

理学研究科理学専攻（物質・生命化学領域）

入学試験問題（2025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：

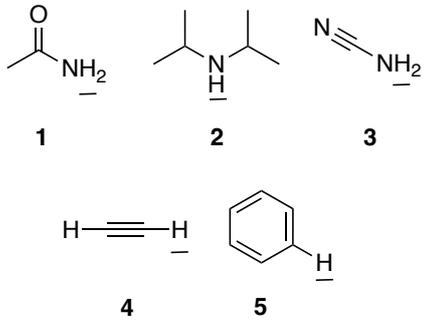
- 1) 解答用紙の所定の欄に受験番号を記入せよ。名前を書いてはいけません。
- 2) 有機化学から3題、無機・分析化学から3題、物理化学から3題、生物化学から2題の計11題が出題されている。うち8題を選択して解答せよ。
(1題あたり5問で構成され、計40問を解答することとなる。)
- 3) 解答用紙は、有機化学、無機・分析化学、物理化学、生物化学の分野別に用紙を分けている。誤った用紙に記入することの無いよう留意のこと。
- 4) どの8題を選択したか明確にするため、「出題科目選択票」に受験番号を記入した上で、選択した科目の該当箇所8カ所に「○」を付すこと。
- 5) 解答が不正解の場合は減点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

次の化合物の下線部で示す水素の酸性度が3番目に高いものを(A)~(E)から選べ。



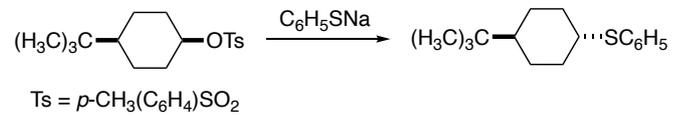
- (A) 1
(B) 2
(C) 3
(D) 4
(E) 5

問 2 有機化学

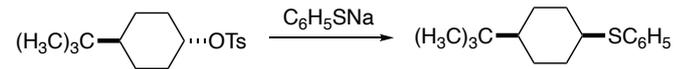
次の文章(1)~(3)について、正しい記述の組み合わせを(A)~(E)から選べ。

- (1) 反応 I は反応 II よりも反応速度が大きい。
(2) 反応 III の主生成物は化合物 i である。
(3) 反応 IV の主生成物は化合物 iii である。

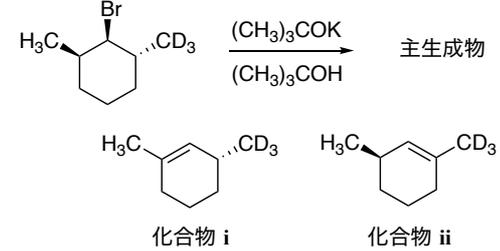
反応I



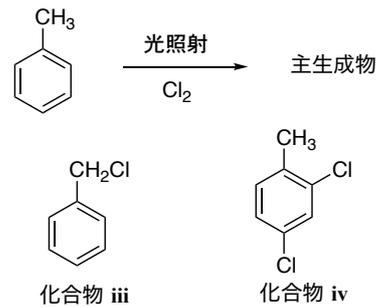
反応II



反応III



反応IV



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

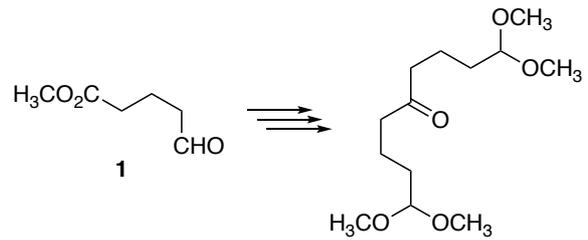
問 3 有機化学

次の文章(1)~(4)の下線部について、間違った記述の組み合わせを(A)~(E)から選べ。

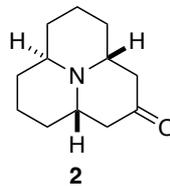
- (1) phenol の Br_2 を用いる室温での臭素化には 触媒が必要 である。
- (2) bromobenzene の HNO_3 と H_2SO_4 を用いるニトロ化は、メタ配向性 で進行する。
- (3) chlorobenzene は potassium amide (KNH_2) と 求核置換反応 を起こし aniline を生成する。
- (4) 2,5-cyclohexadiene-1,4-dione に H_2SO_4 と $\text{Na}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ を作用させると benzene-1,4-diol が得られる。

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

化合物 2 の合成に関する以下の設問に答えよ。

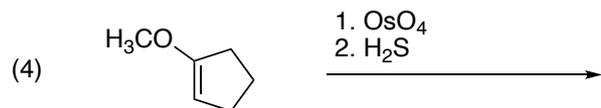
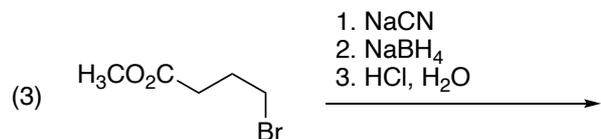
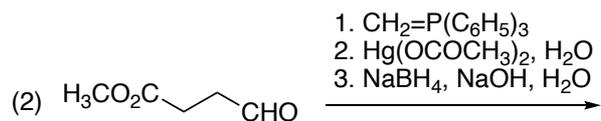
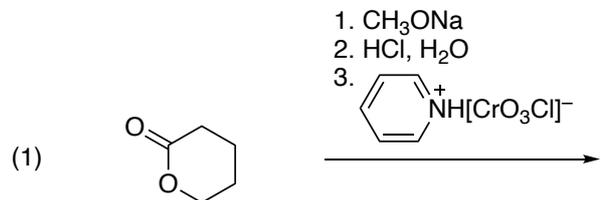


1. a
2. $\text{HCl}, \text{H}_2\text{O}$
3. b
4. $\text{NaOH}, \text{H}_2\text{O}$
5. $\text{H}_2\text{SO}_4, \text{H}_2\text{O}$, 加熱



問 4 有機化学

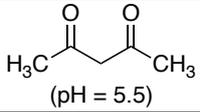
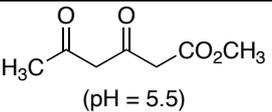
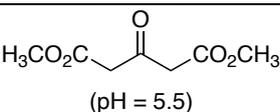
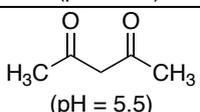
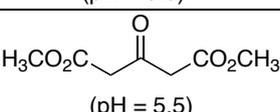
次の変換(1)~(4)のうち、効率的に出発物質 1 が得られるものはいくつあるか、(A)~(E)から選べ。



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

問 5 有機化学

化合物 **2** を得るための反応条件 a と b の適切な組み合わせを(A)~(E)から選べ。

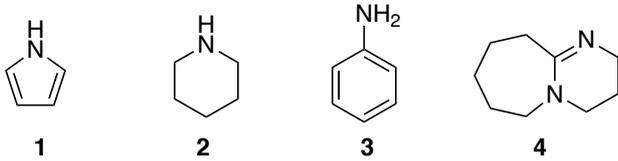
	反応条件 a	反応条件 b
(A)	H ₂ NNH ₂ , KOH, H ₂ O	 (pH = 5.5)
(B)	H ₂ NNH ₂ , KOH, H ₂ O	 (pH = 5.5)
(C)	H ₂ NNH ₂ , KOH, H ₂ O	 (pH = 5.5)
(D)	NH ₄ OCOCH ₃ , NaBH ₃ CN	 (pH = 5.5)
(E)	NH ₄ OCOCH ₃ , NaBH ₃ CN	 (pH = 5.5)

