

入 試 年度	2026 年度	入試時期	I 期入学試験 ・ 秋季入学試験	実施日	2025 年 7 月 19 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、化学に関する知識と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、化学分野において広く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、より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、および分析化学の各分野から問題をそれぞれ出題した。					
「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
15	P	リン	Phosphorus	$[\text{Ne}](3s)^2(3p)^3$	3
19	K	カリウム	Potassium	$[\text{Ar}](4s)^1$	1
26	Fe	鉄	Iron	$[\text{Ar}](3d)^6(4s)^2$	4
572	Psb	ペントセプトビウム	Pent-sept-bium	-----	-----

(2)

全エネルギー：

$$E = \frac{-2\pi^2 k^2 Z^2 e^4 m}{n^2 h^2} \quad (n = 1, 2, 3 \dots)$$

(計算過程は省略)

理由：

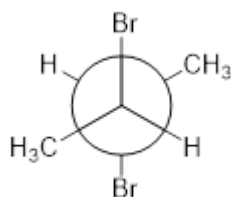
量子数 n は整数であるため、上式で表される全エネルギー E は、 n の値に応じてとびとびの値となる。

(3)

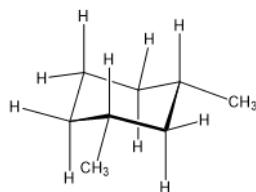
錯イオンの英語名称	diamminesilver(I) ion
錯イオンの日本語名称	ジアンミン銀(I)イオン
直線状の構造となる理由	Ag^+ の電子配置は $[\text{Kr}](4d)^{10}(5s)^0(5p)^0$ であり、 Ag^+ には $5s$ と $5p$ の空軌道がある。これらが sp 混成軌道を形成し、その sp 混成軌道にアンモニアが配位するため、直線状となる。

(4)

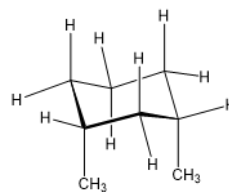
a)



b)



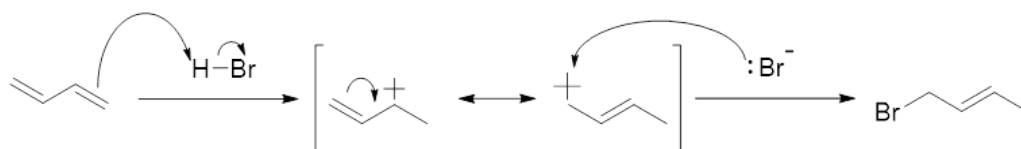
c)



(5)

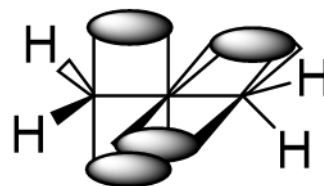
a) 3-Bromobut-1-ene, 3-Bromo-1-butene, 3-ブロモブタ-1-エン, 3-ブローモ-1-ブテン

b)



c) π 電子が C1-C2 間と C2-C3 間に配置する二つの共鳴構造が考えられる。
 π 電子が C2-C3 間に配置する共鳴構造は、末端炭素原子 C1 の空の 2p 軌道と二重結合の π 電子との間で起こる共役および二重結合の反結合性の分子軌道と末端炭素原子 C4 の C-H σ 結合を構成する共有電子対の間で起こる超共役によって安定化されており、共鳴混成体への寄与が大きい。 π 電子が C2-C3 間に配置する共鳴構造では、C1 の正電荷の密度が高い。そのため、末端炭素原子 C1 に求核攻撃が速く起こる。

(6) Allene の両端の炭素原子は sp^2 混成軌道，中央の炭素原子は sp 混成軌道をとる。中央の炭素原子には 2p 軌道が二つあり，この二つの 2p 軌道は互いに直交しており，それぞれの 2p 軌道に電子が一つ収容されている。この直交した 2p 軌道の電子が，両端の炭素原子の 2p 軌道の電子と，互いに直交した位置で π 結合を形成する。よって，両末端の炭素原子と，その炭素原子に結合した二つの水素原子が作る二つの平面は，互いに直交する。



(7)

a) 化学的に類似した物質を混合した場合等、Raoult の法則に従う溶液。

b) Raoult の法則に従うため、 $P_A = x_A P_A^*$ 、 $P_B = (1-x_A) P_B^*$

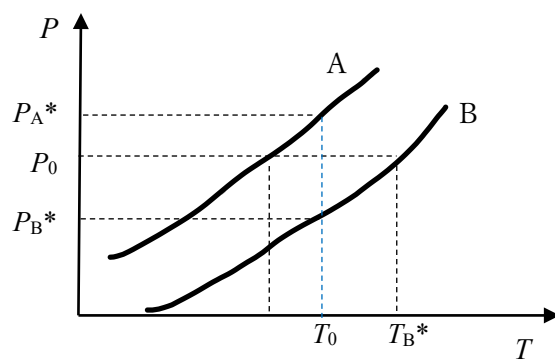
$P_1 = P_A + P_B$ より

$$x_A = \frac{P_1 - P_B^*}{P_A^* - P_B^*}$$

c) $y_A = \frac{P_A}{P_1}$

$$= \frac{(P_1 - P_B^*) P_A^*}{(P_A^* - P_B^*) P_1}$$

d)

