

令和8年度創成科学研究科理工学専攻入学試験問題

化 学

(一般 入試) (自然科学 コース／領域)

(注意事項)

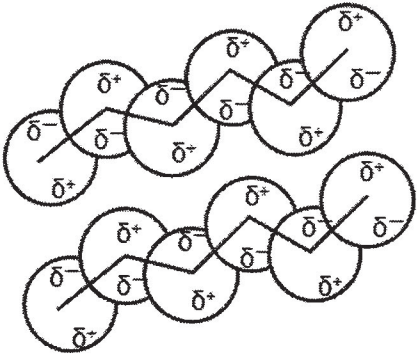
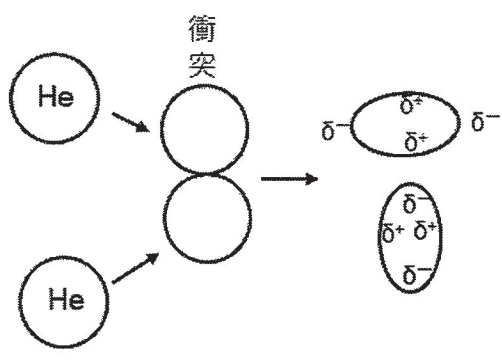
1. 問題・解答用紙は、係員の指示があるまで開かないこと。
2. 問題・解答用紙は、この表紙を除いて問題・解答用紙 7 枚である。
3. 解答は、指定された解答欄に書くこと。指定された解答欄以外に書いたものは採点しない。また、裏面に解答したものも採点しない。
4. 解答開始後、問題・解答用紙の所定欄に受験番号をはっきりと記入すること。
5. 問題は、必須問題の基礎化学 2 問、選択問題の基礎化学（機器分析）2 問、選択問題の専門科目 3 問の合計 7 問からなる。
 - ①基礎化学第 1 問、第 2 問（その 1、その 2）は、全問必ず解答すること。
 - ②基礎化学（機器分析）第 3 問、第 4 問（その 3、その 4）については、どちらか 1 問を選択し、その問題の選択欄（□）に○を記入した後解答せよ。2 問とも解答した場合、基礎化学（機器分析）の解答は全て無効とする。
 - ③専門科目（その 5～その 7）については、第 1 希望の研究分野の問題を 1 問選択し、その問題の選択欄（□）に○を記入した後解答せよ。2 問以上を解答した場合、専門科目の解答は全て無効とする。
6. 試験で使用する電卓は、貸出す。
7. 配布した用紙、電卓などは、すべて回収する。

化 学 その1

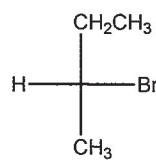
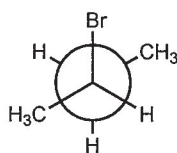
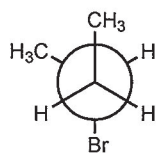
基礎化学

第1問 次の〔1〕,〔2〕に答えよ。

〔1〕(基本事項) ファンデルワールス力の起源には、分散力、誘起力、配向力がある。*n*-hexane を例に誘起力を、He を例に分散力について、その起源になる誘起双極子 (δ^+ , δ^-) を図に示し、かつ、簡潔に説明せよ。

誘起力	分散力
 時間平均として分極した分子(誘起双極子)による静電的相互作用を示す。	 非極性の分子の衝突により電子軌道の歪に誘起され分極した分子(誘起双極子)による静電的相互作用を示す。

〔2〕(有機化学) 次の化合物について問いに答えよ。



(a) **A** の Newman 投影式の化合物を命名せよ。立体配置 (*E*, *Z*, *R* or *S*) も表記すること。

(b) **B**, **C** の構造について、それぞれ **A** の Newman 投影式との関係を述べよ。

(a)	-(<i>S</i>)-2-ブロモブタン
(b)	B B は A と同じ (<i>S</i>)-2-ブロモブタンであるため、 A の配座異性体(回転異性体)である。 (A はアンチ形体異性体, B はゴーシェ形体異性体)
	C C は、(<i>R</i>)-2-ブロモブタンであるため、 A のエナンチオマー(鏡像体)である。

