

2023 年度入学試験問題

化 学

(60分)

注意事項

1. 試験開始の合図があるまで、この問題冊子は開かないでください。
2. この問題冊子は18ページあります。試験中、ページの脱落等に気づいた場合は、手を挙げて監督者に知らせてください。
解答用紙(マークシート)の汚れなどに気づいた場合も、同様に知らせてください。
3. 解答用紙(マークシート)は折り曲げたり、汚したりしないでください。
4. 解答は、すべて解答用紙(マークシート)に記入し、解答用紙(マークシート)の枠外には、なにも書かないでください。
5. 解答用紙(マークシート)には、問題番号が1~50、選択肢が①~⑩まで印刷されていますが、解答にあたっては、各設問に指示された選択肢の数の中から選んで解答してください。
6. マークは必ず HB の黒鉛筆を使用し、訂正する場合は、完全に消してからマークしてください。
7. 監督者の指示に従って、解答用紙(マークシート)に解答する科目・受験番号をマークするとともに、受験番号および氏名を記入してください。
8. 解答する科目、受験番号、解答が正しくマークされていない場合は、採点できないことがあります。
9. 試験終了後、問題冊子は持ち帰ってください。

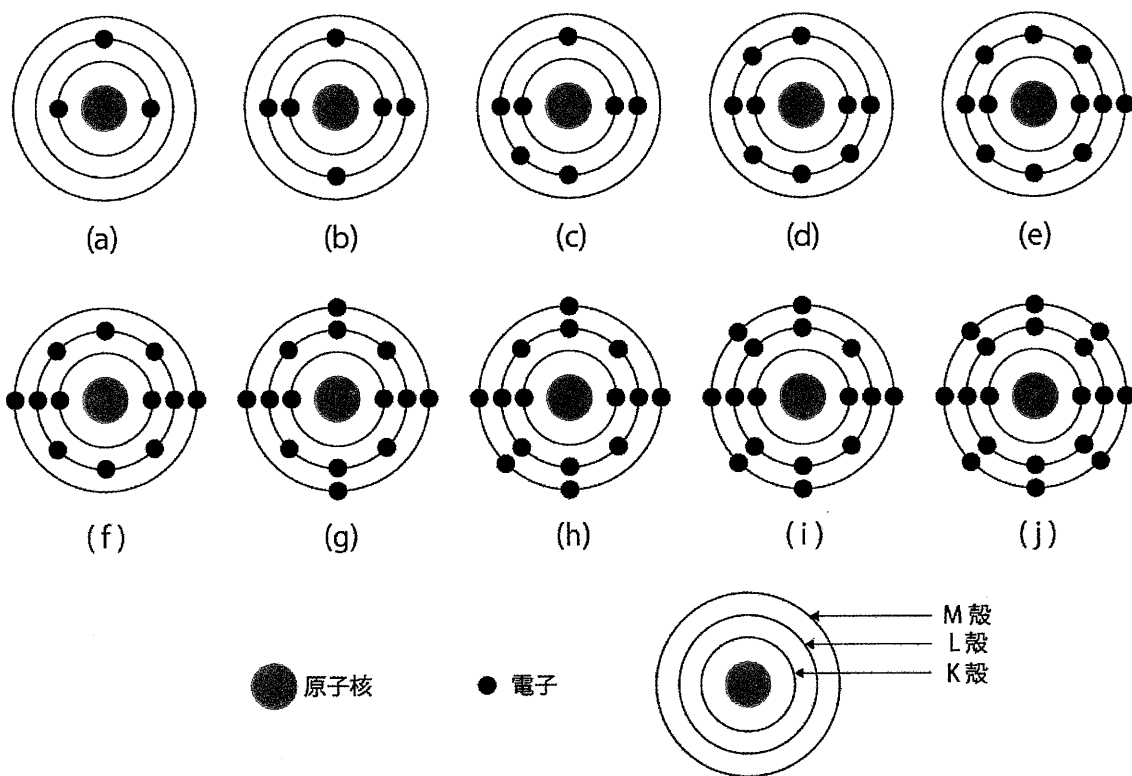
必要があれば、原子量として次の数値を用いなさい。

H : 1.0 C : 12.0 O : 16.0 Na : 23.0 Cl : 35.5 S : 32.1

気体定数は $8.3 \times 10^3 \text{ Pa} \cdot \text{L} / (\text{K} \cdot \text{mol})$, 標準状態は $0^\circ\text{C} = 273 \text{ K}$, $1.0 \times 10^5 \text{ Pa}$ とする。

