

【応用物質工学専攻】「無機化学」（1／2）

小計

〔共通〕 必要であれば次の数値を使いなさい。

電気素量	$e = 1.602 \times 10^{-19} \text{ (C)}$	アボガドロ数	$N_A = 6.022 \times 10^{23} \text{ (mol}^{-1}\text{)}$	原子量	H=1.0, C=12.0, O=16.0, Na=23.0,
電子質量	$m_e = 9.109 \times 10^{-31} \text{ (kg)}$	プランク定数	$h = 6.626 \times 10^{-34} \text{ (J s)}$		Mg=24.3, S=32.1, Cl=35.5, Cu=63.6,
光速	$c = 2.997 \times 10^8 \text{ (m s}^{-1}\text{)}$	真空の誘電率	$\epsilon_0 = 8.854 \times 10^{-12} \text{ (F m}^{-1}\text{)}$		Zn=65.4

- 1 次の(a)~(b)の語句について 40 文字以上 60 文字以下で簡潔に説明しなさい（5×2=10 点）
（マス目=20×3 行、英数半角文字等は 1 マスに 2 文字相当とすること）

1 の得点

(a) フントの法則 電子は同じエネルギーの軌道に可能な限り別々に入り、スピンの向きを揃えて安定化する規則（42 字）

(b) ランタノイド収縮 La~Lu で原子番号が増すとイオン半径が小さくなること。4f 軌道の遮蔽効果が弱く、核の正電荷の引き付けが強いために起こる（57 字）

- 2 次の文章を読み、以下の問(1)~(4)に答えなさい。（3+3+14+14=34 点）
水素の放電発光から観測された不連続光の波長（ λ ）は、定数 R および整数 n_1, n_2 を含む次式（ $n_1 < n_2$ ）で統一的に整理された。

2 の得点

$$\frac{1}{\lambda} = R \left(\frac{1}{n_1^2} - \frac{1}{n_2^2} \right)$$

ボーアは、水素原子において原子核（電荷+ e ）の周りを電子（電荷- e 、質量 m_e ）が半径 r で速度 v の等速円運動をしており、①遠心力とクーロン力がつり合うという単純な古典力学的モデルを考え、そこに②量子条件を加味することで③水素の原子半径、いわゆるボーア半径を算出した。このモデルから計算された④エネルギー幅は、実験式として得られた上式と一致した。

- (1) 下線部①の力のつり合いを数式で示しなさい。
(2) 下線部②について数式で示しなさい。
(3) 下線部③の半径 r を表す数式を導出し、ボーア半径の値（単位 m）を計算しなさい。
(4) 電子のエネルギー E_n は運動エネルギー $+(1/2)m_e v^2$ とクーロンポテンシャル $-(4\pi\epsilon_0)^{-1}(e^2/r)$ の和である（符号に注意）。
下線部④のエネルギー幅（ ΔE ）を求める数式表現を導き、定数 R の値（単位 m^{-1} ）を求めなさい。

【解答欄】

(1)	$m_e v^2 / r = (4\pi\epsilon_0)^{-1} e^2 / r^2$	(2)	$2\pi r = nh / m_e v$
(3)	（計算過程を明示すること） 前問の二式連立方程式を解き、 $r = \frac{\epsilon_0 h^2}{\pi m_e e^2}$ 定数を代入して計算すると $r = 5.23 \times 10^{-11} \text{ m}$		
(4)	速度 v より総エネルギーを計算し、 $E_n = -\frac{1}{n^2} \frac{m_e e^4}{8\epsilon_0^2 h^2}$ 定数を代入して計算すると $\Delta E = \frac{m_e e^4}{8\epsilon_0^2 h^2} \left(\frac{1}{n_1^2} - \frac{1}{n_2^2} \right)$ $R = \frac{m_e e^4}{8\epsilon_0^2 h^3 c} = 1.1 \times 10^7 \text{ (m}^{-1}\text{)}$		

