北里大学

2025 年度　一般選抜　化学

（2 科目　100 分）

注意事項　各問題の選択肢のうち質問に適した答えを 1 つだけ選びマークすること。1 問に 2 つ以上解答した場合は誤りとする。

Ⅰ 次の**問 1**〜**問 8** に答えよ。答えは各問の①から始まる選択肢の中から選べ。

問 1　金属に関する次の記述のうちから，正しいものを 2 つ選べ。［ 1 ］

a. アルミニウムは，空気中では表面の緻密な水酸化物の被膜が内部を保護するので，内部がさびにくい。

b. アマルガムは，水銀と他の金属との合金である。

c. 青銅 (ブロンズ) は，銅と鉄を主成分とする合金である。

d. 純銅は，粗銅板を用いた電解精錬によって得られる。

e. ニクロムは，電気抵抗が小さい。

① a，b　② a，c　③ a，d　④ a，e　⑤ b，c

⑥ b，d　⑦ b，e　⑧ c，d　⑨ c，e　⑩ d，e

問 2　酸と塩基に関する次の記述のうちから，正しいものを 2 つ選べ。［ 2 ］

a. 中和反応では，酸や塩基の種類によらず，必ず水が生じる。

b. 水溶液中の水素イオンのモル濃度と，水酸化物イオンのモル濃度の積は，温度によらず一定の値をとる。

c. 弱酸の水溶液では，濃度が小さいほど弱酸の電離度は大きい。

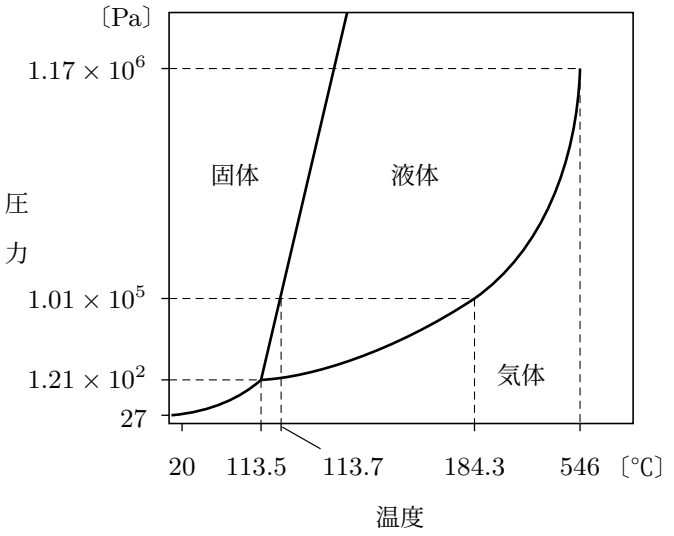
d. 中和滴定では，酸や塩基の種類によらず，中和点の pH は必ず 7 である。

e. 気体の酸や気体の塩基を対象とする滴定方法として，逆滴定がある。

① a，b　② a，c　③ a，d　④ a，e　⑤ b，c

⑥ b，d　⑦ b，e　⑧ c，d　⑨ c，e　⑩ d，e

問 3　図は，ある物質 **A**(純物質) が，さまざまな温度と圧力のもとで，どのような状態をとるかを示した状態図である。この物質の状態に関する次の記述のうちから，誤っているものを 2 つ選べ。なお，この図は，状態図の特徴を強調しており，温度や圧力の目盛りは等間隔ではない。 3