有機化学2

有機化学2

問 6 有機化学

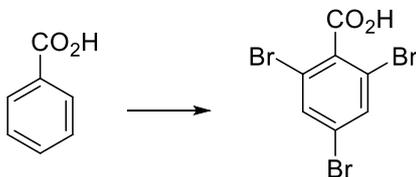
次の窒素化合物について、塩基性の高い順番に並べたものを(A)~(E)から選べ。



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

問 7 有機化学

次の変換を行うためには、数段階の反応が必要である。各段階で用いる反応剤や反応条件(1)~(8)の順番として正しいものを(A)~(E)から選べ。

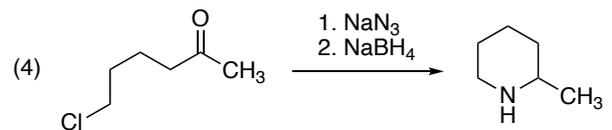
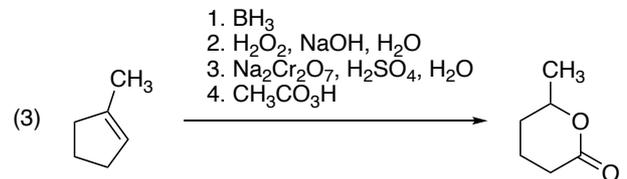
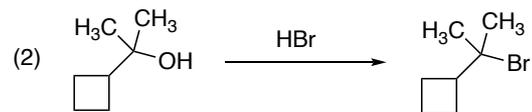
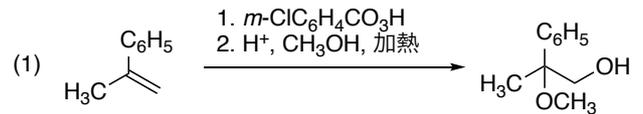


- (1) Br₂, FeBr₃
 (2) HNO₃, H₂SO₄
 (3) SO₃, H₂SO₄
 (4) NaNO₂, H⁺
 (5) KNH₂, 液体 NH₃
 (6) H₂, Ni
 (7) H₃PO₂
 (8) H⁺, H₂O, 加熱

- (A) (1)→(5)→(4)→(1)
 (B) (2)→(6)→(1)→(4)→(7)
 (C) (2)→(1)→(6)→(4)→(7)
 (D) (3)→(1)→(5)→(4)→(1)→(8)
 (E) (3)→(1)→(8)

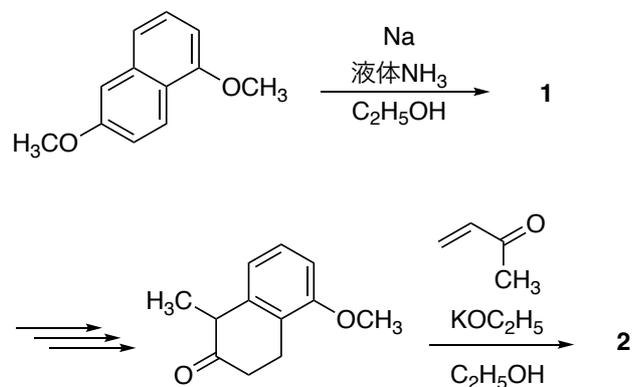
問 8 有機化学

次の変換(1)~(4)によっ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。



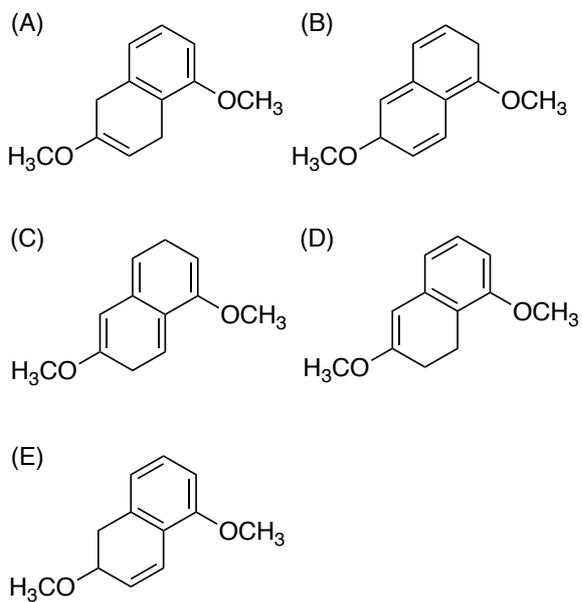
- (A) (1), (2)
 (B) (1), (3)
 (C) (2), (4)
 (D) (1), (3), (4)
 (E) (2), (3), (4)

化合物 **1** と **2** の合成に関する以下の設問に答えよ。



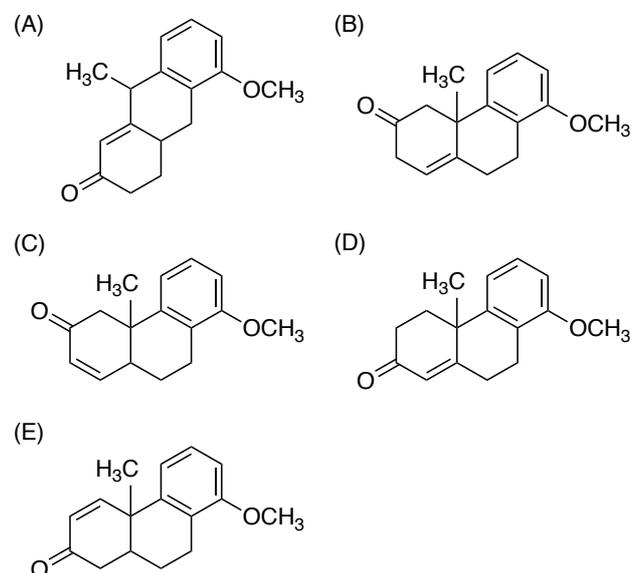
問 9 有機化学

化合物 **1** の構造として最も適切なものを (A)~(E)から選べ。



問 10 有機化学

化合物 **2** の構造として最も適切なものを (A)~(E)から選べ。



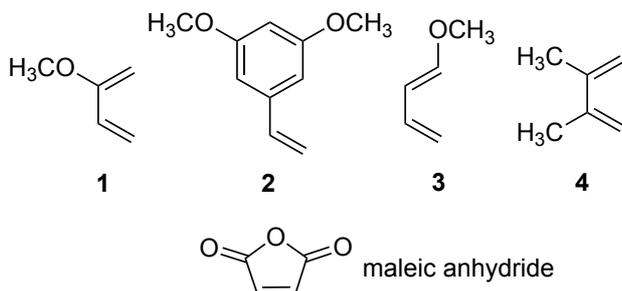
有機化学3

有機化学3

問 11 有機化学

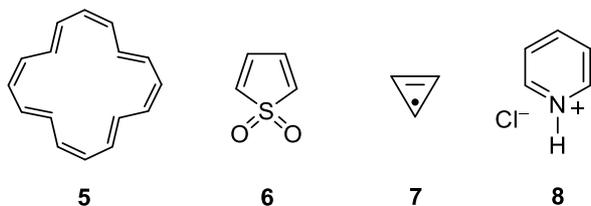
以下の化合物に関する記述(1)~(3)のうち、正しいものの組み合わせを(A)~(E)から選べ。

