

入 試 年度	2026 年度	入試時期	Ⅱ期入学試験	実施日	2026 年 2 月 25 日
課程	博士前期課程	研究科	理工学研究科	専攻・コース	応用化学専攻
入 試 方式	一般入学試験 外国人留学生入学試験 社会人特別入学試験		試験科目	基礎科目 専門科目	
「出題の意図」					
応用化学専攻において専門的な研究を実施するにあたり、化学的知識と化学への理解を確認することを目的としている。基礎科目試験問題としては、化学分野において共通して求められる知識と理解を確認するため、無機化学、有機化学、および物理化学に関する問題を出題した。専門科目試験問題としては、各化学分野における専門的な知識と理解を確認するため、無機化学、有機化学、化学工学、および分析化学に関する問題を出題した。					
「解答」または「解答例」					
別紙参照					
合否判定の方法及び基準					
入学試験は理工学研究科のアドミッションポリシーに基づき、これを満たす学生を選抜することを目的に実施しています。 本研究科のアドミッションポリシーに基づき、総合的な視点により合否を判断しています。					

「解答」または「解答例」

基礎科目試験問題

(1)

原子番号	元素記号	日本語名	英語名	電子配置	不対電子の数
10	Ne	ネオン	Neon	$[\text{He}](2s)^2(2p)^6$	0
20	Ca	カルシウム	Calcium	$[\text{Ar}](4s)^2$	0
26	Fe	鉄	Iron	$[\text{Ar}](3d)^6(4s)^2$	4
246	Bqh	ビクアドヘキシウム	Bi-quad-hex-ium		

(2)

電荷の値	$\pm 4 \times 10^{-5} \text{ C}$
計算過程	$F = (9 \times 10^9) \times q^2 / (0.3)^2 = 160$ $q^2 = 16 \times 10^{-10}$ $q = \pm 4 \times 10^{-5}$

(3)

英語名称	potassium hexacyanidoferrate(II)
日本語名称	ヘキサシアニド鉄(II)酸カリウム

(4)

a) : *trans*-1-ブロモ-3-クロシクロペンタン, *trans*-1-Bromo-3-chlorocyclopentane

b) : (*E*)-3,4-ジメチル-3-ヘキセン, (*E*)-3,4-Dimethyl-3-hexene

c) : 3-メチルペンタン, 3-Methylpentane

d) : *trans*-1,2-ジメチルシクロヘキサン, *trans*-1,2-Dimethylcyclohexane

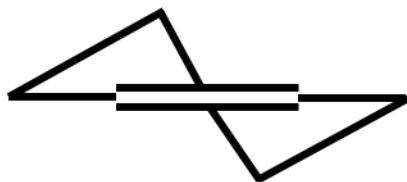
(5)

a) : $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{O}^- \text{Na}^+ + \text{CH}_3\text{COOH} \rightarrow \text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH} + \text{CH}_3\text{COO}^- \text{Na}^+$

b) : 酸塩基反応の平衡は、生成する酸の pKa が大きい方向、すなわち弱い酸が生成する方向に偏る。エタノールの pKa は 15.9、酢酸の pKa は 4.76 であり、エタノールの方が酢酸よりも弱い酸である。よって、ナトリウムエトキシドと酢酸を反応させた場合には、強い酸である酢酸から弱い酸であるエタノールが生成する方向に平衡が移動するため、酸塩基反応はより速やかに進行する。(一方、酢酸ナトリウムとエタノールの組合せでは、弱い酸であるエタノールから強い酸である酢酸が生成する方向となるため、平衡は反応物側に偏り、反応はほとんど進行しない。)