a. 1.01×10^5 Pa のもとでは，物質 **A** の液体が存在する最低の温度は，113.7 ℃である。

b. 100 ℃のもとで，圧力を 27 Pa から上げていくと，物質 **A** は凝固する。

c. 5.00×10^5 Pa のもとで，温度を 20 ℃から上げていくと，物質 **A** は固体から液体を経て気体になる。

d. 1.01×10^5 Pa のもとでは，物質 **A** は 546 ℃より高い温度で超臨界状態になる。

e. 液体と気体の間の境界線は，温度と飽和蒸気圧の関係を表している。

① a，b　② a，c　③ a，d　④ a，e　⑤ b，c

⑥ b，d　⑦ b，e　⑧ c，d　⑨ c，e　⑩ d，e

問 4　電池に関する次の記述のうちから，誤っているものを選べ。 4

① 鉛蓄電池において，硫酸鉛 (Ⅱ)$PbSO_4$ の酸化力は，酸化鉛 (Ⅳ)PbO_2 の酸化力よりも強い。

② マンガン乾電池の活物質は，正極，負極とも，アルカリマンガン乾電池の活物質と同じである。

③ ニッケル水素電池の負極活物質には，水素を吸収・放出できる水素吸蔵合金が用いられる。

④ 燃料電池の燃料 (還元剤) と酸素などの酸化剤は，外部から供給される。

⑤ リチウムイオン電池の一方の電極には，リチウムを含む黒鉛系炭素材料が用いられる。

問 5　二酸化窒素の気体と二酸化硫黄の気体に共通する性質について，次の記述のうちから正しいものを 2 つ選べ。 5

a. 無色である。

b. 刺激臭がある。

c. 下方置換で捕集する。

d. 水に溶解すると強酸を生じる。

e. 漂白作用がある。

① a，b　② a，c　③ a，d　④ a，e　⑤ b，c

⑥ b，d　⑦ b，e　⑧ c，d　⑨ c，e　⑩ d，e

問 6　植物の成長に必要な元素を必須元素とよぶ。必須元素のうち，植物の生育により土壌から消費され，不足しやすい 3 元素を「肥料の三要素」といい，化学肥料を用いて補う必要がある。次の化合物のうちから，肥料の三要素のいずれかを含み，化学肥料として用いられるものを 2 つ選べ。 6

a. 塩化リチウム　b. 過リン酸石灰　c. 硫酸バリウム

d. 炭酸ナトリウム　e. 硫酸アンモニウム

① a，b　② a，c　③ a，d　④ a，e　⑤ b，c

⑥ b，d　⑦ b，e　⑧ c，d　⑨ c，e　⑩ d，e

問 7　アセトンと，アセトンの安定な異性体に関する次の記述のうちから，誤っているものを 2 つ選べ。なお，環状構造をとるものについては，環が炭素原子のみからなる構造だけを考えるものとする。 7

a. C=C 二重結合をもつものは，4 種類である。

b. C=C 二重結合をもつものは，すべてアルコールである。

c. 銀鏡反応を示すものは，1 種類のみである。

d. ヨードホルム反応を示すものは，1 種類のみである。

e. 環状構造をもつものは，すべて第二級アルコールである。

① a，b　② a，c　③ a，d　④ a，e　⑤ b，c

⑥ b，d　⑦ b，e　⑧ c，d　⑨ c，e　⑩ d，e

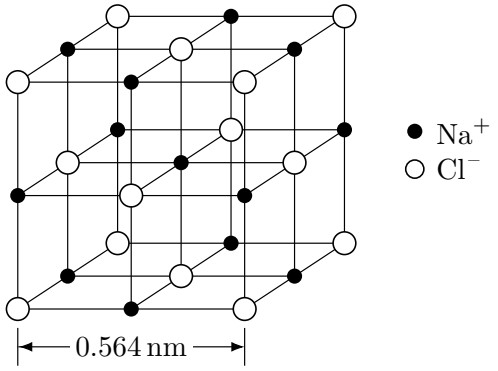
問 8　分子内に x 個の炭素原子と y 個の C=C 二重結合をもつ脂肪酸を $(x : y)$ と表記する。$(16 : 0)$ の直鎖の脂肪酸と $(18 : 2)$ の直鎖の脂肪酸のみから構成される，単一の分子構造をもつ油脂について考える。この油脂 1 mol に水素 2 mol が付加すると，構成する脂肪酸は全て飽和脂肪酸になる。水素を付加する前のこの油脂の分子式はどれか。 8

