

令和6年度入学試験（後期日程）

化学

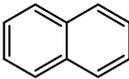
出題意図及び解答例

問題 1

出題意図

無機物質の分野からハロゲンについての基礎的な知識を問うた。また、ハロゲンの単体とその化合物の酸化還元反応を取り上げ、酸化還元反応についての基礎的な知識や、定量的な理解度を問うた。

解答例

(1)	ア	共有あるいは単	イ	淡黄	ウ	黄緑
	エ	気体	オ	液体	カ	黒紫
	キ	フッ化水素酸・フッ酸	ク	弱酸		
(2)	(a)	略				
	(b)	CO ₂ , H ₂ O, C ₁₀ H ₈ あるいは				
(3)	②	2F ₂ + 2H ₂ O → 4HF + O ₂				
	③	SiO ₂ + 6HF → H ₂ SiF ₆ + 2H ₂ O				
(4)	酸化剤： Br ₂			還元剤： KI または I ⁻		
(5)	(a)	ホールピペット		(b)	H ₂ O ₂ + 2H ⁺ + 2e ⁻ → 2H ₂ O	
	(c)	H ₂ O ₂ + 2KI + H ₂ SO ₄ → 2H ₂ O + I ₂ + K ₂ SO ₄ あるいは H ₂ O ₂ + 3KI + H ₂ SO ₄ → 2H ₂ O + KI ₃ + K ₂ SO ₄				
	(d)	2Na ₂ S ₂ O ₃ + I ₂ → Na ₂ S ₄ O ₆ + 2NaI あるいは 2Na ₂ S ₂ O ₃ + KI ₃ → Na ₂ S ₄ O ₆ + 2NaI + KI				
	(e)	計算過程：略		答： 2.50 × 10 ⁻² mol/L		

※記述問題の正答例は開示していません。

問題 2

意図

エステルの加水分解を取り上げ、反応速度に関する基礎的な知識と計算能力を問うた。実験結果をもとに平均反応速度が求められるか、また、反応速度に及ぼす温度や触媒の影響を理解しているかについて問うた。

解答例

(1)	$\text{CH}_3\text{COOC}_2\text{H}_5 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CH}_3\text{COOH} + \text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$	
(2)	略	
(3)	計算過程：略	答： 1.0×10^2 mL
(4)	計算過程：略	答： 6.4×10^{-1} mol/L
(5)	計算過程：略	答： 3.2×10^{-4} mol/(L・s)
(6)	イ	

※記述問題の正答例は開示していません。

問題 3

意図

アルコールとその誘導体を題材として、それらの製法、および構造と化学的性質の関係について問うた。また、実験結果から得られる情報、および関連する計算問題を課することで、生じた化学現象を正確に理解できているかを問うた。

解答例

(1)	略		
(2)	化合物名： ヨードホルム		示性式： CHI_3
(3)	化合物 A	化合物 B	化合物 C
	化合物名： プロピオンアルデヒド・ (プロピルアルデヒド等 も可) $\text{CH}_3-\text{CH}_2-\underset{\text{O}}{\underset{\parallel}{\text{C}}}-\text{H}$	化合物名： 2-プロパノール・ (イソプロピルアル コール等も可) $\text{CH}_3-\underset{\text{OH}}{\underset{ }{\text{CH}}}-\text{CH}_3$	化合物名： アセトン・ (ジメチルケトン 等も可) $\text{CH}_3-\underset{\text{O}}{\underset{\parallel}{\text{C}}}-\text{CH}_3$
(4)	計算過程：略	二酸化炭素の質量：99 mg	水の質量：54 mg
(5)	$2 \text{CH}_3-\underset{\text{OH}}{\underset{ }{\text{CH}}}-\text{CH}_3 + 2 \text{Na} \longrightarrow 2 \text{CH}_3-\underset{\text{ONa}}{\underset{ }{\text{CH}}}-\text{CH}_3 + \text{H}_2$		
(6)	化合物 D の構造式： $\begin{array}{c} \text{CH}_3 & & \text{H} \\ & \diagdown & / \\ & \text{C}=\text{C} & \\ & / & \diagdown \\ \text{H} & & \text{H} \end{array}$		
(7)	化合物名： シクロプロパン・トリメチレン	構造式： $\begin{array}{c} \text{CH}_2 \\ \\ \text{CH}_2 \end{array} \text{CH}_2$	

※記述問題の正答例は開示していません。

問題 4

意図

身近な合成高分子化合物であるナイロン、ビニロンを例とし、基本的な高分子化合物に関する幅広い知識の理解を、また、計算問題により高分子化合物の構造や反応についての理解度および計算能力を問うた。