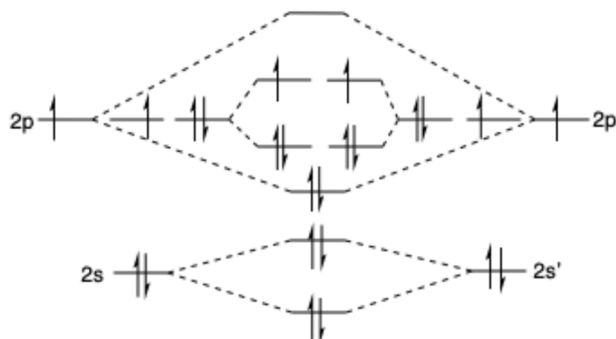


$$P_A^* > P_B^* \text{ より } T_B^* > T_A^*$$

専門科目試験問題 1 (応用化学 1)

(1)

a)

b) HOMO π^* 反結合性軌道LUMO σ^* 反結合性軌道

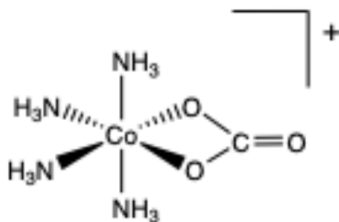
c) 結合軸の回りに全対称に分布する σ 対称性の軌道である。結合軸を切断するように“節”が存在するために反結合性の軌道となり、電子の収容により結合が弱くなる。

d) O_2 分子は、HOMO と HOMO-1 に 1 電子ずつ収容しており、2 個の不対電子を有する常磁性の分子となる。この二つの不対電子が π^* 反結合性軌道に収容されているため、結合次数は 2 となる。

(2)

a) g/mol の沈殿 を加えて

b)

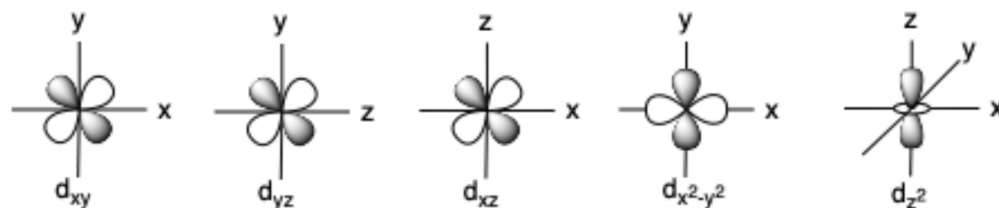
 g

c) 仮に生成収率を 100% とすると、30%(10.3 g) の錯体 A が反応溶液に残っていたことになる。200 cm^3 の反応溶液中に約 10 g の錯体 A が溶解して

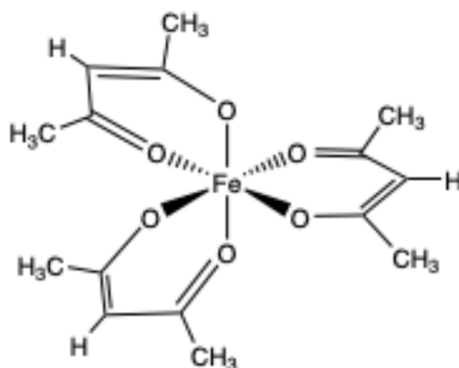
いることになり錯体 A が水によく溶けることがわかる。特に沈殿の洗浄の際には生成物（沈殿）の溶解に気をつける必要がある。

(3)

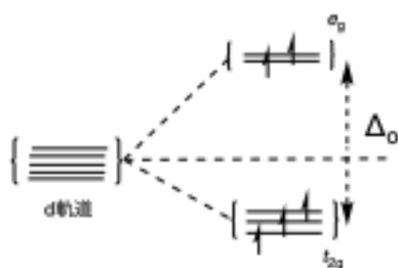
a)



b)



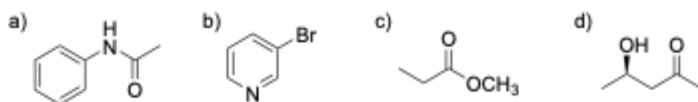
c)