- (1) 次の化合物 **1**~**4** のうち、maleic anhydride との Diels-Alder 反応における反応性が 2 番目に高いのは **1** である。maleic anhydride の構造も以下に示す。



- (2) pyrrole, furan, thiophene のうち、Diels-Alder 反応における反応性が最も高いのは、thiophene である。

- (3) 次の化合物 **5**~**8** のうち、Hückel 則に基づく芳香族化合物は 2 つある。

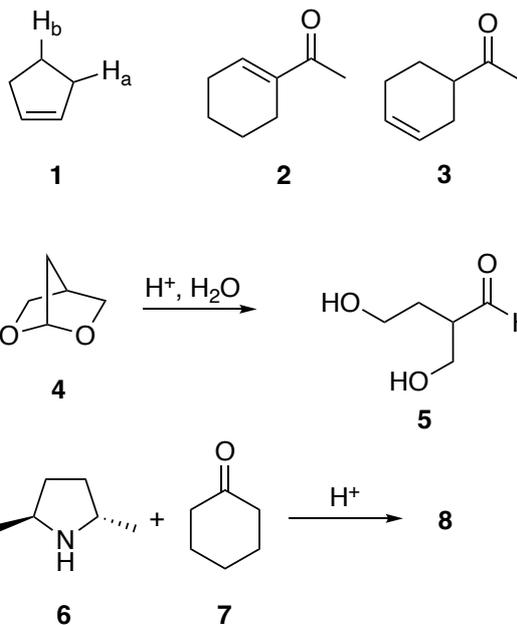


- (A) (1), (2)
 (B) (2), (3)
 (C) (1)
 (D) (2)
 (E) (3)

問 12 有機化学

次の文章(1)~(4)について、正しいものを(A)~(E)から選べ。

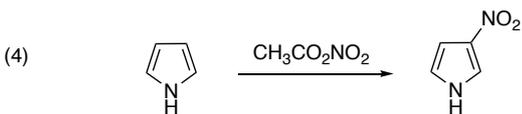
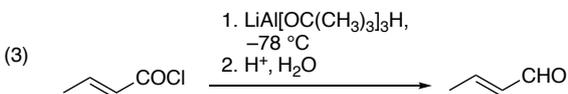
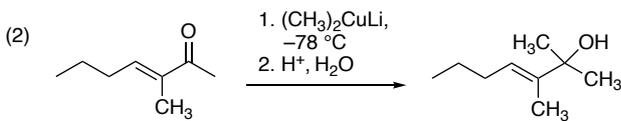
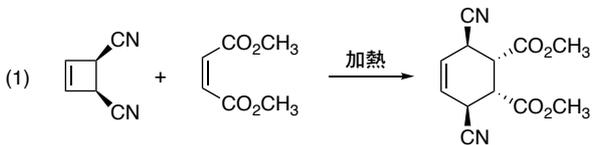
- (1) 化合物 **1** の 2 種類の C-H 結合では、C-H_aの方が C-H_bよりも強い。
 (2) 赤外吸収スペクトルにおいて化合物 **2** の C=O 伸縮振動は **3** よりも高波数側に現れる。
 (3) 化合物 **4** を酸性水溶液で処理すると、化合物 **5** が得られる。
 (4) 光学活性アミン **6** と **7** との酸触媒存在下の反応により得られる生成物 **8** には、2 つの立体異性体が含まれる。



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

問 13 有機化学

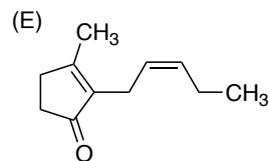
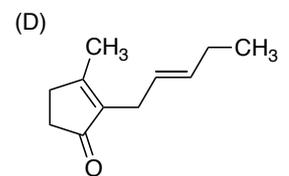
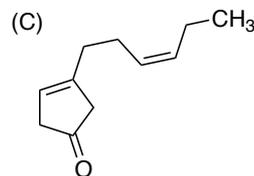
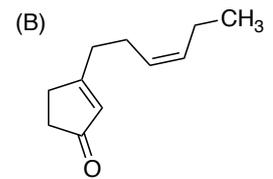
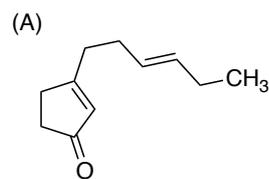
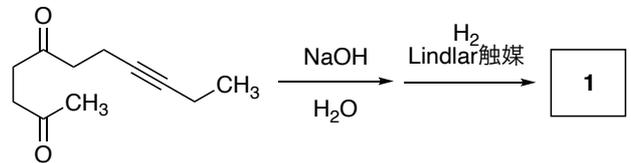
次の変換(1)~(5)によって得られる主生成物の構造が正しいものの組み合わせを(A)~(E)から選べ。



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

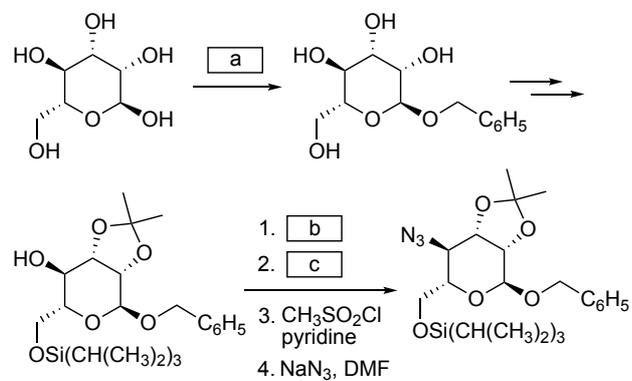
問 14 有機化学

次の変換で得られる主生成物 **1** の正しい構造を(A)~(E)から選べ。



問 15 有機化学

次の変換における反応条件 a と c の適切な組み合わせを(A)~(E)から選べ。



	反応条件 a	反応条件 c
(A)	C ₆ H ₅ CH ₂ OH HCl	NaBH ₄ , EtOH
(B)	C ₆ H ₅ CH ₂ OH HCl	H ₂ , Pd/C
(C)	C ₆ H ₅ CH ₂ Br (CH ₃) ₃ COK	NaBH ₄ , EtOH
(D)	C ₆ H ₅ CH ₂ Br (CH ₃) ₃ COK	H ₂ , Pd/C
(E)	C ₆ H ₅ CH ₂ Br (CH ₃) ₃ COK	H ⁺ , H ₂ O, 加熱