解答例

(1)	ア	縮合	イ	開環	ウ	付加	エ	けん化 (加水分解)
(2)	①	$\text{H} \left[\begin{array}{c} \text{N}-(\text{CH}_2)_6-\text{N}-\text{C}-(\text{CH}_2)_4-\text{C} \\ \quad \quad \quad \\ \text{H} \quad \text{H} \quad \text{O} \quad \text{O} \end{array} \right]_n \text{OH}$				②	$\text{H} \left[\begin{array}{c} \text{N}-(\text{CH}_2)_6-\text{C} \\ \quad \\ \text{H} \quad \text{O} \end{array} \right]_n \text{OH}$	
	③	$\begin{array}{c} \text{CH}_2 \diagdown \text{CH}_2 \cdot \text{CH}_2 - \text{NH} \\ \quad \quad \quad \\ \text{CH}_2 \diagup \text{CH}_2 \cdot \text{CH}_2 - \text{C} = \text{O} \end{array}$				④	$\begin{array}{c} \text{H} \quad \quad \text{H} \\ \diagdown \quad \diagup \\ \text{C} = \text{C} \\ \diagup \quad \diagdown \\ \text{H} \quad \quad \text{O} - \text{C} - \text{CH}_3 \\ \quad \quad \quad \\ \quad \quad \quad \text{O} \end{array}$	
(3)	略							
(4)	計算過程：略 ナイロン 66 の平均分子量： 1.2×10^5				計算過程：略 アミド結合の平均個数： 1.1×10^3 個			
(5)	反応名： アセタール化あるいはホルマール化							
	略							
(6)	計算過程：略				生成したビニロンの重量： 10.4 g			

※記述問題の正答例は開示していません。

【問題冊子】

●問題訂正

1 ページ（表紙）下段枠内

（誤）原子量 H : 1.00 C : 12.0 O : 16.0 Cl : 35.5

（正）原子量 H : 1.00 C : 12.0 N : 14.0 O : 16.0 Cl : 35.5

4 ページ ① 問題文 1 行目

（誤）第 17 族

（正）17 族

4 ページ ① 下線部⑧

（誤）⑧ ユニカルビーカーA……を滴下し、 褐色が薄くなったところ

（正）⑧ ユニカルビーカーA……を滴下し、褐色が薄くなったところ

●補足説明

6 ページ ② 問題文 6 行目「…ものとする。」の後に追加

ただし、混合前の酢酸エチル水溶液は、完全に溶解しているものとみなす。
また、酢酸エチルと NaOH との反応は無視できるものとする。

令和 6 年度入学試験問題

化 学

注 意 事 項

1. この問題冊子は、試験開始の合図があるまで開いてはいけません。
2. 解答用紙は問題冊子とは別になっています。解答はすべての解答用紙の指定されたところに記入しなさい。それ以外の場所に記入された解答は、採点の対象となりません。解答用紙は 4 枚あります。
3. 本学の受験番号をすべての解答用紙の指定されたところへ正しく記入しなさい。氏名を書いてはいけません。
4. この問題冊子は、表紙を含めて 12 ページあります。問題は 4 ページから 10 ページにあります。ページの落丁・乱丁及び解答用紙の汚れ等に気付いた場合は、監督者に申し出なさい。
5. 問題冊子の余白等は適宜利用しても構いませんが、どのページも切り離してはいけません。
6. この問題冊子は持ち帰りなさい。

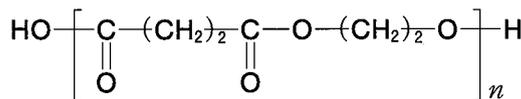
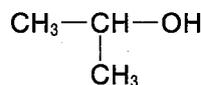
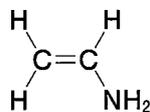
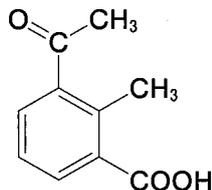
問題の解答に必要なならば、以下の数値を用いなさい。

原子量 H : 1.00 C : 12.0 O : 16.0 Cl : 35.5

気体定数 $R = 8.3 \times 10^3 \text{ Pa} \cdot \text{L} / (\text{K} \cdot \text{mol})$

化合物の構造式を答える場合には、記入例にならって示しなさい。

(記入例)