令和8年度専攻科入学試験学力検査問題（前期）

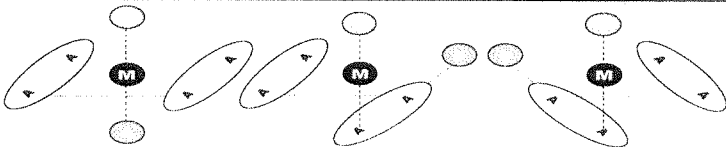
【応用物質工学専攻】「無機化学」（2／2）

小計

3 次の問(1)～(3)に答えなさい。(9×3=27点)

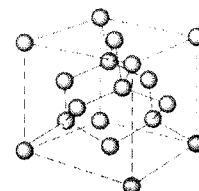
- (1) 0.1 mol の Fe^{2+} イオンを含む酸性水溶液を 3 種の酸化剤 KMnO_4 10 mmol, $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ 10 mmol, H_2O_2 20 mmol で酸化したとき、最も多く Fe^{3+} を生成するのはどれか、理由と共に述べなさい。
- (2) 0.25 mol/L 酢酸水溶液 300 mL と 0.18 mol/L 酢酸ナトリウム水溶液 200 mL を混合した緩衝溶液の pH を計算しなさい。ただし、酢酸の酸解離定数は $K_a=1.76 \times 10^{-5}$ とし、混合による体積変化は無視できるものとする。
- (3) 中心金属 M に対して対称二座配位子 AA と異なる単座配位子 b, c が配位した正八面体型錯体 $[\text{M}(\text{AA})_2\text{bc}]$ の異性体をすべて描きなさい。

【解答欄】

(1)	$\text{MnO}_4^- + 8\text{H}^+ + 5\text{e}^- \rightarrow \text{Mn}^{2+} + 4\text{H}_2\text{O}$ 毎う電子は 50 mmol $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-} + 14\text{H}^+ + 6\text{e}^- \rightarrow 3\text{Cr}^{3+} + 7\text{H}_2\text{O}$ 毎う電子は 60 mmol $\text{H}_2\text{O}_2 + 2\text{H}^+ + 2\text{e}^- \rightarrow 2\text{H}_2\text{O}$ 毎う電子は 40 mmol ゆえに $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$	得点 /9
(2)	(計算過程を明記すること) $[\text{CH}_3\text{COOH}] = 0.25 \times 0.3 / 0.5 = 0.15 \text{ M}$, $[\text{CH}_3\text{COO}^-] = 0.18 \times 0.2 / 0.5 = 0.072 \text{ M}$ $\text{pH} = \text{pK}_a + \log(0.072 / 0.15) = 4.754 - 0.3188 = 4.435$ 答え pH= 4.44	/9
(3)		/9

4 炭素の同素体について次の問(1)～(4)に答えなさい。(5+14+5+5=29点)

- (1) 黒鉛の結晶構造を描き、この構造を形成する 2 種類の化学結合について説明しなさい。
- (2) 右図に示すダイヤモンド構造は格子定数 0.356 nm の立方格子である。ダイヤモンドの理論密度の値(単位 g/cm^3)と、空間充填率(単位%)を計算しなさい。導出過程を明記すること。
- (3) ダイヤモンドが透明であり、黒鉛が不透明である理由を説明しなさい。
- (4) ダイヤモンドが高い熱伝導率を有する理由を説明しなさい。



【解答欄】

(1)	sp ² 混成の強い共有結合からなるグラフェンシートが弱いファンデルワールス力により積層した構造が描けていること；	(3)	自由電子／π電子、による光の吸収。結合の「手」という表現も可。バンド構造に言及してもよい	(1) /5 (2)
(2)	単位格子の C 原子数は $(1/8) \times 8 + (1/2) \times 6 + 1 \times 4 = 8$ 密度は、 $a=0.356 \text{ nm}=3.56 \times 10^{-8} \text{ cm}$ に注意して $\frac{8 \times 12 / N_A}{a^3} = 3.55$ sp ³ 正四面体に着目すると原子半径 r と格子定数 a は $\sqrt{3}a = 8r$ ；充填率は $\frac{8 \times \frac{4}{3} \pi r^3}{a^3} = \frac{\sqrt{3}}{16} \pi = 0.34$ 答え：理論密度 3.55 g/cm^3 ；空間充填率 34 %	(4)	軽元素の強い結合で格子振動が伝わりやすい。フォノン伝導。結晶構造の対称性についても言及することが望ましい。	/14 (3) /5 (4) /5

