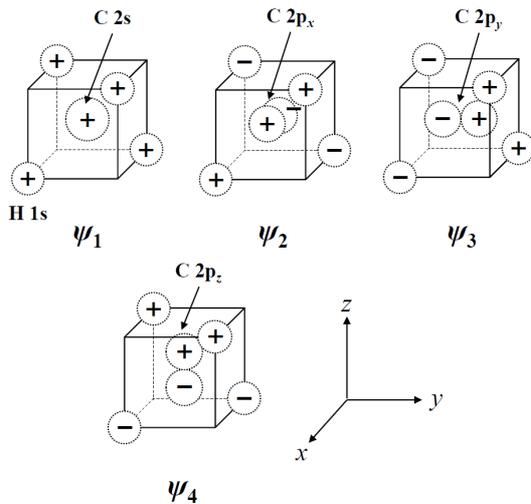
基底状態および励起状態のポテンシャルエネルギーが下図のように表される 2 原子分子を考える。励起状態の方が基底状態よりも大きな値をもつ物理量として正しいものを(A)~(E)から選べ。ただし、物理量は各状態での分子の安定構造に基づいて与えられるものとする。



- (A) 結合解離エネルギー
- (B) 慣性モーメント
- (C) 回転定数
- (D) 力の定数
- (E) イオン化エネルギー

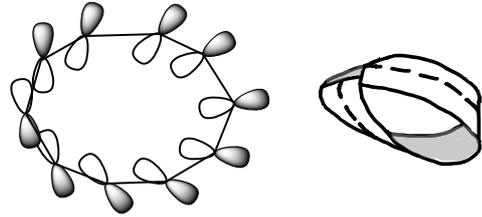
問 44 物理化学

メタン分子において、炭素と水素原子間の結合に参与する 4 つの分子軌道 $\psi_1 \sim \psi_4$ を下図に示した。図中の+と-は、炭素の 2s と 2p 原子軌道、水素の 1s 原子軌道において、その波動関数の符号を表している。ただし炭素 2s 軌道に関しては、波動関数の一番外側の部分の符号を正として描いてある。誤っている記述を(A)~(E)から選べ。



- (A) これらはすべて結合性軌道である。
- (B) これらの分子軌道はすべて縮重している。
- (C) メタン分子において、4 つの C-H 結合の結合次数はすべて等しい。
- (D) ψ_1 軌道の既約表現は A_1 (全対称) である。
- (E) ψ_2 軌道は 1 枚の節面をもつ。

問 45 物理化学



左上の図のように、有限の $2N$ 個の π 軌道が並んだ環を $2N$ 個の π 電子が占有する。右上の図のように、 π 軌道の位相は 1 周で 180° よじれて重なる。ただし、 N は 2 以上の整数とする。

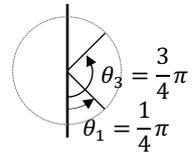
ヒュッケル法で求められる全ての軌道のエネルギー E_k は、

$$E_k = \alpha + 2\beta' \cos\left(\frac{k}{2N}\pi\right)$$

$$(k = \pm 1, \pm 3, \dots, \pm(2N-1))$$

で与えられる。 α と β' は負の定数とする。誤っている記述を(A)~(E)から選べ。

- (A) $2N = 4$ のとき、 E_k の式に現れる $\frac{k}{2N}\pi$ を θ_k とすると、 θ_1 及び θ_3 は右図の角度に相当する。
- (B) $2N = 4n + 2$ ($n = 1, 2, \dots$) のとき、エネルギー E_N は N に依存せず α と定まる。
- (C) $2N = 4n + 2$ ($n = 1, 2, \dots$) のとき、一重項が最安定である。
- (D) $2N = 4n$ ($n = 1, 2, \dots$) のとき、LUMO の軌道エネルギーは α より大きい。
- (E) どんな $2N$ (≥ 4) の場合でも、最低エネルギー準位の占有軌道は二重縮重している。



