

大問 I

ハロゲン元素とその化合物であるホタル石を題材として、ハロゲン元素の化学的性質、結晶構造、配位数、物質質量など、無機化学に関する基本的な知識と理解力を問う。

I (解答例)

問 1	ア	有色	イ	有毒	ウ	共有結合			
	エ	イオン結合	オ	弱酸性	カ	強酸性			
問 2	フッ素 > 塩素 > 臭素 > ヨウ素								
問 3	A	HF	B	HI	C	HBr	D	HCl	
	分子間に水素結合を形成するため。								
問 4	(1)	面心立方格子			(2)	Cu, Ag, Al			
	(3)	Ca ²⁺ の個数	4			Ca ²⁺ の配位数	8		
		F ⁻ の個数	8			F ⁻ の配位数	4		
問 5	(1)	<p>(計算)</p> <p>CaF₂の分子量は78.0である。単位格子中にCa²⁺が4個、Fイオンが8個存在し、CaF₂は4分子存在する。 (体積) = (質量) ÷ (密度) = ((4/6.02 × 10²³) × 78.0) ÷ 3.2 = 1.62 × 10⁻²²</p> <p style="text-align: right;">答 <u>1.6 × 10⁻²² cm³</u></p>							
	(2)	<p>(計算)</p> <p>一辺が a/2 (cm) の立方体の対角線は 2d (cm) である。よって、$a/2 \times \sqrt{3} = 2d$、つまり、$d = \sqrt{3}/4 a$ あるいは、$\sqrt{3} = 1.7$ であるので、$d = 0.43a$</p> <p style="text-align: right;">答 <u>$\sqrt{3}/4 a$ cm</u></p>							
	(3)	<p>(計算)</p> <p>一辺が a の単位格子の体積は $a^3 = 1.6 \times 10^{-22} \text{ cm}^3$ と表される。つまり、 $d = \sqrt{3}/4 \times \sqrt[3]{1.6 \times 10^{-22}} = \sqrt{3}/4 \times (\sqrt[3]{8 \times 20} \times \sqrt[3]{10^{-24}}) = \sqrt{3}/2 \times \sqrt[3]{20} \times 10^{-8} = 1.7/2 \times 2.7 \times 10^{-8} = 2.3 \times 10^{-8} \text{ cm}$</p> <p style="text-align: right;">答 <u>$2.3 \times 10^{-8} \text{ cm}$</u></p>							
問 6	(1)	<chem>CaF2 + H2SO4 -> CaSO4 + 2HF</chem> ↑							
	(2)	<p>(計算)</p> <p>CaF₂ 10.0 g = 10.0 / 78.0 = 0.128 mol を溶かすのに必要な硫酸は 0.128 × 98.0 = 12.5 g 元の硫酸の質量パーセント濃度は 98.0 % なので 12.5 / 0.980 = 12.8 g</p> <p style="text-align: right;">答 <u>12.8 g</u></p>							
	(3)	<p>(計算)</p> <p>発生する HF は 0.256 mol = 0.256 × 20.0 = 5.12 g である。 これを 200 mL の純水に溶かした場合、$5.12 / (200 + 5.12) \times 100 = 2.50 \%$</p> <p style="text-align: right;">答 <u>2.50 %</u></p>							

大問Ⅱ

水酸化ナトリウムに焦点を当てて、その性質、電気分解による製法とファラデーの法則、金属イオンとの反応、けん化によるセッケンの生成、フェノールとの反応、および弱酸の遊離についての理解度を問う。