① $C_{50}H_{98}O_3$　② $C_{50}H_{100}O_3$　③ $C_{52}H_{98}O_3$　④ $C_{52}H_{102}O_3$　⑤ $C_{53}H_{98}O_3$

⑥ $C_{53}H_{98}O_6$　⑦ $C_{53}H_{100}O_6$　⑧ $C_{55}H_{98}O_3$　⑨ $C_{55}H_{98}O_6$　⑩ $C_{55}H_{102}O_6$

II　ナトリウムの化合物に関する次の**問 1**〜**問 4** に答えよ。答えは各問の①から始まる選択肢の中から選べ。

問 1　図は，塩化ナトリウム結晶の単位格子を表しており，一辺の長さは 0.564 nm である。ナトリウムイオン Na^+ のイオン半径を 0.116 nm とすると，塩化物イオン Cl^- のイオン半径〔nm〕と，塩化ナトリウムの結晶の密度〔g/cm^3〕はいくらか。もっとも近い値が順に並んでいるものを選べ。なお，アボガドロ定数は $6.0 \times 10^{23}/mol$，ナトリウムの原子量は 23.0，塩素の原子量は 35.5，$5.64^3 = 179$ とせよ。 9



① 0.166，1.43　② 0.166，2.18　③ 0.166，4.58

④ 0.332，1.43　⑤ 0.332，2.18　⑥ 0.332，4.25

問 2　塩化ナトリウム (式量 58.5) は，水 100 g に対して 20 ℃で最大 35.9 g 溶ける。20 ℃での，塩化ナトリウムの飽和水溶液 (密度 1.2 g/cm^3) における塩化ナトリウムの質量パーセント濃度〔%〕と，モル濃度〔mol/L〕はいくらか。もっとも近い値が順に並んでいるものを選べ。 10

① 26，3.8　② 26，5.4　③ 26，6.1

④ 36，3.8　⑤ 36，5.4　⑥ 36，6.1

問 3　ナトリウムの化合物に関する次の記述のうちから，正しいものを 2 つ選べ。 11

a. 炭酸水素ナトリウムはわずかに水に溶け，その水溶液は弱酸性を示す。

b. 塩化ナトリウムの溶融塩電解 (融解塩電解) によって，ナトリウムの単体が得られる。

c. 炭酸ナトリウムに塩酸を加えると，二酸化炭素が発生する。

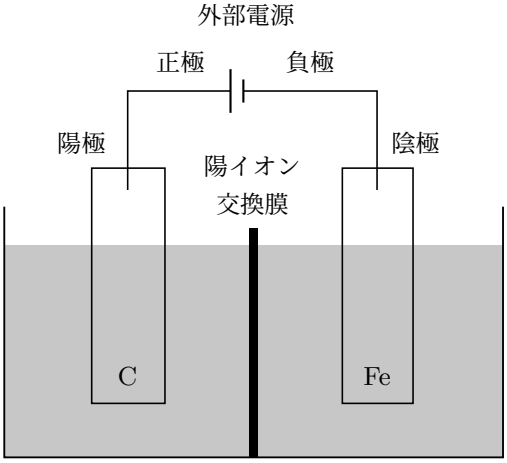
d. 酢酸ナトリウムは水に溶かすと，わずかに電離する。

e. 塩化ナトリウムの水溶液に硫化水素を吹き込むと，白色沈殿が生成する。

① a，b　② a，c　③ a，d　④ a，e　⑤ b，c

⑥ b，d　⑦ b，e　⑧ c，d　⑨ c，e　⑩ d，e

問 4　図のように，電解槽の陽極側と陰極側を陽イオン交換膜で 2 室に仕切り，両室のそれぞれにブロモチモールブルーを加えた塩化ナトリウム水溶液を十分量入れた。陽極に炭素，陰極に鉄を電極として用い，2.00 A の一定電流で 16 分 5 秒間電気分解した。このとき，陰極周辺の溶液の色は何色になるか。また，陰極から発生する気体の質量〔g〕はいくらになるか。溶液の色と，気体の質量にもっとも近い値が，順に並んでいるものを選べ。なお，必要があれば，ファラデー定数は 9.65×10^4 C/mol，分子量は，水素を 2.0，酸素を 32，塩素を 71 として用いよ。ただし，陰極で発生する気体は水溶液に溶解しないものとする。［ 12 ］