無機・分析化学 1

無機・分析化学 1

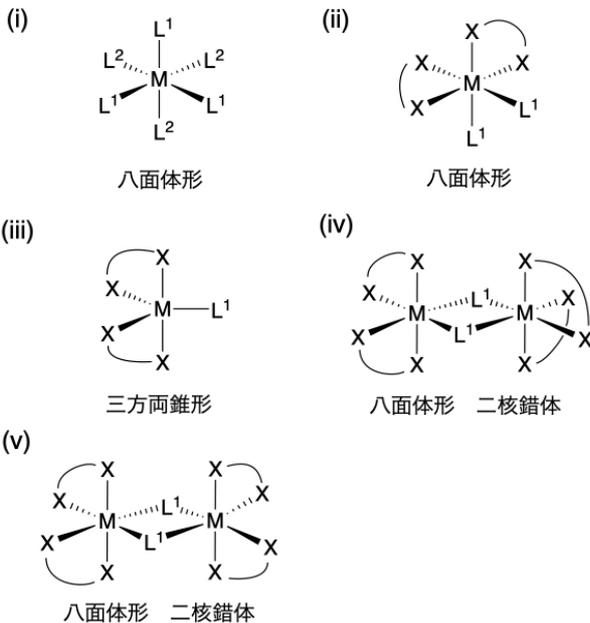
問 16 無機・分析化学

可視光領域のモル吸光係数 (ϵ) が二番目に小さい錯体を(A)~(E)から選べ。ただし, bpy は 2,2'-ビピリジンである。

- (A) $[\text{Mn}(\text{OH}_2)_6]^{2+}$
- (B) $[\text{MnO}_4]^-$
- (C) $[\text{Co}(\text{OH}_2)_6]^{2+}$
- (D) $[\text{CoCl}_4]^{2-}$
- (E) $[\text{Fe}(\text{bpy})_3]^{2+}$

問 17 無機・分析化学

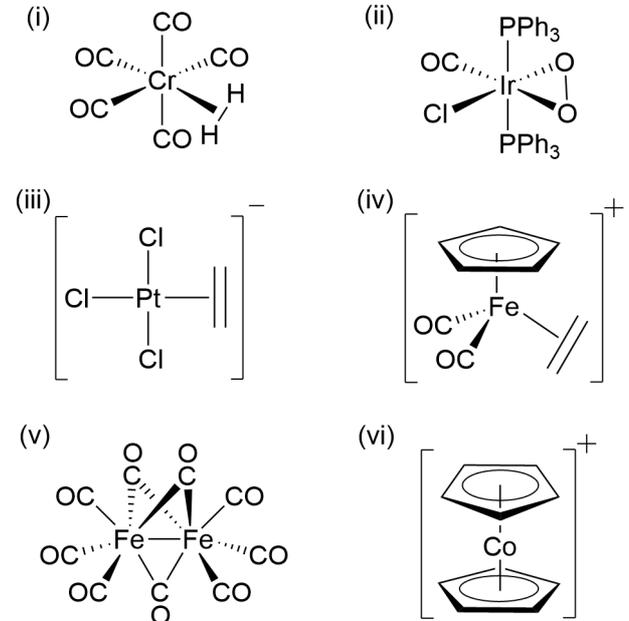
下記の金属錯体(i)~(v)のうち, アキラルな金属錯体の数を(A)~(E)から選べ。ただし, M は金属イオン, 単座配位子 L^1, L^2 および二座配位子 X-X はアキラルである。



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

問 18 無機・分析化学

下記の金属錯体(i)~(vi)のうち, 18 電子則を満たす金属錯体の数 X と, 金属の形式酸化数が+2 である金属錯体の数 Y の組み合わせ (X, Y) として正しいものを(A)~(E)から選べ。



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

問 19 無機・分析化学

四面体錯体と八面体錯体の結晶場安定化エネルギー (CFSE) の差のうち, 絶対値が最大となる金属イオンを(A)~(E)から選べ。ただし, 錯体は全て高スピン錯体とし, 四面体錯体と八面体錯体の結晶場分裂パラメータ $\Delta_{\text{tet}}, \Delta_{\text{oct}}$ は, $\Delta_{\text{tet}} = (4/9)\Delta_{\text{oct}}$ で関係づけられる。電子対形成エネルギーは考慮しなくてよい。

- (A) Cr^{3+}
- (B) Mn^{3+}
- (C) Fe^{3+}
- (D) Fe^{2+}
- (E) Co^{2+}

問 20 無機・分析化学

正スピネル型構造をとる酸化物 AB_2O_4 は、 O^{2-} が立方最密配列をとり、その四面体間隙に A^{2+} が、八面体間隙に B^{3+} が充填される。これに対し、逆スピネル型構造をとる酸化物 AB_2O_4 は、四面体間隙に B^{3+} の半分が、八面体間隙に A^{2+} と B^{3+} の残りの半分が充填される。

AB_2O_4 がどちらのスピネル型構造をとるかは、 A^{2+} 、 B^{3+} の CFSE の総和の大小から推定することができる。問 19 を参考にして、下記の酸化物(i)~(iii)がとりうる構造の組み合わせについて正しいものを(A)~(E)から選べ。ただし、表の「正」は正スピネル型構造、「逆」は逆スピネル型構造である。

- (i) $Fe^{II}Cr^{III}_2O_4$
- (ii) $Fe^{II}Fe^{III}_2O_4$
- (iii) $Co^{II}Fe^{III}_2O_4$

	(i)	(ii)	(iii)
(A)	正	逆	正
(B)	正	正	逆
(C)	逆	逆	正
(D)	正	逆	逆
(E)	逆	正	逆

無機・分析化学 2

無機・分析化学 2

問 21 無機・分析化学

N_2 の分子軌道の基底電子配置に関する文章 (i)~(iv)のうち、正しいものの数を(A)~(E)から選べ。

- (i) 全部で 12 個の電子が充填されている。
- (ii) HOMO は、 $\sigma_g(2p)$ 軌道である。
- (iii) LUMO は、 $\pi_u^*(2p)$ 軌道である。
- (iv) $\sigma_u^*(2p)$ 軌道は、節を 2 つもつ。

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

問 22 無機・分析化学

等電子的な電子配置をもつ分子やイオンの組み合わせの数として、正しいものを(A)~(E)から選べ。

組み合わせ：

(F_2 , $[O_2]^{2-}$)
(PF_3 , ClF_3)
($[NO_2]^+$, SO_2)
($[CN]^-$, $[NO]^+$)

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

問 23 無機・分析化学

下記の文章の中で、正しいものを(A)~(E)から選べ。

- (A) HF の沸点は、HBr の沸点よりも低い。
 - (B) Kr の第一イオン化エネルギーは、Xe の第一イオン化エネルギーよりも小さい。
 - (C) ^{40}K が β 壊変すると ^{40}Ca となる。
 - (D) ヒドラジンは、アンモニアよりも強い塩基である。
 - (E) 赤外スペクトルにおいて観測される CH_4 の C-H 伸縮振動の吸収波数は、 CD_4 の対応する C-D 伸縮振動のそれよりも小さい。
-

問 24 無機・分析化学

$X-X(g) \rightarrow 2X(g)$ のエンタルピー変化 ($X-X$ 結合の平均結合エンタルピー) ΔH_{X-X} について、その大小関係(i)~(v)のうち、正しいものの数を(A)~(E)から選べ。

- (i) $\Delta H_{N-N} < \Delta H_{P-P}$
- (ii) $\Delta H_{N=N} > \Delta H_{P=P}$
- (iii) $\Delta H_{N-N} < (1/3)\Delta H_{N=N}$
- (iv) $\Delta H_{O-O} < (1/2)\Delta H_{O=O}$
- (v) $\Delta H_{S-S} > (1/2)\Delta H_{S=S}$