問題 1 . 次の文章を読んで、問 1～問 5 に答えなさい。

原子(a)～(j)の模式的な電子配置を図に示した。



図

問 1 原子(a)～(j)の中で、フッ素原子の電子配置を表しているものを問 4 の下の選択肢①～⑩の中から 1 つ選び、その番号を解答欄にマークしなさい。

問 2 原子(a)～(j)の中で、価電子数が酸素原子とおなじものを問 4 の下の選択肢①～⑩の中から 1 つ選び、その番号を解答欄にマークしなさい。

問 3 原子(a)～(j)の中で、希ガスであるものを問 4 の下の選択肢①～⑩の中から 1 つ選び、その番号を解答欄にマークしなさい。

問 4 原子(a)~(j)の中で、単体に黒鉛やフラーレンがあるものを下の選択肢①~⑩の中から1つ選び、その番号を解答欄にマークしなさい。

問 1~問 4 に対する 選択肢

- ① (a) ② (b) ③ (c) ④ (d) ⑤ (e)
⑥ (f) ⑦ (g) ⑧ (h) ⑨ (i) ⑩ (j)

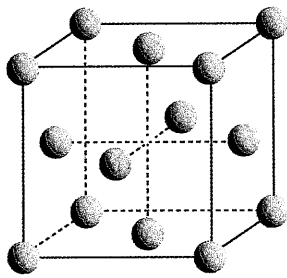
問 5 原子(a)~(j)の中で、1族元素の組み合わせとして正しいものを下の選択肢①~⑩の中から1つ選び、その番号を解答欄にマークしなさい。

- ① (a), (b) ② (a), (e) ③ (b), (g) ④ (b), (i) ⑤ (c), (h)
⑥ (c), (j) ⑦ (f), (i) ⑧ (f), (h) ⑨ (g), (h) ⑩ (g), (j)

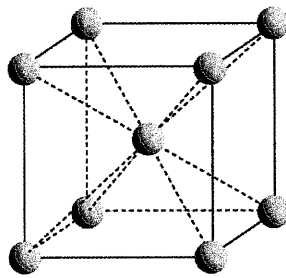
問題Ⅱ． 次の文章を読んで、問 6～問 9 に答えなさい。

金属結晶は原子が金属結合によって規則正しく配列してできており、金属結晶中の原子の立体的な配列構造を結晶格子という。結晶格子は、ある小さな配列が繰り返されてできており、最小の繰り返し単位を単位格子という。また、結晶中の 1 個の原子に着目して、その原子から最も近いところに位置している他の原子の数を配位数という。

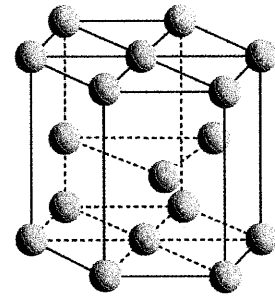
下図に代表的な結晶格子 A, B, C を示した。



A：面心立方格子



B：体心立方格子



C：六方最密構造

図

問 6 結晶格子 A の配位数として、最も適切な数を下の選択肢①～⑩の中から 1 つ選び、その番号を解答欄にマークしなさい。

- ① 2 ② 4 ③ 5 ④ 6 ⑤ 7
⑥ 8 ⑦ 10 ⑧ 12 ⑨ 14 ⑩ 16

問 7 結晶格子 B をとる金属元素として、最も適切な元素を下の選択肢①～⑤の中から 1 つ選び、その番号を解答欄にマークしなさい。

- ① Mg ② Al ③ Fe ④ Cu ⑤ Zn

問 8 結晶格子 C の単位格子中に含まれる原子の数として、最も適切な数を下の選択肢①～⑩の中から 1 つ選び、その番号を解答欄にマークしなさい。

- ① 2 ② 4 ③ 5 ④ 6 ⑤ 8
⑥ 9 ⑦ 10 ⑧ 12 ⑨ 14 ⑩ 16

問 9 金属原子 X の結晶は結晶格子 B をとっている。結晶格子 B の単位格子の一辺の長さが a [cm] であるとして、金属原子 X の半径 [cm] を表す式として最も適切な式を下の選択肢①～⑩の中から 1 つ選び、その番号を解答欄にマークしなさい。