--

令和 8 年度専攻科入学試験学力検査問題（前期）

【応用物質工学専攻】有機化学（1/2）

総得点

--

小計

--

得点

--

得点

--

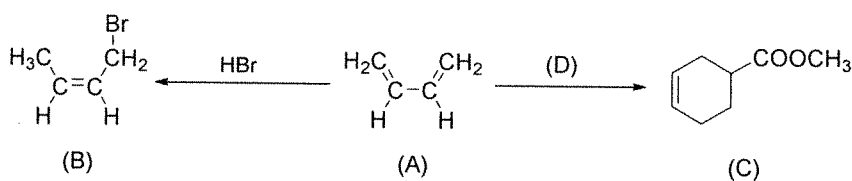
得点

--

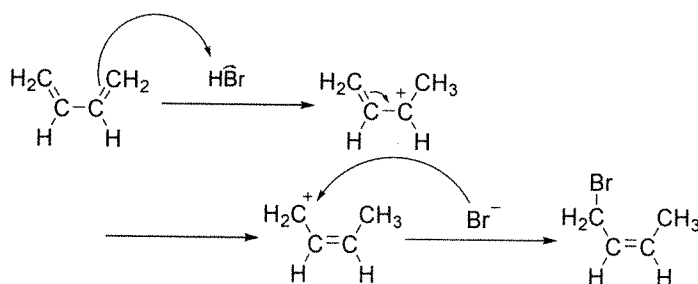
得点

--

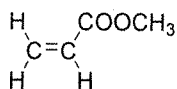
- 1 以下の反応について各問に答えなさい。なお (A) ~ (D) は化合物を示しています。
[29 点]



- ①化合物(A)から化合物(B)を合成する際の反応機構を書きなさい。(13 点)



- ②化合物(A)から化合物(C)への反応に必要な試薬(D)の構造を書きなさい。(8 点)



- ③化合物(A)から化合物(C)への反応について、人名反応の名称を答えなさい。(8 点)
ディールスアルダー反応

- 2 アセチレンはエチレンに比べて pK_a が大きい。その理由を答えなさい。[15 点]

アセチレンは sp 混成炭素、エチレンは sp^2 混成炭素で形成されている。また sp 、 sp^2 混成炭素の s 軌道の割合はそれぞれ 50%, 33%となっている。 s 軌道の割合が多いと $C-H$ 結合の電子を炭素に引き付けやすくなり、そのため酸解離しやすくなるので

令和 8 年度専攻科入学試験学力検査問題（前期）

【応用物質工学専攻】有機化学（2/2）

小 計

3 (R)-2-ブロモブタンから(S)-2-ブタノールを合成したい。次の問いに答えなさい。

①最適な反応剤と、その試薬を選んだ理由を答えなさい。[38 点]

最適な反応剤(6 点)

NaOH

得 点

理由(13 点) (R)-2-ブロモブタンの S_N2 反応で、(S)-2-ブタノールが得られる。この反応では、

ブロモ基とヒドロキシ基の置換反応とワルデン反転による(S)-体の生成が同時におこる。

この反応は OH 基を持つ強い求核剤を用いることで起こるため、NaOH を用いる。

得 点

②この反応における最適な溶媒を以下の 2 つの選択肢から選び、その理由を答えなさい。

選択肢 (a)エタノール (b)ジメチルスルホキシド

最適な溶媒(6 点)

(b)