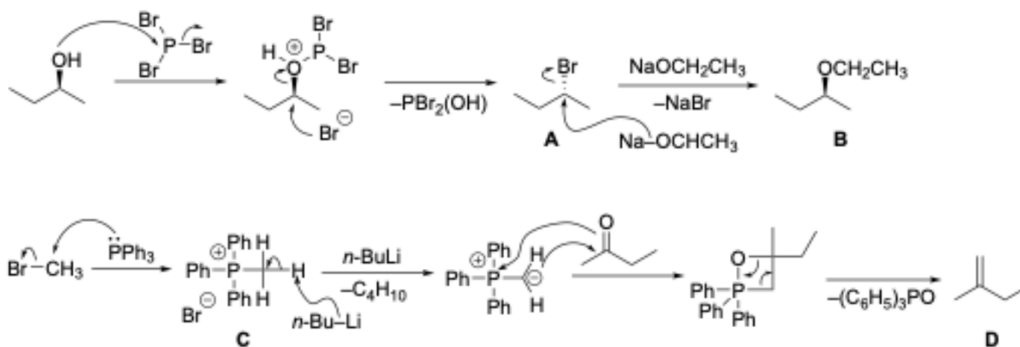
d) アセチルアセトナト配位子 (acac^-) は酸素原子で Fe^{3+} に配位するため、その結晶場分裂の大きさ (Δ_o) は N で配位する N ドナー配位子に比べ小さくなる。したがって、 Fe^{3+} の五つの d 電子は五つの軌道に広がって収容される高スピン型の配置となる。

専門科目試験 2 (応用化学 2)

(1)

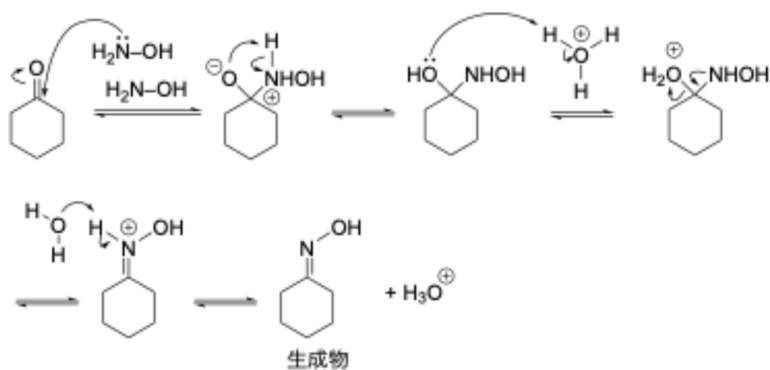


(2)



(3)

a)



b)

pH が 3 未満のとき：アミンの求核付加反応が進行しにくくなるため。

pH が 6 を超えるとき：ヒドロキシ基の脱離反応が進行しにくくなるため。

専門科目試験問題 3 (応用化学 3)

(1) 平均流速 : $1.2 \text{ [m s}^{-1}\text{]}$

(2) タンクにおける物質収支より、 $S_P u_P = S_Q u_Q + A \frac{dL(t)}{dt}$

(3) プロセス全体の物質収支より、製品の流量は 20 mol s^{-1} 。
リサイクルにおける A、B のモル分率はそれぞれ 0.67、0.33

(4) $u(t) = K_P \left(e(t) + \frac{1}{T_I} \int_0^t e(r) dr + T_D \frac{de(t)}{dt} \right)$ ただし、 $e(t) = r - y(t)$

専門科目試験問題 4 (応用化学 4)

(1)

- a) 沈殿粒子を大きくし、ろ過を効率よく行うためである。小粒子は再溶解し、大粒子上に析出して、粒子が大きくなる。
- b) ろ過を行う溶液は温かい方が、ろ過速度が速いためである。差支えない場合は、溶液をあたためてろ過することが得策となる。
- c) 過剰沈殿剤：バリウムイオンと塩化物イオン、試薬：硝酸銀水溶液
- d) 沈殿の質量：0.6560 g
硫酸銅一水和物中の硫酸イオン濃度：54.01 mass%
- e) 市販の濃硝酸のモル濃度：13.4 mol/L
必要な濃硝酸：3.7 mL

(2)

分属試薬：硫化水素

理由：塩酸酸性の陽イオン混合溶液に硫化水素を通じると第 2 属陽イオンが硫化物として沈殿する。第 3 属から第 6 属までの硫化物はすべて塩酸に溶けやすいため、第 2 属の陽イオンを分離できる。第 1 属の陽イオンは塩酸酸性下で塩化物沈殿として分離されている。

(3)

検量線法は目的元素の標準液で作成した検量線を使用し、未知試料中の目的元素の濃度を算出する定量分析方法である。試料にマトリックスが存在する場合、同じ濃度で高純度のマトリックス処理した標準液が必要となる。