

令和6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)

(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 A（□）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 B（□）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。

受験番号	
------	--

化学 その1

基礎化学（基本事項/有機化学）

第1問 次の〔1〕と〔2〕に答えよ。

〔1〕（基本事項） 炭素原子における混成軌道の一つである sp^2 混成軌道について、炭素原子の電子状態から昇位した状態の電子配置、混成により生成する軌道を、エチレンを例に説明せよ。

--

〔2〕（有機化学） 2,2,2-トリフルオロエタノールの $pK_a = 12.4$ は、エタノールの $pK_a = 16.0$ よりも大きい。この差について説明せよ。

--

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〕と〔2〕に答えよ。ここでは、濃度単位の mol L⁻¹ を M で示す。

〔1〕 次の文章読み、空欄 (a)～(h) に最適なものを解答欄に記せ。

酸塩基の定義として、ブレンステッドの酸塩基とルイスの酸塩基がある。前者では、(a) 供与体を英語で (b) と定義し、後者では (c) 供与体を英語で (d) と定義している。酸の強さを表す pK_a の名称は (e) であり、25 °C (イオン強度 I=0.1) の水溶液中の酢酸の pK_a が 4.56 であるとき解離定数 K_a は (f) (数値) である。希塩酸の pH は、(g) (式) の式で示される。1.0×10⁻⁴ M 塩酸での活量係数は 1.00 なので pH は 4.00 であり、2.0×10⁻¹ M 塩酸での活量係数は 0.77 なので pH は (h) (数値) である。

一定量の 0.10 M Na₂CO₃ (K_{a1}=4.5×10⁻⁷, K_{a2}=4.7×10⁻¹¹) に 0.10 M 塩酸を滴加して pH 滴定曲線を描いた。第1段階の 50%当量点(第1当量点の半当量点)と第2段階の 50%当量点(第2当量点の半当量点)の pH は、それぞれ (i) (数値) 及び (j) (数値) である。

ただし、HA ⇌ H⁺ + A⁻ において
$$pH = pK_a + \log \frac{[A^-]}{[HA]}$$
 である。

(a)		(b)		(c)		(d)		(e)	
(f)		(g)		(h)		(i)		(j)	

〔2〕 1次反応に関連した次の文章を読み、(a)及び(b)に対する答えを解答欄に記せ。

1次反応では、反応速度は反応物質の濃度[A]に定数 k をもって比例することから反応速度（濃度変化速度）は下の式(1)で表される。時刻 0 における A の初濃度を [A]₀ 及び時刻 t における濃度を [A]_t にしたとき、式(1)を時刻 0 から t の間で積分すると速度定数 k が式(2)として求められる。反応が初濃度の半分だけ進行する為に必要な時間を半減期 t_{1/2} と呼ぶ。式(2)を利用して半減期 t_{1/2} を求めることができる。

※反応速度（濃度変化速度）の式(1)を次に示す。

$$-\frac{d[A]}{dt} = k[A] \quad (1)$$

(b) 式(2)から半減期 t _{1/2} を導け	(a) 式(1)から式(2)を導け

小計	点
----	---

受験番号

選択欄 A

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〕～〔3〕に答えよ。

〔1〕黒鉛炉原子吸光分析法の原理と装置の概念図を記せ。

原理

装置の概念図

〔2〕特性エックス線と連続エックス線を含むスペクトルの概略図と発生機構を簡潔に記せ。

スペクトルの概略図

〔3〕分光光度法においてある錯体の $3.07 \times 10^{-6} \text{ mol L}^{-1}$ 水溶液において、 λ_{max} において吸光度 0.3434 を得た。セル長は 50.0 mm であった。モル吸光係数 ϵ を計算過程とともに記せ。