ただし、最も近くに位置する原子どうしはお互いに接しているものとする。

① $\frac{\sqrt{2}}{4}a$ ② $\frac{\sqrt{3}}{4}a$ ③ $\sqrt{2}a$ ④ $2\sqrt{2}a$ ⑤ $4\sqrt{2}a$

⑥ $\frac{\sqrt{3}}{4}a$ ⑦ $\frac{\sqrt{3}}{2}a$ ⑧ $\sqrt{3}a$ ⑨ $2\sqrt{3}a$ ⑩ $4\sqrt{3}a$

問題Ⅲ． 次の中和滴定に関する文章を読んで、問 10～問 13 に答えなさい。

濃度が不明の酢酸 CH_3COOH の水溶液を [ア] を用いて 10.00 mL に正確に測りとり、 [イ] に入れた。さらに、 [ウ] を 2～3 滴加え、 [エ] を用いて 0.160 mol/L の水酸化ナトリウム NaOH の水溶液で滴定した。12.50 mL 加えたところで中和点に達し、溶液の色が無色から [オ] に変化した。この結果より、この酢酸 CH_3COOH の水溶液の濃度は [カ] mol/L と決定された。

問 10 空欄 [ア], [イ], [エ] に当てはまる器具の組み合わせとして正しいものを下の選択肢①～⑥の中から 1 つ選び、その番号を解答欄にマークしなさい。

	[ア]	[イ]	[エ]
①	ホールピペット	ビュレット	コニカルビーカー
②	ホールピペット	コニカルビーカー	ビュレット
③	コニカルビーカー	ビュレット	ホールピペット
④	コニカルビーカー	ホールピペット	ビュレット
⑤	ビュレット	ホールピペット	コニカルビーカー
⑥	ビュレット	コニカルビーカー	ホールピペット

問 11 空欄 [ウ], [オ] に当てはまる語句の組み合わせとして正しいものを下の選択肢①～⑥の中から 1 つ選び、その番号を解答欄にマークしなさい。

	[ウ]	[オ]
①	メチルオレンジ	赤色
②	メチルオレンジ	黄色
③	メチルオレンジ	緑色
④	フェノールフタレイン	赤色
⑤	フェノールフタレイン	黄色
⑥	フェノールフタレイン	緑色

問 12 空欄 に当てはまる数値を計算し、最も近い数値を下の選択肢①～⑤の中から 1つ選び、その番号を解答欄にマークしなさい。

- ① 0.100 ② 0.128 ③ 0.200 ④ 0.256 ⑤ 0.400

問 13 この酢酸 CH_3COOH の水溶液 500 mL と同じモル濃度の酢酸ナトリウム CH_3COONa の水溶液 500 mL を混合して、緩衝液 1.00 L をつくった。この水溶液の pH を計算し、最も近い数値を下の選択肢①～⑤の中から 1つ選び、その番号を解答欄にマークしなさい。ただし、酢酸 CH_3COOH の電離定数 K_a を $2.69 \times 10^{-5} \text{ mol/L}$, $\log_{10} 2.0 = 0.301$, $\log_{10} 3.0 = 0.477$ とする。