(1) (a) 13 点; (b) 12 点
(2) (a) 9 点; (b) **B**: 8 点; **C**: 8 点

小計	点
----	---

受験番号	
------	--

化 学 その 2

基礎化学（物理化学/無機・分析化学）

第2問 次の(1), (2)に答えよ。

(1) 次の専門用語を簡潔に説明しなさい。

(a) 共役酸塩基（例：酢酸水溶液） 酢酸と酢酸イオンの関係を示す。	(b) キレート効果 (例: $[\text{Co}(\text{NH}_3)_6]^{2+}$: $\log \beta_6 = 5.11$, $[\text{Co}(\text{en})_3]^{2+}$: $\log \beta_3 = 19.11$) C—C 結合の形成により, CH_3-基の回転や振動などの運動の抑制に原因したエントロピーの効果で錯生成の ΔG が減少し, キレート化合物の安定度が増加 (「キレート効果」なども可)。
---	--

(2) 1.0×10^{-5} mol/L の HCl 水溶液を 1000 倍希釈した時の pH を求めよ。ただし, $K_w = 1.0 \times 10^{-14}$ とする。計算の過程も示すこと。

計算の過程 $[\text{Cl}^-] = 1.0 \times 10^{-7}$ $[\text{H}^+] = [\text{Cl}^-] + [\text{OH}^-]$ $K_w = [\text{H}^+][\text{OH}^-] = 1.0 \times 10^{-14}$ $[\text{H}^+]^2 - [\text{Cl}^-][\text{H}^+] - K_w = 0$ $[\text{H}^+] = \frac{-[\text{Cl}^-] + \sqrt{[\text{Cl}^-]^2 + 4K_w}}{2}$ $[\text{H}^+] = 1.05 \times 10^{-7}$ $\text{pH} = -\log(1.05 \times 10^{-7}) = 6.98$	
答え	pH = 6.98

(1) (a) 15 点; (b) 15 点
(2) 20 点

小計	点
----	---

受験番号

選択欄

化 学 その3

「その3」、「その4」のどちらか一問を選択のこと

基礎化学（機器分析：無機分析）

第3問 次の(1)、(2)に答えよ。

(1) UV-VIS 分光光度法に関して、セルにおける光の吸収の模式図（下図）の空欄を埋め、吸光度(abs), Lambert 則, Beer 則および Lambert-Beer 則を記せ。

[セル]		吸光度(abs)
[入射光強度] (I_0)	[透過光強度] (I_t)	$abs = -\log T^{-1}$ T は、透過度を示す。 透過度 T は, $T = (I_t/I_0)$
Lambert 則	Beer 則	Lambert-Beer 則
$abs = k_1 L$	$abs = k_2 C$	$abs = \epsilon L C$
k_1 比例定数 L セル長(cm)	k_2 比例定数 C 濃度(mol/L)	ϵ モル吸光係数($\text{cm}^{-1}\text{mol}^{-1}\text{L}$) L セル長(cm), C 濃度(mol/L)

(2) 蛍光X線分析における特性エックス線 ($K\alpha$ 線) の発生機構についての略図中（下図）の空欄を埋め、発生機構を簡潔に説明せよ。

外部から試料へ一次 X 線を照射すると、内殻である K 殻の電子が光電子として放出される。
 L 殻から K 殻の空軌道へ電子が移動するとき軌道間のエネルギー差に応じて発生する X 線が $K\alpha$ 線である。