II

問 1	ア	純水	イ	飽和塩化ナトリウム水溶液
問 2	(陰極) $2\text{H}_2\text{O} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{H}_2\uparrow + 2\text{OH}^-$		(陽極) $2\text{Cl}^- \rightarrow \text{Cl}_2\uparrow + 2\text{e}^-$	
問 3	ウ	⑤		
問 4	<p>(考え方) 問2の2式を合わせて両辺に 2Na^+ を加えると、このイオン交換膜法における化学変化は $2\text{H}_2\text{O} + 2\text{NaCl} \xrightarrow{2\text{e}^-} \text{H}_2 + \text{Cl}_2 + 2\text{NaOH}$ と表せる。つまり、e^- が 1 mol 流れると 1 mol の H_2O が反応して 1 mol の NaOH が生成するので、流れる電子の物質量を x mol とすると、題意より、$\text{溶質}/\text{溶媒} = x [\text{mol}] / (2.00 - 18x/1000) [\text{kg}] = 3.00 \times 10^{-2} [\text{mol}/\text{kg}]$ である。これを解くと $x \approx 6.00 \times 10^{-2} [\text{mol}]$。流れる電流を y [A] とすると $[A] = [C] / [s]$ から、$y [\text{A}] = (6.00 \times 10^{-2} [\text{mol}] \times 9.65 \times 10^4 [\text{C}/\text{mol}] / 60 [\text{s}])$ と計算されるので、$y = 96.5 [\text{A}]$ と求められる。</p> <p style="text-align: right;">答 <u>96.5 A</u></p>			
問 5	潮解	問 6	(反応式) $2\text{NaOH} + \text{CO}_2 \rightarrow \text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{H}_2\text{O}$	(現象名) 風解
問 7	(化学式) $\text{Pb}(\text{OH})_2$	(色) 白色	問 8	テトラヒドロキシドアルミン酸イオン
問 9	エ	酸	オ	塩基
問 10	カ	塩基	ク	塩基
問 11	<p>洗浄作用をもつ脂肪酸イオンは海水中の Mg^{2+} や Ca^{2+} と下記のように反応する。生じた塩はどちらも水に溶けにくくて沈殿するために脂肪酸イオンが減り、洗浄作用が低下する。</p> <p>$2\text{RCOO}^- + \text{Mg}^{2+} \rightarrow (\text{RCOO})_2\text{Mg} \downarrow$, $2\text{RCOO}^- + \text{Ca}^{2+} \rightarrow (\text{RCOO})_2\text{Ca} \downarrow$</p> <p>(考え方) グリセリン, リノール酸, 水の分子量はそれぞれ 92, 280, 18 より、この油脂の分子量は $92 + 280 \times 3 - (18 \times 3) = 878$ と算出される。この油脂の物質量は $95 / 878 \text{ mol}$ であり、油脂 1 mol をけん化するのに必要な NaOH (式量=40) は 3 mol なので、 $95 / 878 [\text{mol}] \times 3 \times 40 [\text{g}/\text{mol}] \approx 13.0$</p> <p style="text-align: right;">答 <u>13 g</u></p>			
問 12	$\text{C}_6\text{H}_5\text{ONa} + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \longrightarrow \text{C}_6\text{H}_5\text{OH} + \text{NaHCO}_3$			
問 13	(1)	サリチル酸	(2)	弱酸

大問 III

様々な官能基を有する有機化合物に関する基礎知識を問いつつ、反応生成物の量および構造を推定させることで、化学的な思考力を問う。

大問Ⅳ

核酸とタンパク質に関する基本的な知識を理解しているか、化学に関わる計算能力を有しているかを問う。また、与えられた実験結果を含む情報を読み取って、化合物の正しい構造を推定する能力を問う。

IV

問 1	ア	糖	イ	リン酸	ウ	ヌクレオチド
	エ	デオキシリボース	オ	リボース	カ	水素
	キ	アミド				
問 2	(1)	シトシン		(2)	グアニン	
問 3	(1)	L体		(2)	イ	
問 4		<p>(計算)</p> <p>2つの電離定数をK_1, K_2とし,K_1とK_2をかけると$[\text{CH}_3\text{CH}(\text{NH}_2)\text{COO}^-][\text{H}^+]^2/[\text{CH}_3\text{CH}(\text{NH}_3^+)\text{COOH}]$となる。</p> <p>等電点では$[\text{CH}_3\text{CH}(\text{NH}_2)\text{COO}^-] = [\text{CH}_3\text{CH}(\text{NH}_3^+)\text{COOH}]$となることから$K_1 \times K_2 = [\text{H}^+]^2$。</p> <p>(1) アラニンの等電点はpH 6.0なので</p> $1.0 \times 10^{-2.3} \times X[\text{mol/L}] = (1.0 \times 10^{-6})^2$ $X = 1.0 \times 10^{-9.7}$ <p style="text-align: right;">答 $1.0 \times 10^{-9.7}$ mol/L</p>				
	(2)	$^+\text{H}_3\text{N}-\underset{\text{CH}_2-(\text{CH}_2)_3-\text{NH}_3^+}{\text{CH}}-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{OH}$				
問 5	ビウレット反応			問 6	チロシン	
問 7	アスパラギン酸			問 8	イソロイシン	
問 9	Ala-Ile-Tyr-Asp-Cys-Lys-Gly					
問 10	ペプチドA	768		ペプチドD	202	