

一般入学試験

理 科 (100分)

I 注意事項

- 1 試験開始の合図があるまで、この問題冊子の中を見てはいけません。
- 2 この問題冊子は70ページあります。各科目の出題ページは下記のとおりです。
 物理 4～27ページ
 化学 28～43ページ
 生物 44～70ページ
- 3 試験中に問題冊子の印刷不鮮明、ページの落丁・乱丁および解答用紙の汚れ等に気づいた場合は、手を挙げて監督員に知らせなさい。
- 4 解答用紙は2枚配付されます。解答用紙には解答欄以外に次の記入欄があるので、その説明と解答用紙の「記入上の注意」を読み、それぞれ正しく記入し、マークしなさい。
 - ① 受験番号欄
 受験番号を記入し、さらにその下のマーク欄にマークしなさい。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。
 - ② 氏名欄
 氏名・フリガナを記入しなさい。
 - ③ 解答科目欄
 解答する科目を一つ選び、科目の下の○にマークしなさい。マークされていない場合または複数の科目にマークされている場合は、0点となります。
- 5 試験開始後30分間および試験終了前5分間は退出できません。
- 6 この表紙の受験番号欄に受験番号を記入しなさい。この問題冊子は試験終了後回収します。

II 解答上の注意

- 1 解答はすべて解答用紙の所定の欄へのマークによって行います。たとえば、大問①の③と表示のある問いに対して②と解答する場合は、次の〈例〉のように解答番号3の解答欄の②をマークします。

〈例〉

1	解 答 欄									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
3	①	●	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩

受 験 番 号			

化 学

すべての設問にわたって、解答に際して必要ならば次の各値を使いなさい。

原子量 H : 1.0 C : 12 N : 14 O : 16 Na : 23

S : 32 Cl : 35.5 K : 39 I : 127 Pb : 207

ファラデー定数 9.65×10^4 C/mol

気体定数 8.3×10^3 Pa·L/(K·mol)

$\log_{10} 2 = 0.30$, $\log_{10} 3 = 0.48$

$\sqrt{2} = 1.41$, $\sqrt{3} = 1.73$, $\sqrt{5} = 2.24$

1 次の問 1 ~ 10 に答えなさい。〔解答番号 ~ 〕

問 1 水素の同位体 (^1H , ^2H , ^3H) に関する記述として最も適切なものを、次の①~⑤のうちから一つ選びなさい。

- ① いずれも安定同位体である。
- ② 1 mol 中に存在する中性子数はいずれも等しい。
- ③ 1 g 中に存在する陽子数はいずれも等しい。
- ④ $^1\text{H}_2$, $^2\text{H}_2$, $^3\text{H}_2$ の沸点はいずれも等しい。
- ⑤ 標準状態で同体積中に存在する $^1\text{H}_2$, $^2\text{H}_2$, $^3\text{H}_2$ の分子数は等しい。

問 2 鉄は 1390°C 以上に加熱すると結晶構造が面心立方格子から体心立方格子へと変化する。このとき、面心立方格子の鉄の結晶の体積を 1 とすると、同数の鉄原子が体心立方格子に変化したあとの鉄の結晶の体積は何倍になるか。最も適切な数値を、次の①~⑤のうちから一つ選びなさい。ただし、鉄原子の半径は変化しないものとする。

- ① 0.73 ② 0.76 ③ 0.92 ④ 1.1 ⑤ 1.3

問3 水溶液が塩基性を示すものとして最も適切なものを、次の①～⑤のうちから一つ選びなさい。 3

- ① 硫酸水素ナトリウム
- ② リン酸水素二ナトリウム
- ③ 硝酸アンモニウム
- ④ 塩化マグネシウム
- ⑤ 硫酸カリウムアルミニウム十二水和物

問4 鉛蓄電池に関する次の①～⑤の記述のうち、誤りを含むものを一つ選びなさい。 4

- ① 放電するとき、負極板と正極板の質量は2:3の質量比で増加する。
- ② 放電するとき、電解液の濃度と密度はいずれも減少する。
- ③ 充電するときは、鉛蓄電池の負極板に外部電源の負極端子を接続する。
- ④ 充電しすぎると電解液の電気分解が起こる。
- ⑤ 起電力は約2.1 Vである。