小計

点

受験番号	
------	--

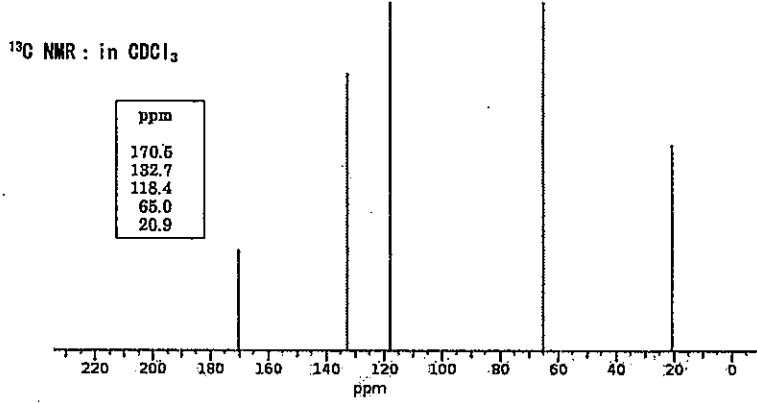
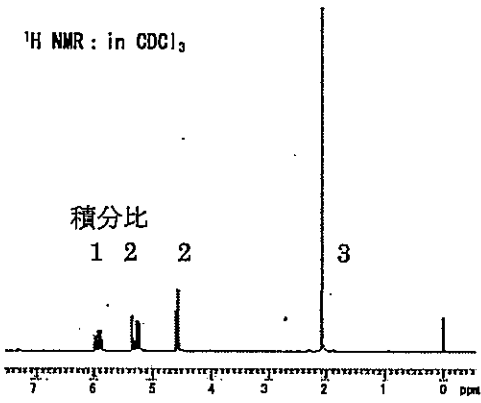
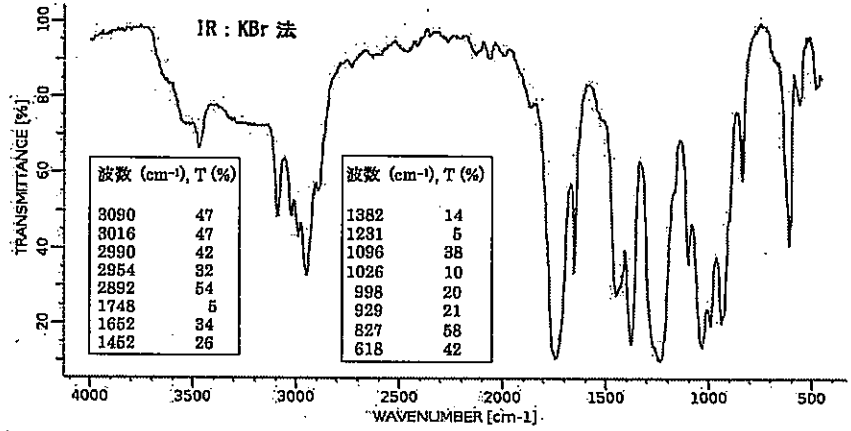
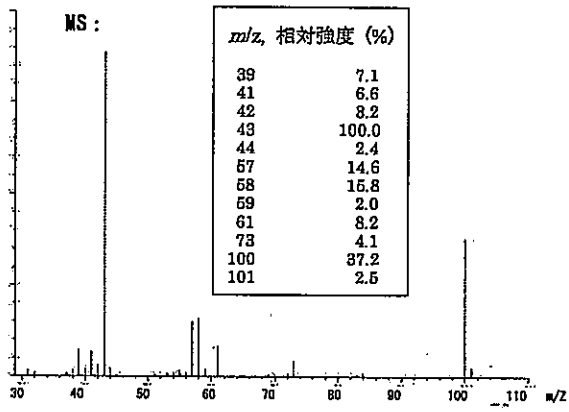
選択欄 A

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 以下に示すスペクトルデータは全て同じ化合物のもので、元素分析によれば炭素 59.98%、水素 8.06%、酸素 31.96%であった。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:

推定される構造:

小計	点
----	---

受験番号

選択欄 B

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 次の文章読み，[1] と [2] に答えよ。

[1] 6配位8面体型の銅(II)錯体では顕著なヤーン・テラー効果が見られる。錯体に正方歪みが生じる場合，歪みの有無でd軌道の分裂の仕方および収容される電子がどのように変化するかエネルギー準位図を作図し，銅(II)錯体にヤーン・テラー効果が生じる理由を説明せよ。