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

問 25 無機・分析化学

下図は、カドミウムの電位-pH 図である。図中の直線① $\text{Potential} = (\text{ア}) \times \text{pH} + (\text{イ})$ の(イ)に入る値として最も適切なものを、(A)~(E)から選べ。ただし、カドミウムに関する化学種の活量は 1.00 とし、酸化体 P, Q と還元体 X, Y 間の電子授受平衡 $p\text{P} + q\text{Q} + ne^- = x\text{X} + y\text{Y}$ における電極の電位 E は、次のネルンストの式 (i) で与えられるものとする。

$$E = E^\circ + (0.060/n) \log(a_{\text{P}^p} \cdot a_{\text{Q}^q} / a_{\text{X}^x} \cdot a_{\text{Y}^y}) \quad (\text{i})$$

また、水の自己プロトリス定数

$$K_w = 1.00 \times 10^{-14} (\text{mol/L})^2 \text{ とする。}$$

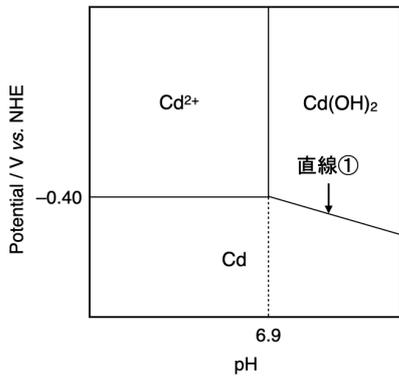


図 カドミウムの電位-pH 図

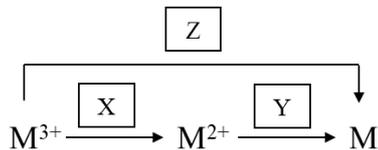
- (A) +0.38
- (B) +0.02
- (C) +0.00
- (D) -0.02
- (E) -0.27

無機・分析化学 3

無機・分析化学 3

問 26 無機・分析化学

下記のラティマー図に関する文章(i)~(v)のうち、正しいものの数を(A)~(E)から選べ。



- (i) X~Zの値は、各還元反応の標準ギブズエネルギー変化の値である。
- (ii) Yは、pHに依存しない。
- (iii) $Z = X + 2Y$ の関係が成り立つ。
- (iv) $X > Y$ の関係が成り立つとき、 M^{2+} は不均化する。
- (v) $X > Z$ の関係が成り立つとき、 M^{2+} がこの条件における最安定な化学種である。

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

問 27 無機・分析化学

対称要素として対称面 σ_h をもつ化合物を(A)~(E)から選べ。

- (A) 過酸化水素
- (B) ジクロロメタン
- (C) ジメチルスルホキシド
- (D) トルエン
- (E) ジボラン

問 28 無機・分析化学

濃度 C_a (mol/L)の酢酸水溶液と C_b (mol/L)の酢酸ナトリウム水溶液をそれぞれ同体積取って混合し調製した緩衝溶液について、下線部に誤りがあるものを(A)~(E)から選べ。なお、 C_a や C_b は十分に高いものとする。

- (A) $C_a = C_b$ の場合、緩衝溶液は酸性である。
- (B) $C_a = C_b$ の場合、緩衝溶液を用いると、酸を加えたときにpHの変化を抑えることができる。
- (C) $C_a = C_b$ の場合、緩衝溶液を用いると、塩基を加えたときにpHの変化を抑えることができる。
- (D) 緩衝溶液の緩衝能は、 $C_a = C_b$ の場合が最も高い。
- (E) この緩衝溶液のpHは、 $\text{pH} = (\text{酢酸の } \text{p}K_a) + \log(C_a / C_b)$ となる。

問 29 無機・分析化学

二塩基酸 H_2A は水溶液中で二段階の酸解離をおこす。pH 5.0の水溶液中で、 H_2A に由来する化学種のうち、二価イオン A^{2-} の分率 a として最も適当なものを(A)~(E)から選べ。 H_2A の酸解離定数は、 $K_{a1} = 1.0 \times 10^{-1}$ 、 $K_{a2} = 1.0 \times 10^{-4}$ とする。

- (A) 1.0
- (B) 0.9
- (C) 0.7
- (D) 0.5
- (E) 0.1

問 30 無機・分析化学

問 29 の二価イオン A^{2-} は、金属イオン D^{2+} と錯生成定数 K_f で 1:1 金属錯体 DA を形成する。pH 5.0 の水溶液中で、 H_2A に由来する化学種の全濃度を C 、 D^{2+} に由来する化学種の全濃度を C となるようにこれらを混合した場合、 K_f として最も適当なものを(A)~(E)から選べ。

(A) $\frac{[DA]}{C^2}$

(B) $\frac{[DA]}{(C - [DA])^2}$

(C) $\frac{[DA]}{a \cdot (C - [DA])^2}$

(D) $\frac{[DA]}{a \cdot C \cdot (C - [DA])}$

(E) $\frac{[DA]}{(C - [DA]) (a \cdot C - [DA])}$

物理化学 1

物理化学1

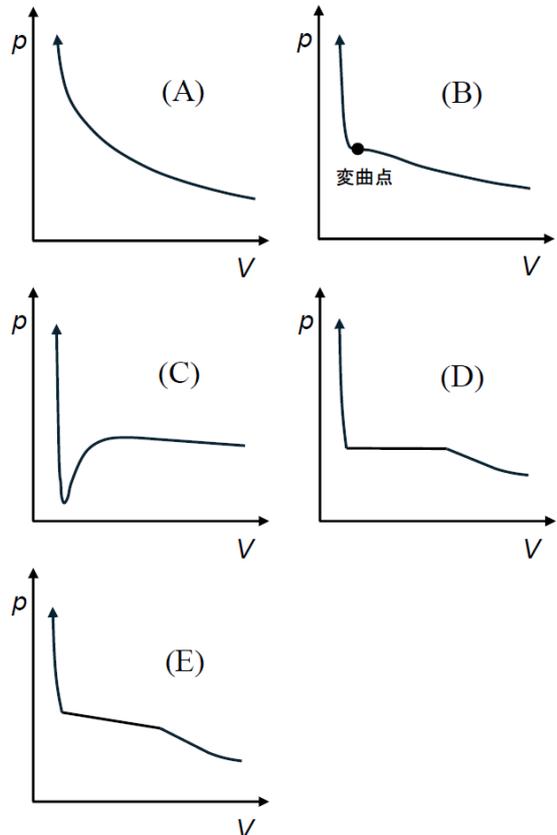
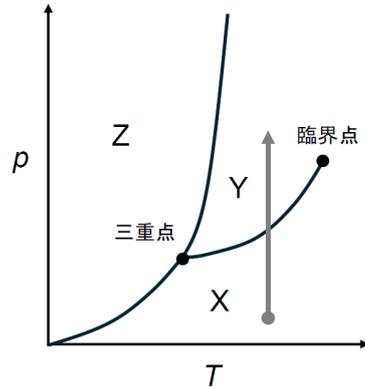
問 31 物理化学

1 mol の完全気体が温度 T で V_i から V_f に等温可逆膨張する ($V_i < V_f$)。誤っている記述を(A)~(E)から選べ。ただし、仕事と熱量は、系のエネルギーが増加するとき、符号を正に取ること。また、 R は気体定数である。

- (A) 内部エネルギーの変化は、 $\Delta U = 0$ である。
- (B) 系がする仕事は、 $w = -RT \ln(V_f/V_i)$ である。
- (C) 可逆膨張の仕事 $|w|$ は、不可逆膨張の仕事 $|w_x|$ に対して、常に $|w| < |w_x|$ である。
- (D) 系が受けとる熱量は、 $q = RT \ln(V_f/V_i)$ である。
- (E) 系のエントロピー変化は、 $\Delta S = R \ln(V_f/V_i)$ である。