1 次の文章を読み、設問(1)~(5)に答えよ。

元素の周期表の第17族に属するフッ素、塩素、臭素、ヨウ素はハロゲンとよばれる。ハロゲンの単体はいずれも(ア)結合からなる二原子分子であり、常温での色と状態は、フッ素が(イ)色の気体、塩素が(ウ)色の(エ)、臭素が赤褐色の(オ)である。ヨウ素の単体は常温で(カ)色の①分子結晶の固体であり、昇華性をもつ。

①ハロゲンの単体はいずれも酸化力がある。フッ素の単体は酸化力が最も強く、②水と激しく反応するとフッ化水素が生成する。フッ化水素の水溶液は(キ)とよばれ、ほかのハロゲン化水素の水溶液と異なり(ク)性を示す。(キ)は③ガラスの主成分である二酸化ケイ素を溶かすため、つや消しガラスの製造などに用いられる。

④ヨウ化カリウム水溶液に臭素水を加えると、ヨウ素の単体が遊離して褐色の水溶液になる。この反応は酸化還元反応であり、酸化力が弱い方の単体が遊離する。続いて、ヨウ素がヨウ化物イオンになるような反応を起こさせると、水溶液は無色になる。このとき、デンプンを加えると、水溶液中にヨウ素があれば青紫色になるので、色の変化がさらにわかりやすくなる。この色の変化を利用して⑤水溶液中の物質の濃度を決定する酸化還元滴定はヨウ素滴定とよばれる。

(1) 空欄(ア)~(ク)にあてはまる適切な語句を答えよ。

(2) 下線部①について、以下の問い(a)と(b)に答えよ。

(a) 分子結晶とはどのような結晶か、40字以内で説明せよ。

(b) 以下の物質のうち、分子結晶になりうるものはどれか。すべて選び、化学式で答えよ。

[選択肢：酸化マグネシウム・二酸化炭素・塩化ナトリウム・ナフタレン
・水・二酸化ケイ素]

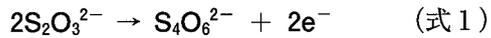
(3) 下線部②と③の反応を化学反応式で示せ。

(4) 下線部④の反応において、酸化剤および還元剤としてはたらく物質を化学式で示せ。

(5) 下線部⑤の方法により、過酸化水素水の濃度を求めるため、次の実験を行った。これについて、以下の問い(a)~(e)に答えよ。

⑥未知の濃度の過酸化水素水 25.00 mL を量りとしてコニカルビーカー A に入れ、希硫酸を加えて酸性とした後、⑦過剰量のヨウ化カリウム水溶液を加えたところ、水溶液が褐色に変化した。続いて、ビュレットに 0.100 mol/L のチオ硫酸ナトリウム($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$)水溶液を満たした。このとき、ビュレットの目盛りの読みは 1.57 mL であった。⑧コニカルビーカー A の水溶液中にチオ硫酸ナトリウム水溶液を滴下し、褐色が薄くなったところでデンプン水溶液を加えると青紫色になった。さらに⑨チオ硫酸ナトリウム水溶液を滴下して青紫色が消失したところを滴定の終点とした。

- (a) 下線部⑥では、過酸化水素水を正確に量りとる必要がある。過酸化水素水を量りとるのに用いる最も適切なガラス器具の名称を答えよ。
- (b) 下線部⑦の反応では、過酸化水素は酸化剤としてはたらく。過酸化水素の反応を、電子 e^- を含むイオン反応式で示せ。
- (c) 下線部⑦の反応を化学反応式で示せ。
- (d) 下線部⑧の反応では、チオ硫酸イオンは(式1)のように変化する。下線部⑧の反応を化学反応式で示せ。



- (e) 下線部⑨の滴定の終点におけるビュレットの目盛りの読みは 14.07 mL であった。過酸化水素水のモル濃度は何 mol/L か、有効数字 3 桁の数値で求めよ。計算過程も示せ。ただし、滴定の終点において、チオ硫酸ナトリウムとヨウ素は過不足なく反応しているものとする。

2 次の文章を読み、設問(1)～(6)に答えよ。

エステル的一种である 酢酸エチル $\text{CH}_3\text{COOC}_2\text{H}_5$ の加水分解は、エステルに希硫酸や希塩酸を加えて加熱することで進行する。このとき、酢酸エチルに対して水が大過剰に存在すれば、水の濃度は一定とみなすことができ、反応速度 v は比例定数を k として以下の式で表される。

$$v = k[\text{CH}_3\text{COOC}_2\text{H}_5]$$

加水分解の速度を調べるために、以下の(i)～(vi)の手順で実験を行ったところ、表1の結果を得た。なお、混合や反応による体積変化および加水分解の逆反応は無視できるものとする。