① 黄，1.0×10^{-2}　② 黄，2.0×10^{-2}　③ 黄，3.2×10^{-1}

④ 黄，7.1×10^{-1}　⑤ 青，1.0×10^{-2}　⑥ 青，2.0×10^{-2}

⑦ 青，3.2×10^{-1}　⑧ 青，7.1×10^{-1}

III 二酸化炭素や，二酸化炭素から生じる化合物およびイオンに関する次の**問 1**〜**問 4** に答えよ。答えは各問の①から始まる選択肢の中から選べ。なお，気体はすべて理想気体とし，気体と水溶液の間には気液平衡が成立しているものとする。

二酸化炭素の気体を水に通じると，二酸化炭素は水に少し溶け，水と反応して炭酸を生じる。炭酸は，水溶液中では次のように 2 段階に電離する。

$$H_2CO_3 \rightleftharpoons HCO_3^- + H^+ \quad (1)$$

$$HCO_3^- \rightleftharpoons CO_3^{2-} + H^+ \quad (2)$$

水に溶解した二酸化炭素はすべて水と反応したものとし，水溶液中の炭酸，炭酸水素イオン，炭酸イオン，水素イオンのモル濃度をそれぞれ $[H_2CO_3]$，$[HCO_3-]$，$[{CO_3}^{2-}]$，$[H^+]$ と表すと，(1) 式，(2) 式の電離定数 K_1，K_2 は，それぞれ次式で表される。

$$K_1 = \frac{[HCO_3-][H^+]}{[H_2CO_3]} \qquad K_2 = \frac{[{CO_3}^{2-}][H^+]}{[HCO_3-]}$$

また，25 ℃における K_1，K_2 それぞれの値を以下に示す。

$K_1 = 7.8 \times 10^{-7}\,\mathrm{mol/L} = 10^{-6.1}\,\mathrm{mol/L}$

$K_2 = 1.3 \times 10^{-10}\,\mathrm{mol/L} = 10^{-9.9}\,\mathrm{mol/L}$

問 1　25 ℃の水 1.0 L に 7.8×10^{-3} mol の二酸化炭素が溶解している。この水溶液の pH はいくらか。もっとも近い値を選べ。なお，水溶液中の水素イオンのモル濃度 $[H^+]$ は，炭酸のモル濃度 $[H_2CO_3]$ に比べて非常に小さいものとし，また，(2) 式の電離は非常に小さく，pH への影響は考慮しなくてよい。ただし，$\log_{10} 7.8 = 0.89$ とする。 13

① 4.1　② 4.9　③ 5.2　④ 5.9　⑤ 6.1

問 2　水溶液中の炭酸イオンの存在率は，pH によって変化する。二酸化炭素を溶解した水に水酸化カリウム水溶液を加えた。炭酸イオンの物質量が，溶解した二酸化炭素の物質量の 50 % となるのは，pH がいくらのときか。もっとも近い値を選べ。なお，水溶液の温度は 25 ℃とする。 14