問 32 物理化学

下図は、ある物質の相図で、X, Y, Z は固体、液体、気体のいずれかである。図中の矢印に沿って、ある温度 T (一定) で圧力 p を高めた場合、系の体積 V と圧力 p の関係はどのようなになるか。最も適切なものを(A)~(E)から選べ。



問 33 物理化学

次の記述のうち、正しいものを選び。

- (A) 27 °Cと 227 °Cの間で作動する熱機関の最高効率 は 60%である。
- (B) 孤立系の可逆変化の際、エントロピー変化はゼロである。
- (C) 固体と液体間の平衡圧 p の温度 T 依存性は、クラペイロン・クラウジウスの式 $dp/dT = \Delta H/(T\Delta V)$ で与えられる。ここで ΔH は融解エンタルピー、 ΔV は体積変化である。 $\Delta H > 0$ だから、どのような物質でも圧力を加えると融点は上昇する。
- (D) ある一つの系における相の数を p 、成分の数を C とすると、この系の自由度は
- $$f = C - p + 1$$
- で与えられる。
- (E) 100 °C、1 atm において、液体の H_2O が気体になるとき、ギブズエネルギーは減少する。

問 34 物理化学

ファンツホッフの式は次のように与えられる。

$$\frac{d \ln K}{d(1/T)} = -\frac{\Delta_r H^\ominus}{R}$$

K は平衡定数、 T は温度、 R は気体定数 ($8.3 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$) である。 $\Delta_r H^\ominus$ は標準反応エンタルピーであり、温度に依存しないものとする。

ある反応において、温度 400 K では $\ln K = -4.0$ であった。また $\Delta_r H^\ominus = 83 \text{ kJ mol}^{-1}$ であった。ファンツホッフの式を用いて予測される温度 500 K での $\ln K$ の値として、最も適切なものを(A)~(E)から選べ。

- (A) 1.0
(B) -1.0
(C) -3.5
(D) -4.5
(E) -9.0

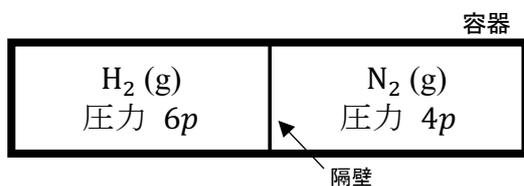
問 35 物理化学

1 成分の完全気体の化学ポテンシャル μ は、温度 T および圧力 p で次のように与えられる。

$$\mu = \mu^\ominus + RT \ln \frac{p}{p^\ominus}$$

R は気体定数($8.3 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$)、 μ^\ominus は標準化学ポテンシャル、 p^\ominus は標準圧力である。

2 つの同じ体積の室に隔壁で区切られた容器がある。 $\text{H}_2(\text{g})$ と $\text{N}_2(\text{g})$ の完全気体を入れたところ、圧力はそれぞれ $6p$ と $4p$ であった。



温度を一定にし、隔壁を外したときの混合ギブズエネルギーは $-5 RT \ln 2$ であった。

容器に入れた $\text{H}_2(\text{g})$ が 1.0 mol であるとき、 $\text{N}_2(\text{g})$ の物質質量として、最も適切なものを(A)~(E)から選べ。

- (A) 2.0 mol
- (B) 3.0 mol
- (C) 4.0 mol
- (D) 5.0 mol
- (E) 6.0 mol

物理化学 2

物理化学2

問 36 物理化学

5個の粒子からなる系を考える。各粒子のエネルギー準位 E は $0\varepsilon, 1\varepsilon, 2\varepsilon, 4\varepsilon, 5\varepsilon$ の値を取りうる。系の全エネルギーは 5ε である。 ε はエネルギー量を表す。

下表には粒子の取りうる分布のパターンを全て示す(分布 I~V)が、一部■で数字が見えなくなっている。分布 I~V には重複がないものとする。

	各エネルギー値 E を持つ粒子数				
	$E = 0\varepsilon$	$E = 1\varepsilon$	$E = 2\varepsilon$	$E = 4\varepsilon$	$E = 5\varepsilon$
分布 I	4	0	0	0	1
分布 II	■	■	■	1	0
分布 III	■	■	1	■	0
分布 IV	■	■	■	■	0
分布 V	■	■	0	■	0

分布 I の配置の重み(場合の数)は、5である。分布 IV の配置の重みとして、最も適切なものを(A)~(E)から選べ。

- (A) 10
- (B) 15
- (C) 20
- (D) 25
- (E) 30

問 37 物理化学

一次元の箱の中で自由に運動する粒子からなる理想気体を考える。箱の長さを $2X$ 、自由粒子の質量を m とする。温度 T でこの理想気体が熱平衡状態にあるとすると、その分配関数 q^T は、次のように与えられる。

$$q^T = \frac{2X}{\Lambda}$$

ここで、 Λ は熱的ドブロイ波長であり、次のように与えられる。

$$\Lambda = \frac{h}{\sqrt{2\pi m\beta}}$$

ただし、 h はプランク定数、 β は逆温度であり、ボルツマン定数 k を用いて $\beta = 1/(kT)$ と与えられる。

この理想気体の平均運動エネルギー $\langle \varepsilon^T \rangle$ の表式として、最も適切なものを(A)~(E)から選べ。ただし、基底状態のエネルギーは0とする。

ヒント：相互作用のない分子集団の全エネルギーは、状態エネルギー ε_i 、ボルツマン分布、分配関数 q を用いて、次のように書ける。

$$\langle \varepsilon \rangle = \frac{1}{q} \sum_i \varepsilon_i e^{-\beta \varepsilon_i}$$

- (A) $\frac{4}{\beta}$
- (B) $\frac{2}{\beta}$
- (C) $\frac{1}{\beta}$
- (D) $\frac{1}{2\beta}$
- (E) $\frac{1}{4\beta}$

問 38 物理化学

正準分布関数 Q を使って、温度 T のギブズエネルギー $G(T)$ は次のように与えられる。

$$G(T) = G(0) - kT \ln Q + nRT$$

ただし、 n は物質質量であり、アボガドロ数 N_A を用いると、分子数は $N = nN_A$ と表される。 R は気体定数であり、 k はボルツマン定数である。

分子分配関数 q を用いて、区別のつかない相互作用のない N 個の分子の $G(T)$ を求める式として、最も適切なものを(A)~(E)から選べ。ただし、スターリングの近似式

$$\ln N! \approx N \ln N - N$$

が考慮されているものとする。

- (A) $G(T) = G(0) - kT \ln q^N$
- (B) $G(T) = G(0) - kT \ln \frac{q}{N}$
- (C) $G(T) = G(0) - nRT \ln q^N$
- (D) $G(T) = G(0) - nRT \ln \frac{q}{N}$
- (E) $G(T) = G(0) - nRT \ln q + nRT$

問 39 物理化学

気相反応 $X + Y \rightarrow Z$ (化合物 X と Y の反応) における生成物 Z の生成初速度 v_0 が反応物 X, Y の初期圧力 $P_0(X), P_0(Y)$ に対して次のように求められている。

$P_0(X) / \text{Pa}$	$P_0(Y) / \text{Pa}$	$v_0 / \text{Pa s}^{-1}$
200	400	600
300	400	900
300	200	225