(6)

a)



b) : シクロヘキセンでは、二重結合を構成する二つの炭素原子は sp^2 混成軌道で平面三角形構造をとり、残りの四つの炭素原子は sp^3 混成軌道で正四面体構造をとる。このため分子全体はいす形ではなく、二重結合部分が平面となった構造をとる。炭素原子間の結合長は、 sp^2 混成軌道をとる炭素原子間の二重結合が最も短く、 sp^3 混成軌道をとる炭素原子間の単結合が最も長く、 sp^2 混成軌道をとる炭素原子と sp^3 混成軌道をとる炭素原子の間の単結合はそれらの間の長さを示す。また、 sp^3 混成軌道をとる炭素原子間の単結合は重なりひずみを避けるため、二重結合に対して斜めに横切る方向に配置される。

(7)

a) $P_A = \frac{n_A}{n_A + n_B} P$

b) $\left(\frac{\partial G}{\partial P} \right)_T = V$ より

$$\Delta G_A = \int_P^{P_A} V dP$$
$$= n_A R T_0 \ln \frac{n_A}{n_A + n_B}$$

c) $\Delta G_B = n_B R T_0 \ln \frac{n_B}{n_A + n_B}$ より

$$\Delta \bar{G}_{\text{mix}} = \frac{R T_0}{n_A + n_B} \left(n_A \ln \frac{n_A}{n_A + n_B} + n_B \ln \frac{n_B}{n_A + n_B} \right)$$

d) $\frac{n_A}{n_A + n_B} < 1$ 、 $\frac{n_B}{n_A + n_B} < 1$ より $\ln \frac{n_A}{n_A + n_B} < 0$ 、 $\ln \frac{n_B}{n_A + n_B} < 0$

また、常に $R > 0$ 、 $T_0 > 0$ 、 $n_A > 0$ 、 $n_B > 0$ であるため

$$\Delta \bar{G}_{\text{mix}} < 0$$

したがって、混合は自発的に起こる

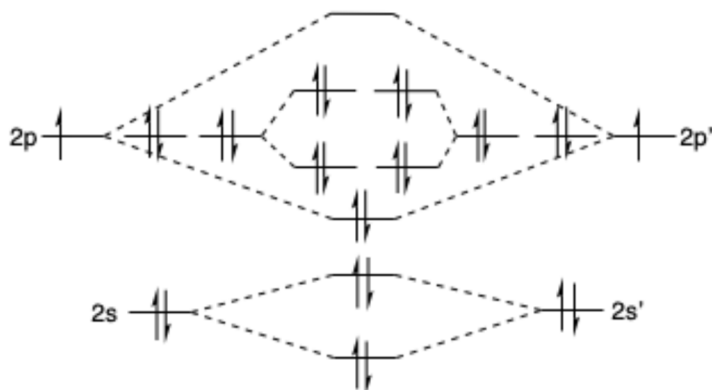
e) 熱力学第二法則（エントロピー増大則）

自発的に変化が起こるとき、熱力学世界全体のエントロピーは増大し、系の自由エネルギーは減少する。

専門科目試験問題 1 (応用化学 1)

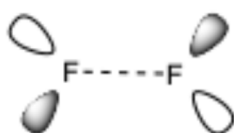
(1)

a)



b) HOMO-1 π^* 反結合性軌道

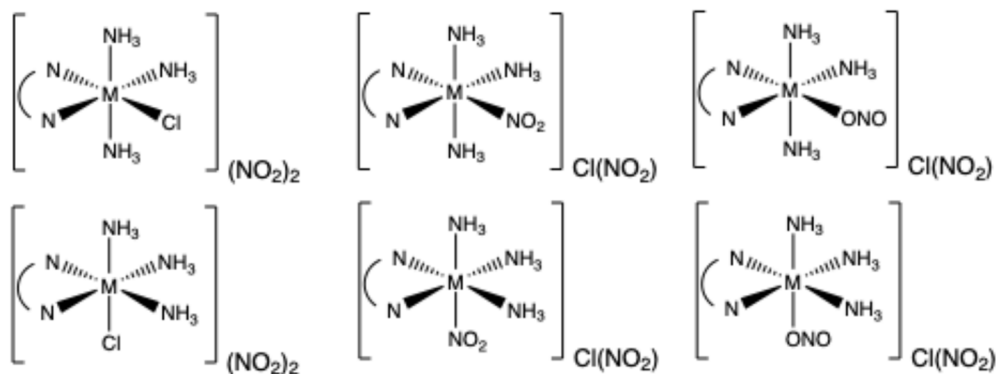
HOMO-3 π 結合性軌道



c) 二つの $2p$ 軌道の符号が結合軸の中央で反対になる様に組み合わせることができる反結合性軌道である。四つのローブが結合の外側に向かって広がり、電子が収容された場合には $F-F$ 結合の結合次数を下げる効果を持つ。