① 5.6　② 6.1　③ 7.4　④ 8.0　⑤ 9.9

問 3　次の化合物のうち，その飽和水溶液に二酸化炭素を通じると，炭酸塩の沈殿が生じるものを 2 つ選べ。 15

a. 塩化カルシウム　b. 塩化ナトリウム　c. 硝酸ナトリウム

d. 水酸化バリウム　e. 水酸化カルシウム

① a, b　② a, c　③ a, d　④ a, e　⑤ b, c

⑥ b, d　⑦ b, e　⑧ c, d　⑨ c, e　⑩ d, e

問 4　容積 9.31 L の真空容器に，水 1.00 L と二酸化炭素を封入し，温度を 27 ℃に保ったところ，二酸化炭素の一部が水に溶解し，平衡に達した。気体として残った二酸化炭素の物質量は，溶解した二酸化炭素の物質量の何倍か。もっとも近い値を選べ。なお，27 ℃，1.0×10^5 Pa で二酸化炭素が水 1.0 L に溶ける物質量は 3.3×10^{-2} mol，気体定数は 8.31×10^3 Pa・L/(mol・K)，水の蒸気圧は無視でき，圧力と気体の水への溶解度の関係にはヘンリーの法則が成り立つものとする。 16

① 0.10　② 0.13　③ 8.0　④ 10　⑤ 11

Ⅳ 沈殿滴定に関する次の文章を読み，**問 1**〜**問 4** に答えよ。答えは各問の①から始まる選択肢の中から選べ。

塩化銀は水に溶けにくい塩 (難溶性塩) であるが，ごくわずかに水に溶けて飽和水溶液になる。溶けた塩化銀は完全に電離しており，次式の溶解平衡が成り立つ。

$$\mathrm{AgCl(固)} \rightleftharpoons \mathrm{Ag^+ + Cl^-}$$

化学平衡の法則から，溶解平衡が成り立っているとき，銀イオンのモル濃度 $[\mathrm{Ag^+}]$ と塩化物イオンのモル濃度 $[\mathrm{Cl–}]$ の積は温度が変わらなければ一定の値となる。この値を，塩化銀の溶解度積 $K_{\mathrm{sp}}(\mathrm{AgCl})$ という。

$$K_{\mathrm{sp}}(\mathrm{AgCl}) = [\mathrm{Ag^+}][\mathrm{Cl–}]$$

ある塩化銀水溶液において，銀イオンと塩化物イオンがすべて溶解していると仮定する。この水溶液に新たに銀イオンや塩化物イオンを加えたとき，$K_{\mathrm{sp}}(\mathrm{AgCl}) \geqq [\mathrm{Ag^+}][\mathrm{Cl–}]$ の場合には塩化銀の沈殿は生じないが，$K_{\mathrm{sp}}(\mathrm{AgCl}) < [\mathrm{Ag^+}][\mathrm{Cl–}]$ の場合では塩化銀の沈殿が生じる。

難溶性塩の沈殿反応を利用した定量法を沈殿滴定という。例えば，濃度未知の塩化物イオンを含む水溶液に指示薬として少量のクロム酸カリウム水溶液を加え，濃度既知の硝酸銀水溶液をビュレットから滴下すると，まず塩化銀の沈殿が生じる。ここで，クロム酸銀も生じるが，水に対する溶解度の差からすぐに溶解する。さらに硝酸銀水溶液の滴下を続け，塩化物イオンのほぼ全量が塩化銀として沈殿すると，次に銀イオンはクロム酸イオンと反応してクロム酸銀の沈殿が生じるため，その沈殿の色から滴定の終点が判定できる。

問 1　クロム酸カリウム水溶液の色と，クロム酸銀の沈殿の色に，もっとも近い色が順に並んでいるものはどれか。 17

① 暗緑色，黄色　② 黄色，黄色　③ 橙赤色，黄色
④ 暗緑色，赤褐色　⑤ 黄色，赤褐色　⑥ 橙赤色，赤褐色
⑦ 暗緑色，濃青色　⑧ 黄色，濃青色　⑨ 橙赤色，濃青色