この反応の全次数として最も適切なものを(A)~(E)から選べ。

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

問 40 物理化学

反応速度論に関する以下の記述(1)~(3)のうち、下線部に誤りがあるものの組み合わせを(A)~(E)から選べ。

- (1) 反応 $A + 2B \rightarrow X$ の反応速度 v が $2.0 \text{ mol dm}^{-3} \text{ s}^{-1}$ であるとき、 B の消滅速度は $1.0 \text{ mol dm}^{-3} \text{ s}^{-1}$ である。
- (2) 1 次反応においては、原系物質の初濃度が高くなるほど、その半減期は短くなる。
- (3) 温度上昇による速度定数 k の増加量は、その反応の活性化エネルギー E_a が大きいほど大きくなる。ただし、 E_a は温度に依存しないとする。

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

物理化学 3

物理化学3

問 41 物理化学

演算子 \hat{A} が

$$\hat{A} = \frac{d}{dx} + x$$

で与えられるとき、演算子 \hat{A}^2 として正しいものを(A)~(E)から選べ。

(A) 1

(B) x^2

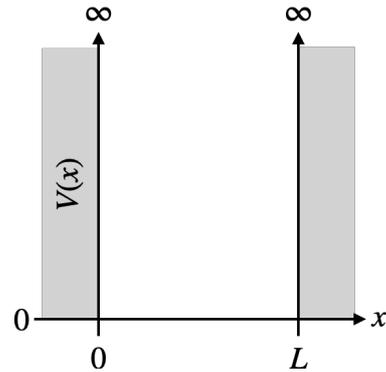
(C) $\frac{d^2}{dx^2}$

(D) $\frac{d^2}{dx^2} + 2x \frac{d}{dx} + x^2$

(E) $\frac{d^2}{dx^2} + 2x \frac{d}{dx} + x^2 + 1$

問 42 物理化学

図の井戸型ポテンシャル $V(x)$ に閉じ込められた質量 m の粒子を考える。次の(A)~(E)のうちで下線部に誤りがあるものを選べ。ここで $\hbar = h/2\pi$, h はプランク定数である。



(A) $0 < x < L$ でのハミルトニアンは

$$\hat{H} = -\frac{\hbar^2}{2m} \frac{d^2}{dx^2}$$

である。

(B) 波動関数 $\varphi(x)$ が満たすべき境界条件は

$$\underline{\varphi(0) = 0, \varphi(L) = 0}$$

である。

(C) 固有関数は量子数を n として

$$\varphi_n(x) = N \sin\left(\frac{n\pi}{L}x\right)$$

で表され、規格化定数は

$$N = \left(\frac{2}{L}\right)^{1/2}$$

で与えられる。

(D) $n = 1$ に対する粒子の位置の期待値は、

$$\underline{\langle x \rangle = L/2}$$

である。

(E) 固有エネルギーは

$$E_n = \frac{\hbar^2 n^2}{8mL^2}$$

で与えられる。

問 43 物理化学

F原子の電子配置 $(1s)^2(2s)^2(2p)^5$ から生じる電子状態の項記号として最も適切なものは(A)~(E)のうちどれか。

- (A) 1S_0
- (B) $^2S_{1/2}$
- (C) 1P_1
- (D) $^2P_{1/2}, ^2P_{3/2}$
- (E) $^3P_0, ^3P_1, ^3P_2$

問 44 物理化学

CO_2 には、対称伸縮振動、変角振動、逆対称伸縮振動、の3つの基準振動がある。それぞれの振動量子数を n_1, n_2, n_3 とすると、振動基底状態は $(n_1, n_2, n_3) = (0, 0, 0)$ で表される。調和振動子近似のもとで、振動基底状態から赤外光吸収が観測される振動励起状態の組み合わせとして、最も適切なものは(A)~(E)のうちどれか。

- (A) (1,0,0)
- (B) (1,0,0), (0,1,0)
- (C) (1,0,0), (0,0,1)
- (D) (0,1,0), (0,0,1)
- (E) (1,0,0), (0,1,0), (0,0,1)

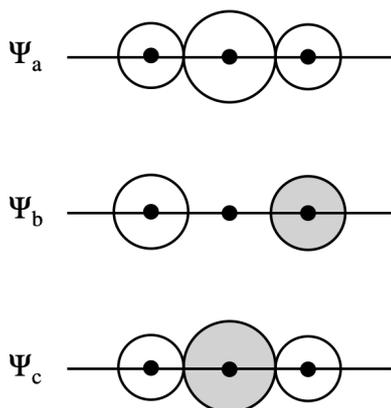
問題 45 物理化学

H_3^+ は宇宙に最も多く存在する分子イオンの一つで、星間における様々な分子の生成過程において重要な役割を果たしている。

H_3^+ が直線型の構造をもつとして、その電子状態を調べてみよう。分子軌道 Ψ を水素原子 1s 軌道の線型結合として表し、ヒュッケル近似を用いると、軌道エネルギー E は、永年方程式

$$\begin{vmatrix} \alpha - E & \beta & 0 \\ \beta & \alpha - E & \beta \\ 0 & \beta & \alpha - E \end{vmatrix} = 0$$

を解くことで求められる。ここで、 α, β はいずれも負の値をもつ数である。また、対応する波動関数は次のようである。ただし、灰色は符号が負であることを示す。



次のうちで下線部に誤りがあるものを(A)~(E)から選べ。

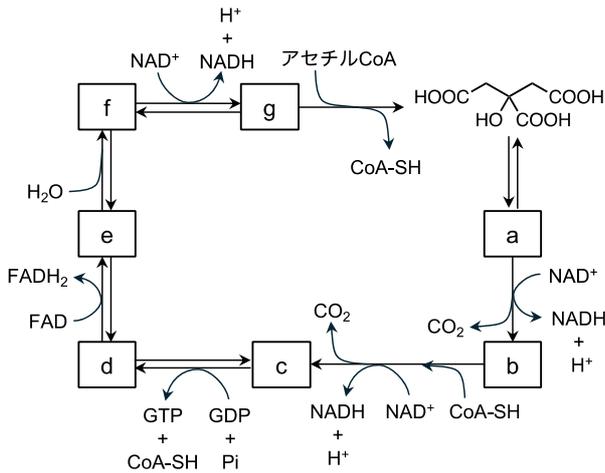
- (A) α はクーロン積分と呼ばれる量である。
- (B) 分子軌道エネルギーは、 $E = \alpha - \sqrt{2}\beta, \alpha, \alpha + \sqrt{2}\beta$ で与えられる。
- (C) $E = \alpha$ に対応する分子軌道は Ψ_b である。
- (D) 全電子エネルギーは $2\alpha + 2\sqrt{2}\beta$ である。
- (E) 正三角形型の H_3^+ の軌道エネルギーを求めたところ、 $E = \alpha + 2\beta, \alpha - \beta$ が得られ、後者は2重縮重していた。これから、正三角形型の H_3^+ より直線型の H_3^+ の方が安定であると予想できる。ただし、 α, β は分子構造によって変化しないものとする。