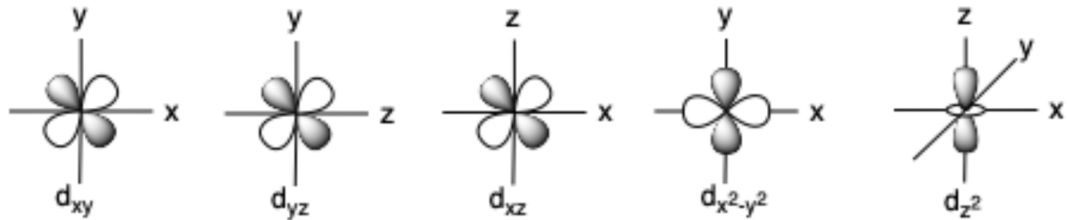
d) 同じエネルギーレベルの HOMO と HOMO-1 の π^* 軌道から 1 電子ずつが失われて、HOMO と HOMO-1 に 1 電子ずつが収容された、2 個の不対電子を有する常磁性の F_2^{2+} イオンとなると考えられる。反結合性の軌道から電子が失われるので、 $F-F$ 結合は強くなる。

(2)

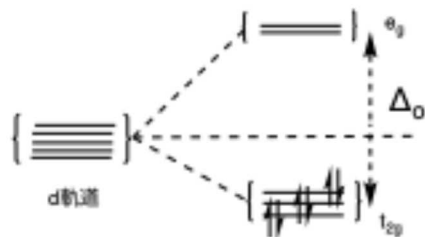


(3)

a)

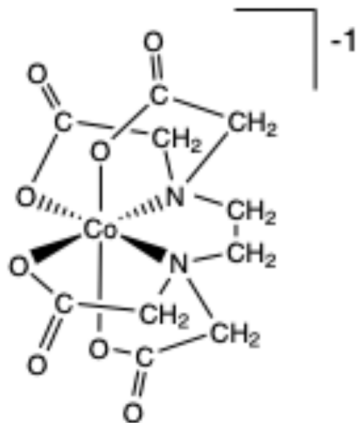


b)



注) 図中の電子の矢印は、問題 d) の解答の一部

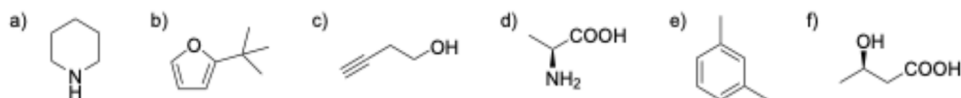
c)



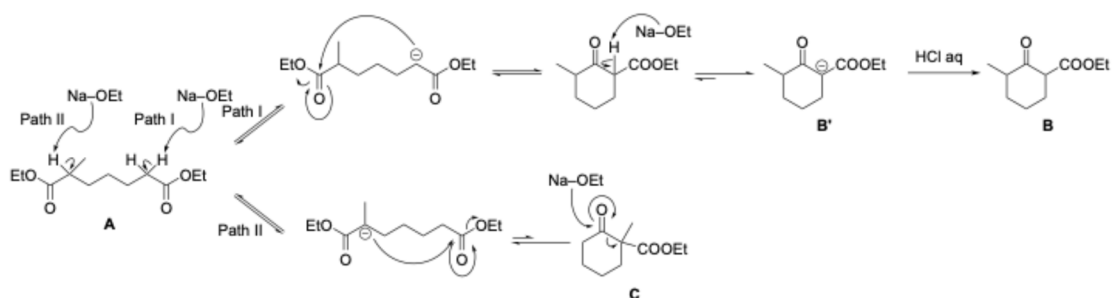
d) edta^{4-} 配位子が配位していることから、 Co(III) の d^6 の錯体である。 edta^{4-} 配位子が強い場をつくることから結晶場分裂の大きさ (Δ_o) は大きい。したがって、 Co^{3+} の六つの d 電子は全て t_{2g} に収容されて低スピン型の反磁性の錯体となる。