- ① 2.70 ② 3.57 ③ 4.57 ④ 5.04 ⑤ 5.52

問題Ⅳ. 次の文章を読んで、問 14～問 17 に答えなさい。

溶液の凝固点は純溶媒の凝固点より低くなる。純溶媒と溶液の凝固点の温度差 Δt [K] を凝固点降下度という。非電解質を溶かした希薄溶液の凝固点降下度は、溶質の種類に関係なく、溶液の質量モル濃度 m [mol/kg] に比例し、

$$\Delta t = K_f \times m$$

と表すことができる。 K_f を といい、その単位は である。

いま、(ア)非電解質であるナフタレン $C_{10}H_8$ の 0.77 g を凝固点が 179°C の溶媒であるシヨウノウ 20 g に溶かした溶液の凝固点が 167°C であった。この溶媒としてのシヨウノウ 100 g に (イ)ある非電解質の有機化合物 9.0 g を溶かしたところ、溶液の凝固点が 159°C であった。

問 14 空欄 にあてはまる最も適切な語句を下の選択肢①～⑤の中から 1 つ選び、その番号を解答欄にマークしなさい。

- ① モル沸点上昇 ② 沸点上昇度 ③ モル凝固点降下
④ 浸透圧 ⑤ 融点

問 15 空欄 にあてはまる最も適切な単位を下の選択肢①～⑤の中から 1 つ選び、その番号を解答欄にマークしなさい。

- ① $\text{K} \cdot \text{kg} / \text{mol}$ ② $\text{mol} / (\text{K} \cdot \text{kg})$ ③ $\text{K} \cdot \text{mol} / \text{kg}$
④ $\text{kg} / (\text{K} \cdot \text{mol})$ ⑤ K

問 16 下線部 (ア) より、シヨウノウの K_f を計算し、最も近い数値を下の選択肢①～⑤の中から 1 つ選び、その番号を解答欄にマークしなさい。

- ① 10 ② 20 ③ 40
④ 60 ⑤ 80

問 17 下線部 (イ) の有機化合物の分子量を計算し、最も近い数値を下の選択肢①～⑦の中から1つ選び、その番号を解答欄にマークしなさい。

① 10

② 30

③ 60

④ 90

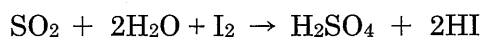
⑤ 120

⑥ 150

⑦ 180

問題V. 次の文章を読んで、問 18～問 22 に答えなさい。

二酸化硫黄 SO_2 とヨウ素 I_2 の反応は、以下の反応式のように進む。



いま、二酸化硫黄 SO_2 を含む石炭を燃焼して発生したガス 20 L (標準状態) を二酸化硫黄 SO_2 吸収液に通し、得られた吸収液を水で希釈して 250 mL とした。この溶液 10 mL をとり、デンプン溶液を加えたあと、 5.0×10^{-3} mol/L のヨウ素 I_2 の水溶液で滴定したところ 10 mL 加えたところで溶液が青紫色を示した。ただし、発生したガスには二酸化硫黄 SO_2 の他にヨウ素 I_2 を還元する物質は含まれていないものとする。さらに、発生したガス 20 L (標準状態) に含まれる二酸化硫黄 SO_2 は全て二酸化硫黄 SO_2 吸収液に吸収されたものとする。

問 18 5.0×10^{-3} mol/L のヨウ素 I_2 の水溶液 1.0 mL に含まれるヨウ素 I_2 の物質量 [mol] を計算し、最も近い数値を問 19 の下の選択肢①～⑥の中から 1 つ選び、その番号を解答欄にマークしなさい。

問 19 水で希釈して 250 mL とした二酸化硫黄 SO_2 吸収液 10 mL に含まれる二酸化硫黄 SO_2 の物質量 [mol] を計算し、最も近い数値を下の選択肢①～⑥の中から 1 つ選び、その番号を解答欄にマークしなさい。

問 18 と問 19 の選択肢

① 5.0×10^{-4}

② 2.5×10^{-4}

③ 5.0×10^{-5}

④ 2.5×10^{-5}

⑤ 5.0×10^{-6}

⑥ 2.5×10^{-6}

問 20 発生したガス 20 L (標準状態) に含まれる二酸化硫黄 SO_2 の物質量 [mol] を計算し、最も近い数値を下の選択肢①～⑤の中から 1 つ選び、その番号を解答欄にマークしなさい。