生物化学 1

生物化学 1

問 46 生物化学

クエン酸サイクルで生成する中間体は、アミノ酸の生合成にも利用される。図中の **b** および **g** を原料としてアミノ基転移により直接生合成されるアミノ酸の組み合わせとして正しいものを(A)~(E)から選べ。



	b から生合成されるアミノ酸	g から生合成されるアミノ酸
(A)	アスパラギン酸	アラニン
(B)	アラニン	グルタミン酸
(C)	グルタミン酸	アラニン
(D)	アラニン	アスパラギン酸
(E)	グルタミン酸	アスパラギン酸

問 47 生物化学

DNA に関する以下の記述(1)~(4)について、下線部が正しいものは○、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) 原核生物の DNA において、転写開始位置から 10 塩基上流の領域では、AT 塩基対よりも GC 塩基対の割合が高い。
- (2) ヌクレオソームにおける 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。
- (3) 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 にほどかれる。

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

問 48 生物化学

転写と RNA プロセッシングに関する以下の記述(1)~(4)について、下線部が正しいものは○、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) 転写反応の開始には、プライマー鎖が必要である。
- (2) RNA のスプライシング反応において、核酸塩基のアミノ基が RNA 鎖の切断反応を触媒する。
- (3) 真核細胞において、mRNA のポリ A 鎖は対応する DNA 鋳型鎖からの転写反応によって導入される。
- (4) tRNA の転写後修飾において、RNA 鎖の 3'末端がジデオキシ化される。

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

問 49 生物化学

アミノ酸に関する以下の記述(1)~(4)について、下線部が正しいものはどれか。(A)~(E)から選べ。

- (1) モノマーとポリペプチド鎖中では、塩基性アミノ酸側鎖の pK_b 値が異なる場合がある。
- (2) Gln が pH 3 以上でイオン化したものをグルタメートという。
- (3) Leu と Thr は側鎖に不斉炭素をもつ。
- (4) Lys は ϵ -アミノ基をもつ。

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

問題 50 生物化学

ミトコンドリア内膜を挟んでプロトンマトリックス (内側) から膜間部 (外側) に移すときのギブズエネルギー変化 ΔG は次のように表される。

$$\Delta G = 2.3 RT [\text{pH}(\text{内側}) - \text{pH}(\text{外側})] + F\Delta\psi$$

ここで、 R は気体定数、 T は絶対温度、 F はファラデー定数 96500 C/mol ($1 \text{ V} = 1 \text{ J/C}$)、 $\Delta\psi$ は膜電位 (負電位側から正電位側にプロトンが移動するときの符号が正) である。ミトコンドリア内膜の膜電位が 100 mV 、マトリックス内の pH が膜間部よりも 1 高い場合、マトリックスから膜間部へのプロトンの汲み出しのギブズエネルギー変化はいくらか。 $2.3 RT = 5900 \text{ J/mol}$ として最も近い答えを(A)~(E)から選べ。

- (A) -15.6 kJ/mol
(B) -3.8 kJ/mol
(C) 3.8 kJ/mol
(D) 9.7 kJ/mol
(E) 15.6 kJ/mol

生物化学2

生物化学 2

問 51 生物化学

生体膜と膜輸送に関する以下の記述(1)~(4)のうち、下線部が正しいものの組み合わせを(A)~(E)から選べ。

- (1) 生体膜中のリン脂質を構成する不飽和脂肪酸エステル炭素-炭素二重結合は、ほとんどがトランス型である。
- (2) エンドソームの成熟過程で、エンドソーム内の pH は上昇する。
- (3) 細胞膜に存在する糖タンパク質や糖脂質において、糖鎖は細胞外を向く。
- (4) 母体から胎児への免疫グロブリンの移行は、トランスサイトosisの一例である。

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

問 52 生物化学

タンパク質翻訳に関する以下の記述(1)~(4)について、正しいものの組み合わせを表の(A)~(E)から選べ。

- (1) tRNA のアミノ酸結合部位があるのは 5' 末端か 3' 末端か。
- (2) tRNA 1 分子のアミノアシル化反応には、何分子の ATP が消費されるか。
- (3) mRNA の翻訳の方向は 5'→3', 3'→5' のどちらか。
- (4) タンパク質合成の方向はカルボキシ末端→アミノ末端(C→N), アミノ末端→カルボキシ末端(N→C)のどちらか。

	(1)	(2)	(3)	(4)
(A)	5'末端	1分子	3'→5'	C→N
(B)	3'末端	2分子	5'→3'	C→N
(C)	3'末端	1分子	5'→3'	C→N
(D)	3'末端	2分子	5'→3'	N→C
(E)	5'末端	2分子	3'→5'	N→C

問 53 生物化学

RNA 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) 原核生物においては、スプライシングによってタンパク質の多様性が生み出される。
- (2) エキソンとイントロンが結合することで成熟した mRNA が形成される。
- (3) キャップ構造は真核生物の mRNA に存在する。
- (4) 原核生物のリボソームには、RNA 鎖が含まれる。

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

問 54 生物化学

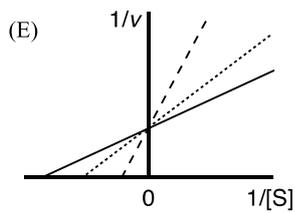
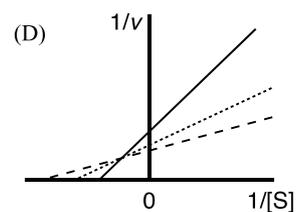
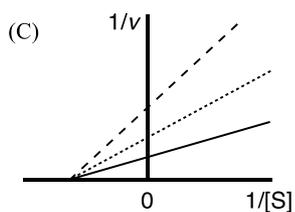
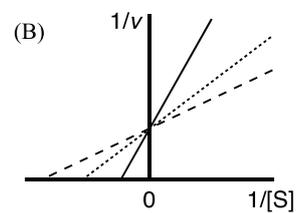
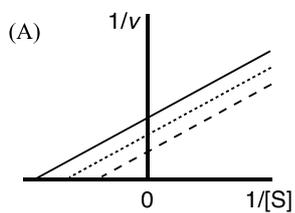
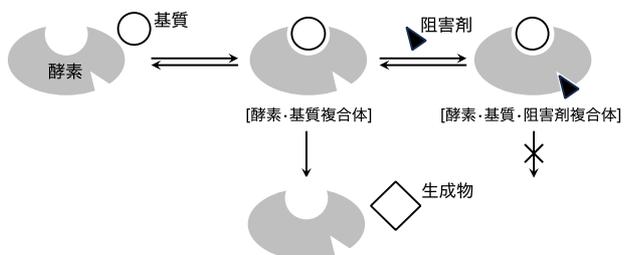
生体分子に関する以下の記述(1)~(4)について、下線部が正しいものはいくつあるか。(A)~(E)から選べ。

- (1) タンパク質の高次構造は、二次構造から四次構造に分類されるが、四次構造をもたないタンパク質もある。
- (2) 生体分子の中には、糖とペプチド鎖が結合したものも存在する。
- (3) ホモ多糖とは枝分かれのない直鎖状の多糖のことである。
- (4) 熱、界面活性剤、尿素、シャペロンは、タンパク質を変性させるのに有効である。

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

問 55 生物化学

Michaelis-Menten型の速度式に従う酵素反応において，以下の阻害様式に対応するLineweaver-Burkプロットとして正しいものはどれか。(A)~(E)から選べ。



- - - 阻害剤なし
 ····· 低濃度の阻害剤
 ——— 高濃度の阻害剤
 v : 反応速度
 $[S]$: 基質濃度