問5 過マンガン酸カリウム水溶液の調製として、次のような実験を行った。文中の下線部①～⑤のうち、正確にはかり取らなければならないものを一つ選びなさい。 5

実験1 市販の過マンガン酸カリウム ① 3.50 g を ② 500 mL の蒸留水に溶かして、約1時間煮沸し、1日放置した後、ろ過して溶液Aとした。

実験2 シュウ酸二水和物を1.30 g はかり取り、ビーカーに入れた ③ 50 mL の蒸留水に溶かした。この水溶液を100 mL のメスフラスコに移し、さらに標線まで蒸留水を加えて溶液Bとした。

実験3 溶液B を ④ 10.0 mL はかり取ってコニカルビーカーに入れ、さらに濃硫酸 ⑤ 5 mL を加えて70℃に加熱した。

実験4 溶液A をビュレットに入れ、コニカルビーカー内の溶液Bに滴下した。

問6 分子式 $C_5H_{10}O_2$ で示されるすべてのエステルについて、それらの加水分解生成物に関する次の①～⑤の記述のうち、誤りを含むものを一つ選びなさい。ただし、光学異性体は考慮しなくてよい。 6

- ① 加水分解して得られるカルボン酸のうち、還元性を示すものは1つある。
- ② 加水分解して得られるカルボン酸には分枝状の構造のものもある。
- ③ 加水分解して得られるアルコールのうち、第一級アルコールは5つある。
- ④ 加水分解して得られるアルコールのうち、ヨードホルム反応に陽性なものは2つある。
- ⑤ 加水分解して得られるアルコールのうち、水と任意の割合で混合できるものは5つある。

問7 すべての炭素原子が常に同一平面上にあるものとして最も適切なものを、次の①～⑤のうちから一つ選びなさい。 7

- ① 1-ブチン
- ② サリチル酸メチル
- ③ シクロヘキサン
- ④ 3-メチル-2-ペンテン
- ⑤ クメン

問8 繊維に関する次の①～⑤の記述のうち、誤りを含むものを一つ選びなさい。

8

- ① 羊毛の主成分はタンパク質のケラチンである。
- ② アセテート繊維は半合成繊維に分類される。
- ③ ビニロンはヒドロキシ基をもたないので水に溶けない。
- ④ ポリエステルとアクリル繊維はともに羊毛の肌ざわりをもつ。
- ⑤ 6,6-ナイロンと6-ナイロン以外のナイロンもある。

問9 生体内の化学反応に関する記述として最も適切なものを、次の①～⑤のうちから一つ選びなさい。 9

- ① ペプシンやトリプシンなど、多くの酵素は中性付近に最適 pH をもつ。
- ② 酵素に最適温度があるのは、温度が高くても低くてもタンパク質が変性するためである。
- ③ 酵素も補酵素も高分子化合物である。
- ④ 1分子の ATP は2つの高エネルギーリン酸結合をもつ。
- ⑤ 1 mol のグルコースがアルコール発酵しても乳酸発酵しても、得られる熱量に違いはない。

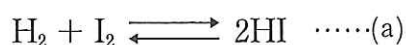
問10 医薬品に関する次の①～⑤の記述のうち、誤りを含むものを一つ選びなさい。

10

- ① 消毒薬も医薬品に含まれる。
- ② サルファ剤は抗生物質の1種で、スルファニルアミドの部分構造をもつ。
- ③ ダイナマイトの原料であるニトログリセリンは、医薬品としても用いられる。
- ④ 抗生物質を多用していると、病原菌が突然変異などによってその医薬品に対する抵抗力をもつことがある。
- ⑤ 解熱鎮痛剤として用いられるアセチルサリチル酸は、対症療法薬の1種である。