専門科目試験 2 (応用化学 2)

(1)

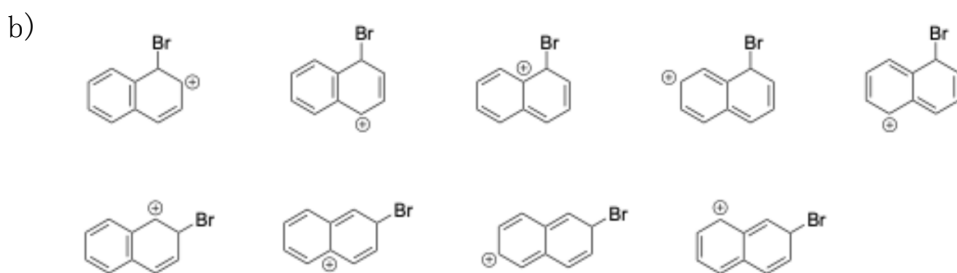
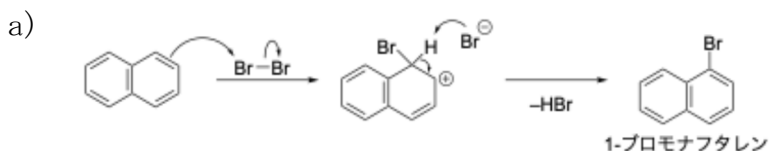


(2)



Path I では、環化して生じた生成物に二つのカルボニル基に挟まれた α 水素が存在するため、平衡は B' へ偏る。一方、Path II では、環化して生じた C に二つのカルボニル基に挟まれた α 水素が存在しないため、 EtO^- と反応してレトロクライゼン縮合が進行する。よって、平衡は B' に偏っているため、 B' をプロトン化して得られる化合物 B が主生成物となる。

(3)



ナフタレンの臭素化反応が 1-位または 2-位で起こる場合に生じる中間体の共鳴構造のうち、芳香族六員環を含む共鳴構造は 1-位の中間体では二つ、2-位の中間体では一つ存在する。1-位の中間体の方が芳香族安定化が大きく、より速く生成する。そのため、ナフタレンの臭素化反応は 1-位で速く起こる。

専門科目試験問題 3 (応用化学 3)

(1)

$$R_{\text{obs}} = 0.80$$

$$R_{\text{int}} = 0.90$$

(2) 必要な水量 : 1.5×10^3 [g]

0 °Cにおける硝酸バリウムの析出量 : 4.3×10^2 [g]

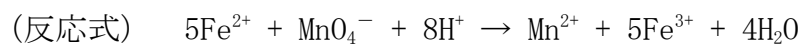
(3) リサイクル量 : 2.0×10^2 [kmol h⁻¹]

(4) 還流比は塔に戻す流量と留出流量との比である。還流比を大きくすると、濃縮部操作線の傾きが大きくなるため、階段作図により計算される理論段数は小さくなる。

専門科目試験問題 4 (応用化学 4)

(1) $\text{pH} = 4.757$

(2)



(3)

a) 法則名: Lambert—Beer の法則

関係式: $A = \varepsilon \cdot l \cdot c$

b) 市販の塩酸のモル濃度: 11.9 mol/L

市販の塩酸の規定度: 11.9 N

c) アルミニウム箔中の鉄の濃度: $0.5 \text{ mass\%}$