生物化学1

生物化学 1

問 46 生物化学

DNA に関する以下の記述(1)~(4)について、下線部位が正しいものはいくつあるか。

(A)~(E)から選べ。

- (1) 真核生物においては3種類のRNAポリメラーゼが存在するが、tRNA と mRNA は同じ種類の RNA ポリメラーゼによって転写される。
- (2) 真核生物ではDNAが複製されるたびに、末端のテロメア配列は伸長される。
- (3) クロマチンにおけるDNAのパッキングは、ヒストンのリジン残基がアセチル化されると弱くなる。
- (4) DNA複製の際、トポイソメラーゼの働きにより二本鎖DNAは一本鎖DNAにほどこれる。

- (A) すべて間違い
(B) 1個
(C) 2個
(D) 3個
(E) 4個

問 47 生物化学

RNAのスプライシング反応と関連度が最も低い用語を(A)~(E)から選べ。

- (A) U1-snRNA
(B) エキソン
(C) イントロン
(D) *lac* オペロン
(E) リボザイム

問 48 生物化学

ペプチドの配列解析において、様々な酵素や化学試薬を用いて断片化を行う。断片化に用いる酵素あるいは化学試薬と、切断位置の組み合わせについて、正しい組み合わせを表の(A)~(E)から選べ。なおPITCはフェニルイソチオシアネートの略である。

	トリプシン	PITC	臭化シアン
(A)	Lys の C 末端側	ペプチド鎖の C 末端	Met の C 末端側
(B)	Ser の C 末端側	ペプチド鎖の N 末端	His の C 末端側
(C)	Lys の C 末端側	ペプチド鎖の N 末端	His の C 末端側
(D)	Lys の C 末端側	ペプチド鎖の N 末端	Met の C 末端側
(E)	Ser の C 末端側	ペプチド鎖の C 末端	His の C 末端側

問 49 生物化学

解糖に関する以下の記述(1)~(6)のうち、下線部位が誤っているものはいくつあるか。(A)~(E)から選べ。

- (1) 解糖は、原核細胞と真核細胞の両方の細胞質内で起こる。
- (2) 解糖の第1段階では、グルコースにリン酸基を付加するために ATP が消費される。この反応はヘキソキナーゼによって進行する。
- (3) フルクトース 1,6-ビスリン酸を炭素数3の2つの分子に分割する反応は、解糖における律速段階である。この反応を触媒する酵素は、ATP によってアロステリックに阻害される。
- (4) ATP は、解糖の第7段階で、1,3-ビスホスホグリセリン酸の高エネルギーリン酸結合が切断されたときに初めて生成される。
- (5) 解糖反応のうちヘキソキナーゼ、ホスホフルクトキナーゼ、ピルビン酸キナーゼが触媒する反応は不可逆である。
- (6) 解糖は10種の酵素により触媒される過程で、1分子のグルコースが2分子のピルビン酸に変換され、差引き2分子のATPを生じ、2分子のNADHをNAD⁺に酸化する。

- (A) 1個
(B) 2個
(C) 3個
(D) 4個
(E) 5個

問 50 生物化学

糖に関する以下の記述(1)~(4)について、下線部位が正しいものの組み合わせを(A)~(E)から選べ。

- (1) 五員環の糖をフラノース、六員環の糖をピラノースという。
- (2) 単糖が環化した際に生じる2つの立体異性体を互いにエピマーという。
- (3) DNAにおいて、デオキシリボースと核酸塩基との結合をN-グリコシド結合という。
- (4) グルコースが β -グリコシド結合でつながったアミロースはらせん構造をとる。

- (A) (1)と(2)
(B) (2)と(3)
(C) (3)と(4)
(D) (1)と(3)
(E) (2)と(4)

生物化学2

生物化学 2

問 51 生物化学

DNA の複製や組換えに関する以下の記述(1)~(4)のうち、下線部位が正しいものはいくつあるか。(A)~(E)から選べ。

- (1) PCR による DNA の増幅において、プライマーの 5'末端の水酸基はリン酸化されている必要がある。
- (2) リガーゼによる DNA の連結反応において、酵素の触媒残基は Lys である。
- (3) 染色体末端のテロメア合成の鋳型には DNA が用いられる。
- (4) DNA の複製において、同一 DNA 上に複数の岡崎フラグメントが生じている際に、最も新しく生成した岡崎フラグメントは、ラギング鎖の相補鎖の 5'末端側に存在する。