2 次の文章を読み、下の問1～5に答えなさい。〔解答番号 ～ 〕

体積 1.0 L の密封容器に、水素 0.10 mol とヨウ素 0.10 mol を入れて反応させた。反応途中のある時刻 (t 秒後) において、容器中の水素とヨウ素は 0.050 mol に減少した。さらに十分な時間が経過すると、水素とヨウ素は 0.020 mol、ヨウ化水素は 0.16 mol で平衡状態になった。この反応は式(a)で示される可逆反応であり、正反応の速度 (v_1) と逆反応の速度 (v_2) は、それぞれ式(b)と式(c)で表される。



$$v_1 = k_1[\text{H}_2][\text{I}_2] \quad \cdots\cdots\text{(b)}$$

$$v_2 = k_2[\text{HI}]^2 \quad \cdots\cdots\text{(c)}$$

なお、 $[\text{H}_2]$ 、 $[\text{I}_2]$ および $[\text{HI}]$ はそれぞれの分子のモル濃度、式中の k_1 と k_2 は正反応と逆反応の速度定数である。また、問1～4において温度は一定とする。

問1 この温度における式(a)の反応の平衡定数として最も近い数値を、次の①～⑤のうちから一つ選びなさい。

- ① 4 ② 25 ③ 49 ④ 64 ⑤ 100

問2 問1の平衡状態になった後、容器内にヨウ化水素を 0.10 mol 追加した。十分な時間が経過して再び平衡状態に達したとき、容器内に存在するヨウ化水素の物質質量として最も近い数値を、次の①～⑤のうちから一つ選びなさい。 mol

- ① 0.030 ② 0.050 ③ 0.070 ④ 0.14 ⑤ 0.24

問3 逆反応の速度定数 k_2 は $1.2 \times 10^{-3} \text{ L}/(\text{mol} \cdot \text{s})$ であった。正反応の速度定数 k_1 の値として最も近い数値を、次の①～⑤のうちから一つ選びなさい。

$\text{L}/(\text{mol} \cdot \text{s})$

- ① 1.2×10^{-3} ② 2.4×10^{-3} ③ 1.2×10^{-2}
 ④ 7.7×10^{-2} ⑤ 1.2×10^{-1}

問4 時刻 t における $[\text{HI}]$ の見かけの増加速度 $\frac{\Delta[\text{HI}]}{\Delta t}$ の値として最も近い数値を、次の①～⑤のうちから一つ選びなさい。 $\text{mol}/(\text{L} \cdot \text{s})$

- ① 1.2×10^{-5} ② 2.4×10^{-5} ③ 1.8×10^{-4}
 ④ 2.4×10^{-4} ⑤ 3.6×10^{-4}

問5 温度を変えて、体積 1.0 L の密封容器に、ヨウ化水素 0.20 mol を入れて反応させた。この反応の正反応の速度 (v_3) と逆反応の速度 (v_4) は、それぞれ次の式(d)と式(e)で表される。

$$v_3 = k_3[\text{HI}]^2 \quad \dots\dots\text{(d)}$$

$$v_4 = k_4[\text{H}_2][\text{I}_2] \quad \dots\dots\text{(e)}$$

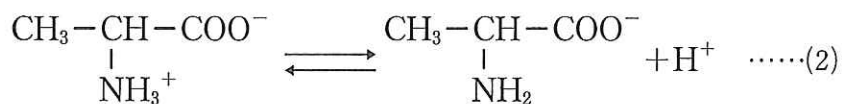
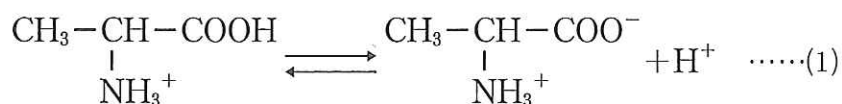
25秒後、容器中のヨウ化水素は 0.18 mol になっていた。さらに十分な時間が経過すると、水素とヨウ素は 0.030 mol 、ヨウ化水素は 0.12 mol で平衡状態になった。このとき、この温度における逆反応の速度定数 k_4 の値として最も近い数値を、次の①～⑤のうちから一つ選びなさい。ただし、速度定数 k_3 については、時刻 t_i における濃度を c_i とすると、 $k_3(t_2 - t_1) = \frac{1}{c_2} - \frac{1}{c_1}$ が成り立つ。