得 点

理由(13 点) エタノールはプロトン性極性溶媒、ジメチルスルホキシドは非プロトン性極性

溶媒である。この反応では S_N2 反応を利用するため、求核剤に影響を与えにくく陽イオンを

溶媒和するジメチルスルホキシドを用いると最適である。なお、エタノールは求核剤を溶媒

和して反応を阻害するため適切でない。

得 点

4 分子式 $C_5H_{12}O$ をもつ構造異性体は全部で 12 個存在する。次の問いに答えなさい。ただし、光学異性体は構造異性体の個数に含めないものとする。[18 点]

①アルコールを持つ構造異性体は何個存在するか。(6 点)

8 個

得 点

②不斉炭素を持つ構造異性体は何個存在するか。(6 点)

3 個

得 点

③アルコールの他にどのような官能基を持つ構造異性体があるか答えなさい。(6 点)

エーテル

得 点

--

令和8年度専攻科入学試験学力検査問題（前期）

【応用物質工学専攻】「物理化学」（1／2）

総得点

--

小計

--

1 次の(①)～(⑪)の空欄に適切な語を入れなさい。（44点，4点×11）

- (1) 注目する系に存在する様々なエネルギー形態の合計は(①)エネルギーとよばれる。仕事や熱はエネルギーの移動形式であり，どちらも系に入れたり，出したりすることができる。系と(②)の間で，ものの出入りがなく，仕事や熱といったエネルギーの出入りがある系は(③)系とよばれ，この系において，エネルギーの出入りにより，系の状態が状態 A から状態 B に変化したとき，(④)法則から，状態 A と状態 B の(①)エネルギー差は状態 A と状態 B とだけに関係し，両者の間の道筋にはよらない，となる。系を分割した各部分の(①)エネルギーの和はもとの系の(①)エネルギーに等しいことから，(①)エネルギーは(⑤)の性質がある。

<解答欄> (解答例)

② : 内部 , ② : 外界 , ③ : 閉鎖 , ④ : 熱力学第一 , ⑤ : 示量性

- (2) (⑥)溶液とは，全組成領域において(⑦)の法則にしたがう仮想的な溶液のことである。また，(⑧)溶液とは，その(⑨)を(⑦)の法則，(⑩)を(⑪)の法則で表せる溶液のことである。

<解答欄> (解答例)

⑥ : 理想 , ⑦ : ラウール , ⑧ : 理想希薄 , ⑨ : 溶媒 , ⑩ : 溶質
⑪ : ヘンリー

2 気体定数は $8.314 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$ ，ファラデー定数は 96490 C mol^{-1} ，298.15 Kでの標準電位 (E°) は， $\text{Cl}_2 + 2\text{e}^- \rightarrow 2\text{Cl}^-$ ($E^\circ = +1.36 \text{ V}$)， $\text{Ag}^+ + \text{e}^- \rightarrow \text{Ag}$ ($E^\circ = +0.80 \text{ V}$)， $\text{AgCl} + \text{e}^- \rightarrow \text{Ag} + \text{Cl}^-$ ($E^\circ = +0.22 \text{ V}$)， $2\text{H}^+ + 2\text{e}^- \rightarrow \text{H}_2$ ($E^\circ = 0 \text{ V}$) である。次の各問いに答えなさい。（16点＝8点×2）

- (1) 298.15 Kにおける $\text{Pt(s)} | \text{H}_2(\text{g}) | \text{HCl(aq)} | \text{AgCl(s)} | \text{Ag(s)}$ の電池の電位を求めなさい。

<解答>

右側の半電池反応は $\text{AgCl} + \text{e}^- \rightarrow \text{Ag} + \text{Cl}^-$ なので $E_R = 0.22 \text{ V}$

左側の半電池反応は $2\text{H}^+ + 2\text{e}^- \rightarrow \text{H}_2$ なので $E_L = 0 \text{ V}$

よって、 $\Delta E = E_R - E_L = 0.22 - 0 = +0.22 \text{ V}$

- (2) 半反応 ($2\text{H}^+ + 2\text{e}^- \rightarrow \text{H}_2$) の310.0 K，pH=7のときの電位を求めなさい。