- (i) 濃塩酸を純水で希釈して、濃度が 1.00 mol/L の希塩酸を 1.20 L 調製した。
- (ii) (i)の希塩酸 900 mL が入った三角フラスコと酢酸エチル水溶液 100 mL が入った三角フラスコを、それぞれ水温を一定にした水槽(恒温槽)に浸して温度が一定になるまで加熱した。
- (iii) (ii)の希塩酸と酢酸エチル水溶液を混合し、恒温槽に戻した。
- (iv) 混合直後(反応時間 0 秒)に、反応溶液を 5.0 mL 量りとり、水が 100 mL 入ったコニカルビーカーに注ぎ、pH 指示薬を加えた。これを 0.10 mol/L の水酸化ナトリウム(NaOH)水溶液で滴定した。
- (v) 反応開始後 300 秒と 600 秒経過したとき、(iv)と同様の操作を行い、滴定を行った。
- (vi) 酢酸エチルが完全に加水分解した反応溶液 5.0 mL を中和するのに要した NaOH 水溶液の滴下量は 77.0 mL であった。

表1 反応時間と採取した反応溶液を中和するのに要した NaOH 水溶液の滴下量

反応時間[秒]	0	300	600
NaOH 水溶液の滴下量[mL]	45.0	52.6	57.4

- (1) 下線部①の反応を化学反応式で示せ。
- (2) 下線部②における酸の役割を 10 字以内で答えよ。
- (3) 下線部③で、希釈前の濃塩酸の質量パーセント濃度が 36.5 %、密度が 1.20 g/cm^3 の場合、濃度 1.00 mol/L の希塩酸を 1.20 L 調製するために量り取った濃塩酸の体積は何 mL か、有効数字 2 桁の数値で求めよ。計算過程も示せ。
- (4) 反応時間 0 秒のとき、反応溶液中の酢酸エチルのモル濃度は何 mol/L か、有効数字 2 桁の数値で求めよ。計算過程も示せ。
- (5) 反応時間 300 秒から 600 秒の間における反応溶液中の酢酸エチルの加水分解反応の平均反応速度は何 mol/(L·s) か、有効数字 2 桁の数値で求めよ。計算過程も示せ。

- (6) 下線部①の反応は、反応熱がほぼ0の反応として知られている。図1の実線は、反応溶液を中和するのに要した NaOH 水溶液の滴下量と反応時間との関係を表したものである。この反応を、恒温槽の温度を上げて行ったとき、グラフはどのように変わると予想されるか、最も近いものを図1の点線ア～カの中から一つ選べ。

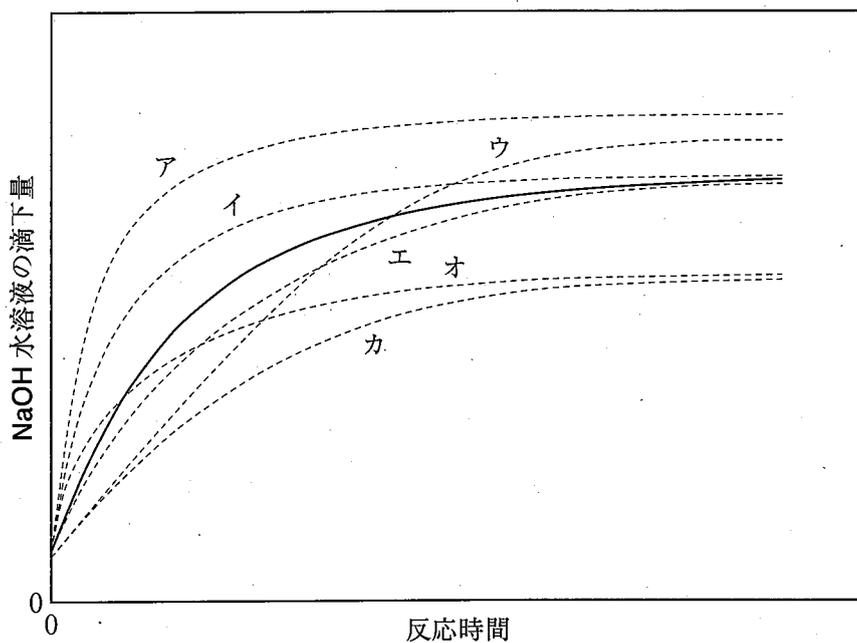


図1 反応溶液を中和するのに要した NaOH 水溶液の滴下量と反応時間との関係

3 次の文章を読み、設問(1)～(7)に答えよ。

化合物 A, B, C は、炭素、水素、酸素からなる有機化合物であり、分子内の炭素原子の数は 3、酸素原子の数は 1、炭素原子間の結合はすべて単結合であることが分かっている。それぞれの化合物を別々の試験管に入れ、以下の実験を行った。