(1) 30 点; (2) 20 点

小計

点

受験番号

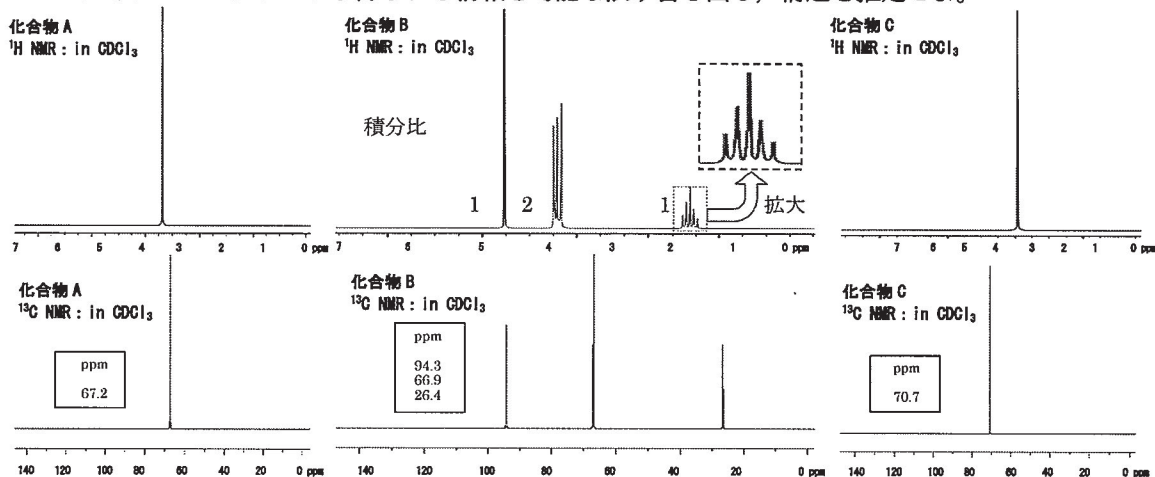
選択欄

化 学 その4

「その3」、「その4」のどちらか一問を選択のこと

基礎化学（機器分析：有機分析）

第4問 化合物A～Cは同じ組成式を持ち、元素分析によれば炭素 54.53%、水素 9.15%、酸素 36.32%であった。また、分子量を測定したところ化合物AとBは88、化合物Cは264であった。それぞれのスペクトルから得られる情報を可能な限り書き出し、構造を推定せよ。



得られる情報：

元素分析より 合計 100 %であるので、他の元素は含まれていない。比例計算により水（原子量 1）9.15 個、炭素原子（原子量 12）4.54 個、酸素原子（原子量 16）2.27 個という結果から、この化合物の炭素：水素：酸素の比率は 2：4：1 と推定出来る。

分子量より 元素分析の比率を基としてそれぞれの分子式を考えると化合物 A, B は $C_4H_8O_2$ 、化合物 C は $C_{16}H_{32}O_8$ と推定できる。

化合物 A 及び C 1H -NMR と ^{13}C -NMR のピークが 1 本しか現れないことから極めて対称性の高い構造であることがわかる。また、 1H -NMR の 3.7 ppm, ^{13}C -NMR は 70 ppm 付近であることから酸素原子に隣接していると考えられるため、ポリエチレングリコール構造を持つエーテルであることがわかる。

化合物 B 1H -NMR から 1.8 ppm (2H), 3.9 ppm (4H), 4.9 ppm (2H)。化合物 A との比較から化合物 A と同様に酸素原子に隣接している環境に加え、より低磁場な環境と高磁場な環境に置かれた CH_2 が 1 組ずつあると考えられる。

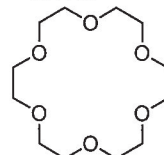
推定される化合物 A：



推定される化合物 B：



推定される化合物 C：



・得られる情報：35 点； 化合物：各 5 点 × 3

小計

点

受験番号	
------	--

選択欄 ☐

化 学 その5

「その5」、「その6」、「その7」から一問を選択のこと

専門科目（無機・分析化学）

第5問 次の(1)、(2)に答えよ。

- (1) 3d 金属の八面体型錯体において Fe^{3+} は配位子の種類に応じて高スピン錯体と低スピン錯体の区別があるが、 Ti^{3+} では配位子によらずその区別がない。その理由を結晶場理論に基づいて説明せよ。

3d 金属の八面体型錯体の高スピン錯体と低スピン錯体の区別は2通りの電子配置が考えられる場合に生じる。3d 軌道が t_{2g} 軌道と e_g 軌道に分裂すると、 Fe^{3+} は価電子数が5であるため、スピン対生成エネルギー(P)が t_{2g} と e_g のエネルギー準位差(Δ_o)より大きい場合は $(t_{2g})^3(e_g)^2$ の電子配置の高スピン錯体、 P が Δ_o より小さい場合は $(t_{2g})^5(e_g)^0$ の電子配置の低スピン錯体となる。一方、 Ti^{3+} は価電子数が1であるため電子配置は $(t_{2g})^1(e_g)^0$ の1通りしかない。そのため Fe^{3+} では高スピン錯体と低スピン錯体の区別があるが、 Ti^{3+} ではその区別がない。

図を用いた説明も OK

- (2) シュウ酸ナトリウム（式量 134.01）を 0.1675 g 精秤し、メスフラスコを用いて純水で 250.0 mL に定容した。この溶液をホールピペットを用いて 20.00 mL コニカルビーカーに量り取り、**A** を加えて酸性にした後 70°C に加温した。このシュウ酸ナトリウム溶液を過マンガン酸カリウム溶液で滴定したところ 19.51 mL を要した。**A** の化合物を答えよ。過マンガン酸カリウム溶液のモル濃度を求めよ。解答へ至るみちすじも示せ。