<解答>

$E = E^\circ + (RT/2F) \ln[\text{H}^+]^2$ なので、

$= 0 + (8.314 \times 310.0 / 96490) \times \ln 10^{-7} = -0.43053 \dots \text{ V}$ よって -0.4305 V

令和8年度専攻科入学試験学力検査問題（前期）

【応用物質工学専攻】「物理化学」（2／2）

小計

3 Mg(OH)₂の溶解度積は 1.8×10^{-11} である。次の各問いに答えなさい。（16点＝8点×2）

(1) 水に対する水酸化マグネシウム(Mg(OH)₂)のモル溶解度を求めなさい。

得点

<解答>

$\text{Mg(OH)}_2 \rightleftharpoons \text{Mg}^{2+} + 2\text{OH}^-$ $[\text{Mg}^{2+}] = s$ とおくと、 $[\text{OH}^-] = 2s$ なので

$K_s = [\text{Mg}^{2+}][\text{OH}^-]^2 = 4s^3$ よって、 $s = ((1/4) \cdot 1.8 \times 10^{-11})^{1/3} = 1.650... \times 10^{-4}$

よって、求めるモル溶解度は $1.7 \times 10^{-4} \text{ mol dm}^{-3}$ 。

(2) 0.30 mol dm^{-3} のNaOH水溶液に対するMg(OH)₂のモル溶解度を求めなさい。

得点

<解答>

共通イオンがあるので、 $[\text{OH}^-] = 0.30$ である。 $K_s = [\text{Mg}^{2+}][0.30]^2 = 1.8 \times 10^{-11}$

$[\text{Mg}^{2+}] = 2.0 \times 10^{-10} \text{ mol dm}^{-3}$ よって、求めるモル溶解度は $2.0 \times 10^{-10} \text{ mol dm}^{-3}$ 。

4 グリシン (NH₂CH₂COOH) のα-COOHのpK_aは2.34, α-NH₃のpK_aは9.60である。次の各問いに答えなさい。（24点＝8点×3）

(1) $1.00 \times 10^{-2} \text{ mol dm}^{-3}$ の水溶液のpHを求めなさい。

得点

<解答>グリシン (⁺NH₃CH₂COOH) をGlyH⁺と書く

平衡表は GlyH⁺ Gly Gly⁻ H₃O⁺ 解離定数の式と平衡表より

初濃度 0 0.01 0 0 $[0.01-x-y][y-x]/[x] = 10^{-2.34}$ ①

濃度変化 +x -x-y +y y-x $[y][y-x]/[0.01-x-y] = 10^{-9.60}$ ②

平衡濃度 x 0.01-x-y y y-x ①の分子=0.01y-0.01x-xy+x²-y²+xy

($x10^{-2.34}$ 、 x^2 、 y^2 が他の項より非常に小さいので、 $0 \sim 0.01y-0.01x$ となり、 $x \sim y$ となる…③)

①×②より $(x/y)[\text{H}_3\text{O}^+]^2 = 10^{-11.94}$ ③より $[\text{H}_3\text{O}^+] \sim 10^{-5.97}$ よって pH=5.97

(2) グリシンのイオン化状態は⁺NH₃CH₂COOH, ⁺NH₃CH₂COO⁻, NH₂CH₂COO⁻の3種類である。⁺NH₃CH₂COO⁻の状態が99.9%以上のときのpHの範囲を求めなさい。

得点

<解答>

酸解離定数の式で 99.9%、0.1%を入れればよいのでα-COOHのpK_aから pH≥5.34

α-NH₃のpK_aから pH≤6.60 よって、 $5.34 \leq \text{pH} \leq 6.60$

(3) (1)の溶液に $1.00 \times 10^{-2} \text{ mol dm}^{-3}$ のHCl水溶液を加えたとき、横軸を加えた水溶液の体積、縦軸をpHとしたときの概略図を記しなさい。図中にはpH=pK_aのときの様子がわかるように記すこと。

得点

<解答>