理由	エネルギー準位図
----	----------

[2] 標準状態におけるシュウ酸カルシウムの溶解度に対する塩化ナトリウムの「塩効果」を下の表に示す。このデータから Ca^{2+} の活量係数 f を推定せよ。

NaCl 濃度 mol L^{-1}	0	0.005
シュウ酸カルシウムの溶解度 mmol L^{-1}	0.055	0.082

小計	点
----	---

受験番号

選択欄 B

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〕電池とは化学反応のエネルギーを電気エネルギーに変換するものである。電池の二つの電極における化学反応は、化学種から電子を奪う〔a〕反応と電子を付与する〔b〕反応である。これらを組み合わせたものが〔c〕反応であり、二つの〔b〕半反応の差のかたちで表現することができる。電池の起電力は、二つの電極に関する化学反応を合わせて考えた〔c〕の〔d〕変化に対応している。電池反応に関係するすべての化学種が標準状態にあるとき、その電池の〔e〕は標準電池電位と等しくなる。電池電位と反応混合物の組成を関係づける式が〔f〕であり、電池の起電力と〔c〕の反応比の関係を示している。

(1) a-fに当てはまる語句を示せ。

(2) Co^{2+}/Co と Co^{3+}/Co 対の標準電極電位はそれぞれ-0.28, +1.81 Vである。このとき $\text{Co}^{3+}/\text{Co}^{2+}$ 対の標準電極電位を求めよ。解答にいたるみちすじをしめすこと。

(1)-a	(1)-b	(1)-c
(1)-d	(1)-e	(1)-f
(2) 解答にいたるみちすじ		
標準電極電位 : _____		

〔2〕二次元平面上を環状に周回する粒子に対する波動関数 $\psi(\phi) = N(\cos a\phi + i \sin a\phi)$ を規格化せよ (a: 定数)。解答にいたるみちすじを示すこと。

〔3〕 N_2 と N_2^- のどちらの結合距離が長い。分子オービタルエネルギー準位図について、スピンを考慮した電子配置を記入し、その根拠とともに説明せよ。

根拠

結合が長い化学種 : _____

小計	点
----	---

受験番号

選択欄 B

化学 その7

「その5」、「その6」、「その7」から一問を選択のこと

専門科目 (有機化学)

第7問 次の [1] ~ [3] に答えよ。

[1] 次の分子式をもつ化合物の不飽和度を求め、可能な構造式をすべてかけ。

a. C_3H_6 ; 不飽和度()	b. C_3H_4 ; 不飽和度()	c. C_4H_6 ; 不飽和度()

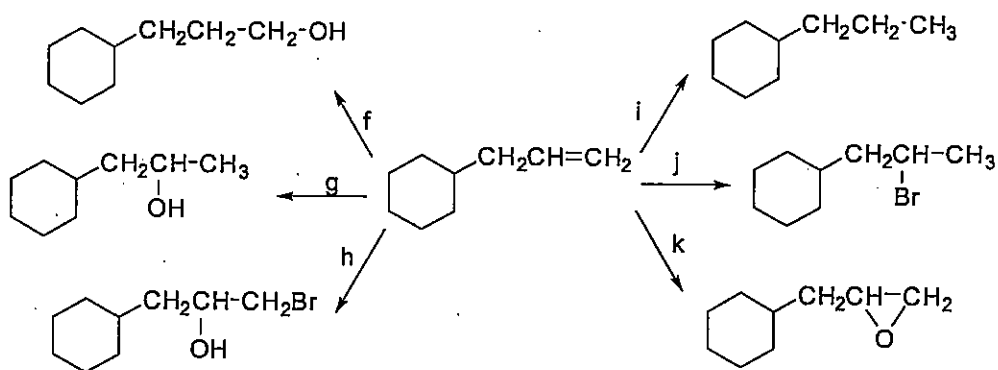
[2] 次の化合物の二つのいす形配座異性体をかけ。ただし、安定な配座を d および e とし、不安定である方を d' および e' とする。

d. *trans*-1-エチル-4-メチルシクロヘキサン

e. *cis*-1-エチル-4-メチルシクロヘキサン

>	>
d d'	e e'

[3] 次の合成を行なうのに必要な反応試剤を記せ。



f		g		h	
i		j		k	

小計	点
----	---