問 2　クロム酸イオンと反応して難溶性の有色沈殿が生じるイオンを，2 つ選べ。 18

a. NH_4^+　　b. Na^+　　c. Mg^{2+}　　d. Ba^{2+}　　e. Pb^{2+}

① a, b　　② a, c　　③ a, d　　④ a, e　　⑤ b, c

⑥ b, d　　⑦ b, e　　⑧ c, d　　⑨ c, e　　⑩ d, e

問 3　塩化物イオン濃度が 1.0×10^{-2} mol/L，クロム酸イオン濃度が 1.0×10^{-3} mol/L である混合水溶液に濃度既知の硝酸銀水溶液をビュレットから滴下するとき，塩化銀の沈殿が生成しはじめる銀イオン濃度と，クロム酸銀の沈殿が生成しはじめる銀イオン濃度は，計算上何 mol/L か。もっとも近い値が順に並んでいるものを選べ。なお，溶解度積は，$K_{sp}(AgCl) = 1.8 \times 10^{-10}\,(mol/L)^2$，$K_{sp}(Ag_2CrO_4) = 3.6 \times 10^{-12}\,(mol/L)^3$ とする。また，混合水溶液は 25 ℃かつ中性とし，溶液を加えることによる体積変化は無視できるものとする。 19

① 1.8×10^{-12}, 3.6×10^{-9}　　② 1.8×10^{-12}, 3.6×10^{-8}　　③ 1.8×10^{-12}, 3.6×10^{-5}

④ 1.8×10^{-12}, 3.6×10^{-4}　　⑤ 1.8×10^{-8}, 3.6×10^{-9}　　⑥ 1.8×10^{-8}, 6.0×10^{-8}

⑦ 1.8×10^{-8}, 6.0×10^{-5}　　⑧ 1.8×10^{-8}, 6.0×10^{-4}

問 4　濃度未知の塩化ナトリウム水溶液 10 mL に，指示薬としてクロム酸カリウム水溶液を適量加えた。この混合溶液に，2.0×10^{-2} mol/L の硝酸銀水溶液をビュレットから滴下すると，32 mL を加えたところでクロム酸銀の有色沈殿が確認できた。この塩化ナトリウム水溶液のモル濃度は何 mol/L か。もっとも近い値を選べ。 20

① 6.3×10^{-5}　　② 6.3×10^{-4}　　③ 6.4×10^{-2}

④ 6.4×10^{-1}　　⑤ 6.4　　⑥ 1.6×10^{2}

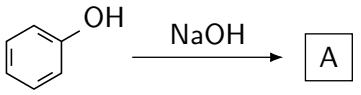
V 次の実験とその模式図は，ある有機化合物の合成過程を示す。これらに関する次の**問 1**〜**問 4** に答えよ。答えは各問の①から始まる選択肢の中から選べ。

実験 1. フェノールに水酸化ナトリウムを反応させると，有機化合物 **A** が生じた。

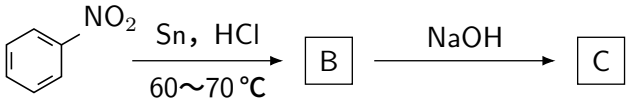
実験 2. ニトロベンゼンに粒状のスズと濃塩酸を加えて 60〜70 ℃に温めながら反応させると，有機化合物 **B** が生じた。ニトロベンゼンを完全に反応させた後に，未反応のスズを除き，水酸化ナトリウム水溶液を加えて反応液を塩基性にすると，**B** は有機化合物 **C** に変化し，溶液は淡黄色の乳濁液になった。この乳濁液を分液ろうとに移し，ジエチルエーテルを加えて分離し，精製して **C** を得た。

実験 3. **C** を希塩酸に溶かして氷で冷却し (5 ℃以下)，亜硝酸ナトリウムの水溶液を加えると，有機化合物 **D** が生じた。この水溶液を氷で冷却しながら，**A** の水溶液を加えると，橙赤色の有機化合物 **E** が生じた。