① 6.5×10^{-3}

② 1.3×10^{-3}

③ 6.5×10^{-4}

④ 1.3×10^{-4}

⑤ 6.5×10^{-5}

問 21 問 20 で求めた二酸化硫黄 SO_2 の気体を標準状態においたときの体積 [L] を計算し、最も近い数値を下の選択肢①～⑤の中から 1 つ選び、その番号を解答欄にマークしなさい。ただし、二酸化硫黄 SO_2 の気体は理想気体とする。

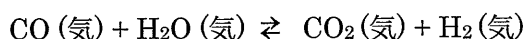
- ① 2.2×10^{-2} ② 2.8×10^{-2} ③ 4.5×10^{-2}
④ 5.6×10^{-2} ⑤ 1.1×10^{-1}

問 22 問 20 で求めた二酸化硫黄 SO_2 の気体について、発生したガス 20 L (標準状態) 中での分圧 [Pa] を計算し、最も近い数値を下の選択肢①～⑤の中から 1 つ選び、その番号を解答欄にマークしなさい。

- ① 35 ② 70 ③ 1.4×10^2
④ 2.8×10^2 ⑤ 5.6×10^2

問題VI. 次の文章を読んで、問 23～問 26 に答えなさい。

下記の反応を 1000 K で進めたところ、最初 1.0 mol/L あった CO (気) が平衡状態に到達したときには 0.40 mol/L になった。この時の平衡定数は 1.37 であった。



なお、反応開始時の H₂O (気) の濃度を x mol/L とし、反応開始時に CO₂ (気)、H₂ (気) は存在していないものとする。

問 23 この反応の平衡定数を表す式として最も適切なものを下の選択肢 ①～⑤ の中から 1 つ選び、その番号を解答欄にマークしなさい。

- ① $\frac{[\text{CO}_2\text{(気)}][\text{H}_2\text{(気)}]}{[\text{CO(気)}]}$ ② $\frac{[\text{CO(気)}]}{[\text{CO}_2\text{(気)}][\text{H}_2\text{(気)}]}$ ③ $\frac{[\text{CO(気)}][\text{H}_2\text{O(気)}]}{[\text{CO}_2\text{(気)}][\text{H}_2\text{(気)}]}$
④ $\frac{[\text{CO}_2\text{(気)}][\text{H}_2\text{(気)}]}{[\text{CO(気)}][\text{H}_2\text{O(気)}]}$ ⑤ $\frac{[\text{CO}_2\text{(気)}][\text{H}_2\text{(気)}][\text{CO(気)}]}{[\text{H}_2\text{O(気)}]}$

問 24 平衡状態に到達したときの H₂ (気) の濃度 [mol/L] を表す式として最も適切なものを問 25 の下の選択肢 ①～⑦の中から 1 つ選び、その番号を解答欄にマークしなさい。

問 25 平衡状態に到達したときの CO₂ (気) の濃度 [mol/L] を表す式として最も適切なものを下の選択肢①～⑦の中から 1 つ選び、その番号を解答欄にマークしなさい。

問 24 と問 25 の選択肢

- ① 0.4 ② 0.6 ③ $x - 0.6$
④ $x - 0.4$ ⑤ x ⑥ $x + 0.4$
⑦ $x + 0.6$

問 26 反応開始時の H_2O (気) の濃度 $x \text{ mol/L}$ を計算し、最も近い数値を下の選択肢
①~⑤の中から 1 つ選び、その番号を解答欄にマークしなさい。

① 0.50

② 0.63

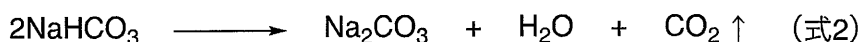
③ 1.0

④ 1.3

⑤ 2.5

問題Ⅶ. 次の文章を読んで、問 27～問 30 に答えなさい。

炭酸ナトリウム Na_2CO_3 は、工業的には、アンモニアソーダ法によって得られる。まず、塩化ナトリウム NaCl の飽和水溶液にアンモニア NH_3 を十分に溶かし、これに二酸化炭素 CO_2 を通じると、水に比較的溶けにくい炭酸水素ナトリウム NaHCO_3 が沈殿する (式 1)。次に、得られた炭酸水素ナトリウム NaHCO_3 を熱分解すると、炭酸ナトリウム Na_2CO_3 が得られる (式 2)。