- (A) すべて間違い
(B) 1 個
(C) 2 個
(D) 3 個
(E) 4 個

問 52 生物化学

翻訳反応に関する以下の記述(1)~(4)について、正しいものは○、誤っているものは×として、正しい組み合わせを表の(A)~(E)から選べ。

- (1) tRNA は、A, U, G, C の核酸のみで構成されている。
- (2) ピューロマイシンによって翻訳反応は促進される。
- (3) 翻訳反応は mRNA の 3'キャップ構造の位置から開始される。
- (4) ポリ A 鎖があることにより、mRNA はポリシストロン性を獲得する。

	(1)	(2)	(3)	(4)
(A)	○	×	×	×
(B)	○	○	×	○
(C)	×	×	○	○
(D)	×	×	×	×
(E)	○	○	○	○

問 53 生物化学

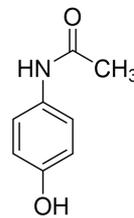
タンパク質の構造に関する以下の記述(1)~(3)について、正しいものは○、誤っているものは×として、正しい組み合わせを表の(A)~(E)から選べ。

- (1) 対称的に配置された同じサブユニットからなる天然のタンパク質では、鏡映対称はなく、回転対称となる。
- (2) タンパク質では、主に静電相互作用により Ile や Phe などの側鎖がタンパク質内部に集まることで、構造が安定化される。
- (3) クライオ電子顕微鏡法により、結晶化が困難なタンパク質の構造を決定できる場合がある。

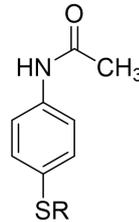
	(1)	(2)	(3)
(A)	○	×	×
(B)	×	○	×
(C)	○	×	○
(D)	×	○	○
(E)	○	○	×

問 54 生物化学

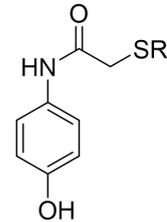
鎮痛薬の一種であるアセトアミノフェンは、体内に投与された後、一部はシトクロム P450 で代謝され、システイン含有トリペプチドであるグルタチオン (還元型) と反応し、グルタチオン抱合体に変換される。その抱合体の構造として最も適切なものを(A)~(E)から選べ。ただし、グルタチオン (還元型) は、メルカプト基 (-SH) を除いた構造を R として RSH と略記する。



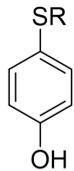
アセトアミノフェン



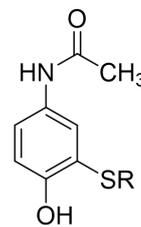
(A)



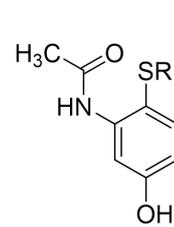
(B)



(C)



(D)



(E)

問 55 生物化学

生体分子の精製・分析に関する以下の記述(1)~(7)のうち、正しいものはいくつあるか。(A)~(E)から選べ。

- (1) ゲル電気泳動において DNA は長いものほど泳動距離が長い。
- (2) RNA のゲル電気泳動では、高次構造の解消、および負電荷の付与を目的としてドデシル硫酸ナトリウム (SDS) を加える。
- (3) RNA の高次構造をほどくためには、ジチオスレイトール (DTT) の添加が有効である。
- (4) ゲル電気泳動において、核酸は陰極から陽極の方向に泳動される。
- (5) 逆転写酵素を用いることでタンパク質を DNA に変換することができる。
- (6) 塩析においては、加えたイオンがタンパク質に結合することにより沈殿が生じる。
- (7) ウェスタンブロット法は、ELISA 法と同様に抗体を必要とする。

- (A) 1 個
- (B) 2 個
- (C) 3 個
- (D) 4 個
- (E) 5 個