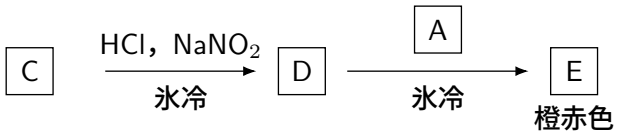
実験 1



実験 2



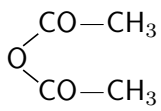
実験 3



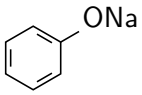
問 1　有機化合物 **A**，**E** の構造式を，それぞれ選べ。

有機化合物 **A** 21　　有機化合物 **E** 22

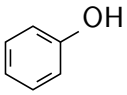
①



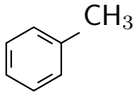
②



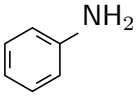
③



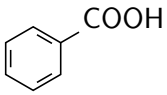
④



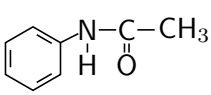
⑤



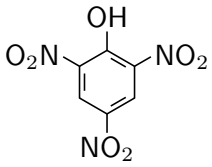
⑥



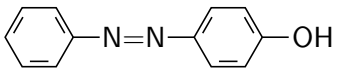
⑦



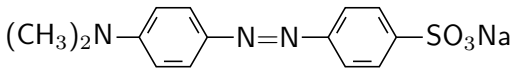
⑧



⑨



⑩



問 2　ニトロベンゼン，有機化合物 **B**，有機化合物 **C** のそれぞれに，ジエチルエーテルと水を加えて分離すると，3 つの有機化合物はそれぞれ水層とエーテル層のどちらに移動するか。ニトロベンゼン，有機化合物 **B**，有機化合物 **C** に当てはまるものが順に並んでいるものを選べ。 23

① 水層，水層，水層　　② 水層，水層，エーテル層

③ 水層，エーテル層，水層　　④ 水層，エーテル層，エーテル層

⑤ エーテル層，エーテル層，エーテル層　　⑥ エーテル層，エーテル層，水層

⑦ エーテル層，水層，エーテル層　　⑧ エーテル層，水層，水層

問 3　次の記述のうちから，誤っているものを 2 つ選べ。 24

a. **実験 1** の生成物 **A** に塩酸を加えると，フェノールが生じる。

b. **実験 2** の生成物 **C** に塩酸を加えると，**B** が生じる。

c. **実験 2** の **B** を生じる反応において，スズは触媒としてはたらく。

d. **実験 3** の反応を冷却せずに行うと，フェノールが生じる。

e. フェノール 0.5 mol とニトロベンゼン 1.0 mol を用いて**実験 1**〜**3** を行ったとき，すべての反応が完全におこり，生じた化合物をすべて回収して利用できるとすると，**E** は 1.0 mol 生じる。

① a，b　② a，c　③ a，d　④ a，e　⑤ b，c

⑥ b，d　⑦ b，e　⑧ c，d　⑨ c，e　⑩ d，e

問 4　有機化合物 **A** を，高温・高圧のもとで二酸化炭素と反応させると有機化合物 **A1** が生じ，**A1** を希硫酸と反応させると，有機化合物 **A2** が生じる。**A2** から合成できる有機化合物は，医薬品の原料として利用されている。有機化合物 **A2** を用いて以下の実験を行った。

実験 4．**A2** に無水酢酸と濃硫酸を作用させると，有機化合物 **A3** が生じた。

実験 5．**A2** にメタノールと濃硫酸を作用させると，有機化合物 **A4** が生じた。

実験 6．**A2** に炭酸水素ナトリウム水溶液を作用させると，二酸化炭素の気体が発生し，有機化合物 **A1** が生じた。

生じた有機化合物 **A1**，**A3**，**A4** のうち，塩化鉄 (Ⅲ) 水溶液により呈色反応を示すものをすべて選べ。なお，該当するものがない場合には⑧を選べ。 25

① **A1**　② **A3**　③ **A4**　④ **A1**，**A3**

⑤ **A1**，**A4**　⑥ **A3**，**A4**　⑦ **A1**，**A3**，**A4**　⑧ 該当なし