また、この方法では、石灰石 CaCO_3 を利用して、不足分の二酸化炭素 CO_2 の補充や、式 1 で得られる塩化アンモニウム NH_4Cl からアンモニア NH_3 を回収している。

この方法を利用して、 kg の塩化ナトリウム NaCl を原料として 1.06 kg の炭酸ナトリウム Na_2CO_3 をつくった。

問 27 式 1 で得られる炭酸水素ナトリウム NaHCO_3 の説明として誤っているものを下の選択肢①～⑥の中から 1 つ選び、その番号を解答欄にマークしなさい。

- ① 重曹ともよばれる。
- ② 白色粉末の固体で、水に少し溶ける。
- ③ この結晶を空気中に放置すると、風解する。
- ④ ベーキングパウダーに利用されている。
- ⑤ 塩酸や希硫酸などと反応して、二酸化炭素を発生する。
- ⑥ この水溶液は弱い塩基性を示す。

問 28 アンモニアソーダ法にはアンモニア NH_3 を再利用する工程でさまざまなカルシウム化合物が得られる。カルシウム化合物の説明として誤っているものを下の選択肢①～⑥の中から 1 つ選び、その番号を解答欄にマークしなさい。

- ① 酸化カルシウムは、石灰石を強熱して得られる。
- ② 塩化カルシウムは、水によく溶け、潮解性を示す。
- ③ 水酸化カルシウムは、消石灰ともよばれる。
- ④ 水酸化カルシウムの飽和水溶液は、二酸化炭素を通じると、酸化カルシウムの白色沈澱を生じる。
- ⑤ 炭酸カルシウムは、水に溶けにくい。
- ⑥ 炭酸カルシウムに塩酸を加えると、二酸化炭素が発生する。

問 29 アンモニアソーダ法に必要なアンモニア NH_3 の工業的製法の名前として正しいものを下の選択肢①～⑥の中から 1 つ選び、その番号を解答欄にマークしなさい。

- ① 接触法
- ② ハーバー・ボッシュ法
- ③ オストワルト法
- ④ 熔融塩電解
- ⑤ イオン交換膜法
- ⑥ 電解精錬

問 30 に当てはまる数値を計算し、最も近い数値を下の選択肢①～⑤の中から 1 つ選び、その番号を解答欄にマークしなさい。ただし、(式 1)、(式 2) の反応は完全に進んだとする。

- ① 0.292 ② 0.585 ③ 1.17 ④ 1.38 ⑤ 1.50

問題VIII. 次の問 31～問 35 に答えなさい。

問 31 下の鎖式炭化水素(ア)～(オ)のなかでアルキンであるものを下の選択肢①～⑤の中から1つ選び、その番号を解答欄にマークしなさい。

(ア) C_3H_8 (イ) C_2H_2 (ウ) C_2H_4 (エ) CH_4 (オ) C_4H_8

① (ア) ② (イ) ③ (ウ) ④ (エ) ⑤ (オ)

問 32 下の鎖式炭化水素(ア)～(エ)のなかで臭素と付加反応しない組み合わせを下の選択肢①～⑥の中から1つ選び、その番号を解答欄にマークしなさい。

(ア) CH_4 (イ) C_2H_2 (ウ) C_2H_4 (エ) C_3H_8

①	(ア)	(イ)
②	(ア)	(ウ)
③	(ア)	(エ)
④	(イ)	(ウ)
⑤	(イ)	(エ)
⑥	(ウ)	(エ)

問 33 エチレン(エテン)またはアセチレン(エチン)に関する反応の記述として正しいものを下の選択肢①～⑤の中から1つ選び、その番号を解答欄にマークしなさい。

- ① エチレンに塩化水素を付加させると、塩化ビニルが得られる。
- ② エチレンに水を付加させると、エタノールが得られる。
- ③ 炭化カルシウムが水と反応すると、エチレンが得られる。
- ④ アセチレン 1 mol が水素 2 mol と完全に反応すると、エチレンが生成する。
- ⑤ アセチレンが水と反応すると、酢酸が生成する。