- 【実験 1】 アンモニア性硝酸銀水溶液を加えて加熱したところ、化合物 A の入った試験管だけ内壁が鏡のようになった。
- 【実験 2】 水酸化ナトリウム水溶液とヨウ素を加えて加熱したところ、化合物 B と化合物 C では、特有の臭気をもつ黄色沈殿が生じた。
- 【実験 3】 金属ナトリウム片を加えたところ、化合物 B だけ気体が発生した。
- 【実験 4】 化合物 B に硫酸酸性の二クロム酸カリウム水溶液を加えて加熱したところ、化合物 C が生じた。
- 【実験 5】 化合物 B に濃硫酸を加えて 170℃ で加熱したところ、主生成物として化合物 D が生じた。

- (1) 実験 1 から化合物 A はどのような化学的性質をもつと言えるか、試験管内でおきた化学的変化とあわせて、40 字以内で答えよ。
- (2) 実験 2 で生じた沈殿物について、化合物名と示性式の両方を答えよ。
- (3) 実験 1～4 の結果から、化合物 A, B, C のそれぞれについて、化合物名と構造式の両方を答えよ。
- (4) 45 mg の化合物 B を酸素気流下で完全燃焼させると二酸化炭素と水が発生した。発生した二酸化炭素と水の質量はそれぞれ何 mg か、整数値で答えよ。計算の過程も示せ。
- (5) 実験 3 において、化合物 B の試験管でおきた反応の化学反応式を答えよ。化学反応式中の有機化合物は構造式で記せ。
- (6) 実験 5 で生じた化合物 D は、常温常圧下で気体であった。化合物 D の構造式を答えよ。
- (7) 化合物 D と同じ分子式をもつ異性体について、化合物名と構造式の両方を答えよ。

4 次の文章を読み、設問(1)~(6)に答えよ。

合成高分子化合物から作られる合成繊維は、私たちの生活に欠かせないものである。

多数のアミド結合でつながった合成繊維をポリアミド系合成繊維といい、特に脂肪族のポリアミド系合成繊維をナイロンという。①ナイロン66はヘキサメチレンジアミンとアジピン酸が(ア)重合したものであり、絹のような光沢と感触をもつ。また、②ナイロン6は③ ϵ -カプロラクタムを(イ)重合することにより得られる。

ビニロンは日本で開発された合成繊維である。④酢酸ビニルを(ウ)重合させてポリ酢酸ビニルとする。これを水酸化ナトリウム水溶液で(エ)すると、ポリビニルアルコールが得られる。ポリビニルアルコールは水に溶けやすいため、繊維状に加工した後に⑤ホルムアルデヒド水溶液で処理することにより、水に不溶な繊維であるビニロンが得られる。ビニロンは綿に似た感触をもち、⑥適度な吸湿性がある。強度があり、耐薬品性もあるので、漁網・ロープ・作業着・産業資材などに広く用いられている。

- (1) 空欄(ア)~(エ)にあてはまる最も適切な語句を答えよ。
- (2) 下線部①~④の化合物の構造式を示せ。高分子化合物については末端の構造を明記すること。
- (3) ナイロンは強度や耐久性に優れる繊維である。この理由を40字以内で説明せよ。
- (4) 0.30 gのナイロン66を適当な溶媒に溶かして100 mLとし、27℃で浸透圧を測定したところ60 Paであった。この溶液は、ファンツホッフの法則に従うものとする。このナイロン66の平均分子量はいくらか求めよ。さらに、1分子中に含まれるアミド結合の平均個数は何個か、高分子化合物の末端の構造を考慮して求めよ。それぞれ計算過程を示し、有効数字2桁の数値で求めよ。
- (5) 下線部⑤の反応名を答えよ。また、下線部⑥の理由を30字以内で説明せよ。
- (6) ポリビニルアルコール10.0 g中のヒドロキシ基のうち30.0%がホルムアルデヒドと反応したとき、生成するビニロンの質量は何gか、有効数字3桁の数値で求めよ。計算過程も示すこと。なお、高分子化合物の末端の構造は無視できるものとする。