A: 硫酸

過マンガン酸カリウム溶液のモル濃度
解答へ至るみちすじ

シュウ酸 Na 溶液のモル濃度は
 $0.1675 \text{ g} / 134.01 \div 0.25000 \text{ L} = 0.005000 \text{ mol/L}$
 この反応は下記のように示される。

$$2\text{KMnO}_4 + 3\text{H}_2\text{SO}_4 + 5\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4 \rightleftharpoons 2\text{MnSO}_4 + 10\text{CO}_2 + \text{K}_2\text{SO}_4 + 5\text{Na}_2\text{SO}_4 + 8\text{H}_2\text{O}$$

 シュウ酸は2当量で過マンガン酸は5当量であり、
 20.00 mL と 19.51 mL で酸化還元反応が終点に達したので
 過マンガン酸の濃度を $X \text{ mol/L}$ とすると、
 $0.005000 \times 2 \times 20.00 = X \times 5 \times 19.51$ となる。
 したがって
 $X = 0.002050 \text{ mol/L}$

モル濃度

0.002050 mol/L

(1) 25 点; (2) **A**: 5 点; 過マンガン酸カリウム
のモル濃度: 20 点

小計

点

受験番号	
------	--

選択欄 ☐

化学 その6

「その5」、「その6」、「その7」から一問を選択のこと

専門科目 (物理化学)

第6問 次の(1) - (3)に答えよ。

(1) 以下の文章中の(a) - (i)にあてはまる語句または式を示せ。必要に応じて気体定数 R 、アボガドロ数 N_A 、ボルツマン定数 k 、物質量 n の記号を用いよ。

完全気体である単原子分子は、 x 方向、 y 方向、 z 方向の運動という3つの並進の(a)をもつ。加えて質量中心まわりの回転、および多原子分子では結合長や結合角が振動を行う(a)をもつ。絶対温度 T における熱平衡状態では、古典統計力学によると(a)あたりの平均エネルギーは(b)に等しい。この(c)と呼ばれる定理は実用上、(d)および回転の運動モードに対して有効であるが、(e)運動に対しては信頼性が低い。(d)および回転の自由度を考慮し、0 Kでのモル内部エネルギーを $U_m(0)$ とすると、たとえば絶対温度 T における酸素分子のモル内部エネルギーは(f)となる。また完全気体として扱われるヘリウム分子の定容熱容量 C_v は(g)と見積もられ、温度に依存せず一定の値となる。この C_v と定圧熱容量 C_p との間には(h)の関係がある。定圧で熱として移動するエネルギーは(i)変化に等しい。

(a)	自由度	(b)	$1/2 kT$	(c)	等分配則 (均分定理)
(d)	並進	(e)	振動	(f)	$U_m(0) + 2/5 RT$
(g)	$3/2 R$	(h)	$C_p - C_v = nR$	(i)	エンタルピー

(2) 次の専門用語「熱力学第一法則」について知るところを簡潔に記せ。

孤立系の内部エネルギーは一定である、または系に流入するエネルギーは保存されるとする、化学変化および物理変化におけるエネルギーの役割を論じるうえで基本となる法則。内部エネルギー変化、系になされた仕事、系に流入する熱をそれぞれ ΔU , w , q とすると、数学的記述は $\Delta U = w + q$ となる。

(3) 主殻および副殻のオービタルの構成について、主量子数3までを図示せよ。三種類の量子数はすべて書き込むこと。

主量子数 n	副殻	軌道角運動量量子数 l			磁気量子数 m_l
		1	2	3	
		s軌道	p軌道	d軌道	
3	M殻	1	-1 0 1	-2 -1 0 1 2	
2	L殻	1	-1 0 1		
1	K殻	1			