問 34 分子式が C_4H_8 の炭化水素の異性体の数として正しい数を下の選択肢①～⑩の中から 1つ選び、その番号を解答欄にマークしなさい。ただし、シス-トランス異性体も区別して数えなさい。

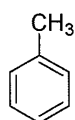
- ① 1 ② 2 ③ 3 ④ 4 ⑤ 5
⑥ 6 ⑦ 7 ⑧ 8 ⑨ 9 ⑩ 10

問 35 ある不飽和炭化水素 4.20 mg を完全燃焼させたら、二酸化炭素 CO_2 が 13.2 mg 得られた。標準状態において、この炭化水素 2.10 g は 1.12 L の体積を占める気体である。この炭化水素を過マンガン酸カリウム $KMnO_4$ 水溶液に通じると、過マンガン酸イオン MnO_4^- の赤紫色が消えた。この炭化水素の分子式として正しいものを下の選択肢①～⑥の中から 1つ選び、その番号を解答欄にマークしなさい。

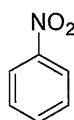
- ① C_2H_4 ② C_3H_6 ③ C_4H_8 ④ C_5H_{10} ⑤ C_2H_2 ⑥ C_3H_4

問題Ⅸ. 次の文章を読んで、問 36～問 40 に答えなさい。

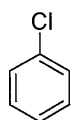
代表的な一置換ベンゼン化合物として下記の (a)～(f) がある。



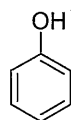
(a)



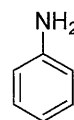
(b)



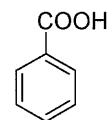
(c)



(d)



(e)



(f)

問 36 (a)～(f) 全てを溶かしたジエチルエーテル溶液から、主に (e) を抽出するために最も適した操作を問 36 の下の選択肢①～⑥の中から 1 つ選び、その番号を解答欄にマークしなさい。

問 37 (a)～(f) 全てを溶かしたジエチルエーテル溶液から、主に (f) を抽出するために最も適した操作を下の選択肢①～⑥の中から 1 つ選び、その番号を解答欄にマークしなさい。

問 36 と問 37 に対する選択肢

- ① 蒸留水を加え振り混ぜたのち、水層とジエチルエーテル層を分ける。
- ② 食塩水を加え振り混ぜたのち、水層とジエチルエーテル層を分ける。
- ③ 塩酸を加え振り混ぜたのち、水層とジエチルエーテル層を分ける。
- ④ 水酸化ナトリウム水溶液を加え振り混ぜたのち、水層とジエチルエーテル層を分ける。
- ⑤ 炭酸水素ナトリウム水溶液を加え振り混ぜたのち、水層とジエチルエーテル層を分ける。
- ⑥ ジエチルエーテルを蒸発させる。

問 38 塩化鉄(Ⅲ)水溶液を加えることで青紫～紫色に呈色する化合物を問 39 の下の
選択肢①～⑥の中から 1 つ選び、その番号を解答欄にマークしなさい。

問 39 さらし粉水溶液を加えたときに赤紫色に呈色する化合物を下の選択肢①～⑥の中
か ら 1 つ選び、その番号を解答欄にマークしなさい。

問 38 と問 39 に対する選択肢

① (a) ② (b) ③ (c) ④ (d) ⑤ (e) ⑥ (f)

問 40 芳香族化合物に関する誤っている説明を下の選択肢①～⑤の中から 1 つ選び、そ
の番号を解答欄にマークしなさい。

- ① (c) を高温、高圧下で水酸化ナトリウムと反応させたのち、希塩酸を加えると (d) が生じる。
- ② (b) をスズと濃塩酸で還元したのち、水酸化ナトリウム水溶液を加えると (e) が生じる。
- ③ (a) を過マンガン酸カリウムと反応させたのち、希硫酸を加えると (f) が生じる。
- ④ ベンゼンに濃塩酸と濃硫酸の混合物を作用させると (b) が生じる。
- ⑤ (d) はベンゼンよりも置換反応が起こりやすい。