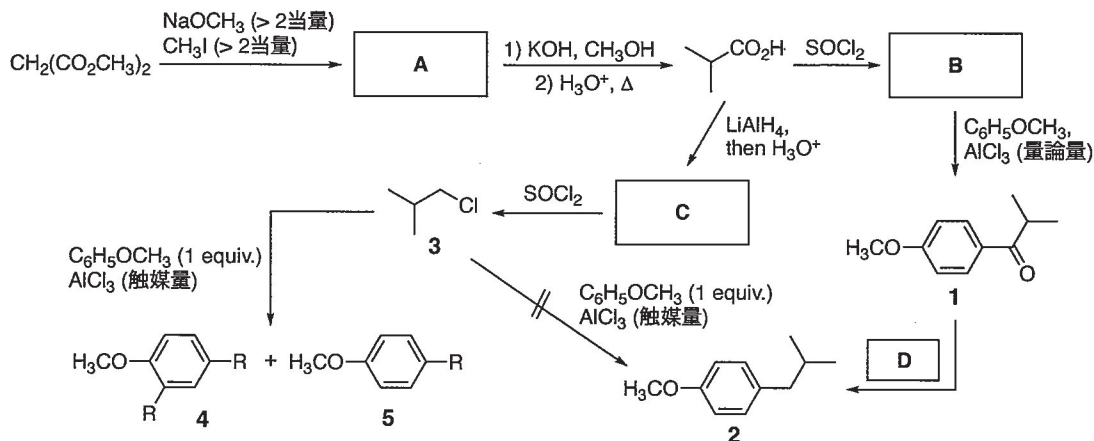
(1) 3点x9; (2) 10点; (3) 13点

小計	点
----	---

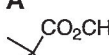
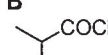
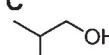
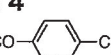
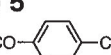
--

「その5」、「その6」、「その7」から一問を選択のこと

第7問 以下の反応スキームに関する次の (1)～(5) に答えよ。



- (1) 化合物 **A**～**C** の構造式を記せ。
- (2) 化合物 **1** から化合物 **2** を得る反応を一つ選び、反応名／必要な反応剤 **D** (複数の反応剤が必要な場合もある) を記せ。
- (3) 化合物 **3** の IUPAC 名を英語で記せ。
- (4) 化合物 **3** と 1 当量のアニソール (メトキシベンゼン) を触媒量の塩化アルミニウム存在下で反応させると、化合物 **2** は得られず、主にアルキル化生成物 **4** と **5** の混合物が得られる。化合物 **4**, 化合物 **5** の構造を記せ。また、化合物 **4**, **5** が生じる理由を反応機構と共に簡潔に記せ (解答欄の位置に注意)。
- (5) アニソールと化合物 **B** から化合物 **1** を得る反応では、触媒量では無く化学量論量の塩化アルミニウムが必要である。この反応と、化合物 **3** から化合物 **4**, **5** が生じる反応に必要な塩化アルミニウムの量の違いについて簡潔に説明せよ。

(1) A 	(1) B 	(1) C 	(4) 4 	(4) 5 
(2) クレメンゼン還元：亜鉛／水銀，塩酸 ウォルフ・キッシュナー還元：ヒドラジン／KOH など				
(3) 1-chloro-2-methylpropane				
(4) 理由 塩化アルミニウムと化合物 3 の反応により生じる一級のカルボカチオンは 1,2-水素移動により安定な三級の Bu カチオンに異性化する。この Bu カチオンを求電子剤とする Friedel-Crafts アルキル化により，化合物 5 が生じる。モノアルキル化された化合物 5 はアニソールよりも電子密度が高く，求電子置換反応に対してより高い反応性を示す。そのため一当量の求電子剤を用いても，多置換体である化合物 4 が生じる。		(5) 塩化アルミニウムをルイス酸とする Friedel-Crafts アシル化においては，ルイス塩基である生成物ケトンのカルボニル酸素と塩化アルミニウムが塩を形成するため，化学量論量の塩化アルミニウムが必要となる。一方，Friedel-Crafts アルキル化においては，アルキル化の後に塩化アルミニウムが再生するので，触媒量の塩化アルミニウムで十分である。		

(1) 4 点 x3; (2) 5 点; (3) 5 点; (4) 化合物 4 点 x2, 理由 10 点; (5) 10 点

小計	点
合計	点

令和 8 年度創成科学研究科理工学専攻入学試験問題
化 学

出題意図

第 1 問

- 〔1〕基礎化学における基礎事項である分子間力の中の「ファンデルワールス力」の起源の知識を問う。
- 〔2〕有機化学の基礎（立体化学，命名法）に関する知識を問う。

第 2 問

- 〔1〕基礎化学における物理化学と無機化学の基本事項である「酸塩基の定義と錯体の安定度」の知識を問う。
- 〔2〕基礎化学における無機・分析化学の基礎である「酸の解離と液性の基礎知識と演算力」を問う。

第 3 問

- 機器分析化学における光分析において，光の吸収に関する基礎知識と X 線の発生機構の知識を問う。

第 4 問

- 有機化学の同定及び機器分析に関する基礎知識（元素分析から構造式の決定，及び核磁気共鳴装置の情報から化合物の同定）を問う。

第 5 問

- 〔1〕無機化学の知識として錯体金属の電子配置と錯体の化学的性質を問う。
- 〔2〕分析化学の知識として滴定における化学反応の理解と定量原理を問う。

第 6 問

- 物理化学の基礎知識（熱力学，原子の電子構造）に関する知識を問う。

第 7 問

- 有機化学における基本的な反応，および立体化学／命名法／反応機構に関する知識を問う。