$\text{L}/(\text{mol} \cdot \text{s})$

- ① 1.4×10^{-3} ② 8.3×10^{-3} ③ 2.2×10^{-2}
 ④ 3.6×10^{-1} ⑤ 7.3×10^{-1}

3 次の文章を読み、下の問1～5に答えなさい。〔解答番号 1 ～ 5〕

アミノ酸は、分子内にカルボキシ基（カルボキシル基）とアミノ基を有するので、酸と塩基の両方の性質を示す。そのため、アミノ酸の水溶液では、陽イオン、双性イオン、陰イオンが平衡状態にあり、pHの変化によってその組成が変わる。これを、多塩基酸であるアミノ酸の陽イオンが多段階に電離していくと考える。アラニンを例にすると、その陽イオンは次のように2段階に電離する。

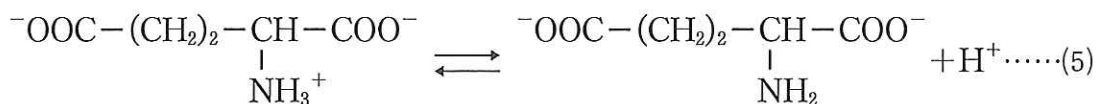
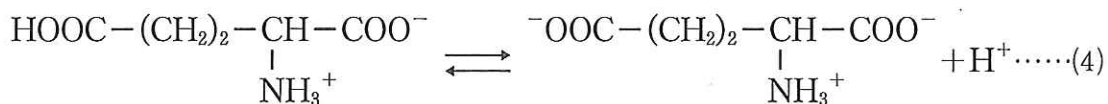
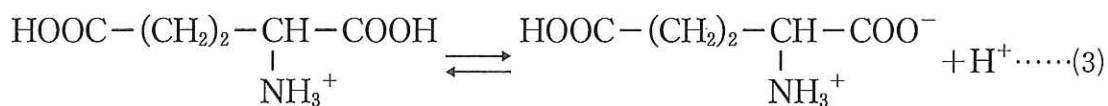


式(1)、式(2)のそれぞれの電離定数を K_1 、 K_2 とし、アラニンの陽イオン、双性イオン、陰イオンのモル濃度をそれぞれ $[A^+]$ 、 $[A^\pm]$ 、 $[A^-]$ とすると、次のように表される。

$$K_1 = \frac{[A^\pm][\text{H}^+]}{[A^+]} = 4.0 \times 10^{-3} \text{ mol/L}$$

$$K_2 = \frac{[A^-][\text{H}^+]}{[A^\pm]} = 2.5 \times 10^{-10} \text{ mol/L}$$

アスパラギン酸やグルタミン酸のような酸性アミノ酸や、リシンのような塩基性アミノ酸は、 α -位のアミノ基とカルボキシ基の他にもアミノ基やカルボキシ基をもつので、3段階に電離する。例えばグルタミン酸の陽イオンは、次のように電離する。



式(3)~(5)のそれぞれの電離定数を $K_3 = 5.0 \times 10^{-3} \text{ mol/L}$, $K_4 = 5.0 \times 10^{-5} \text{ mol/L}$, $K_5 = 2.0 \times 10^{-10} \text{ mol/L}$ とし, グルタミン酸のそれぞれのイオンのモル濃度を次のように表すこととする。

$\text{HOOC}-(\text{CH}_2)_2-\text{CH}(\text{NH}_3^+)-\text{COOH}$ の濃度 : $[^+\text{B}]$

$\text{HOOC}-(\text{CH}_2)_2-\text{CH}(\text{NH}_3^+)-\text{COO}^-$ の濃度 : $[^+\text{C}^-]$

$^- \text{OOC}-(\text{CH}_2)_2-\text{CH}(\text{NH}_3^+)-\text{COO}^-$ の濃度 : $[^+\text{D}^{2-}]$

$^- \text{OOC}-(\text{CH}_2)_2-\text{CH}(\text{NH}_2)-\text{COO}^-$ の濃度 : $[\text{E}^{2-}]$

問1 アミノ酸の水溶液中で, 陽イオン, 双性イオン, 陰イオンの平衡混合物の電荷が全体として0になっているときのpHを等電点という。アラニンの等電点として最も近い数値を, 次の①~⑥のうちから一つ選びなさい。

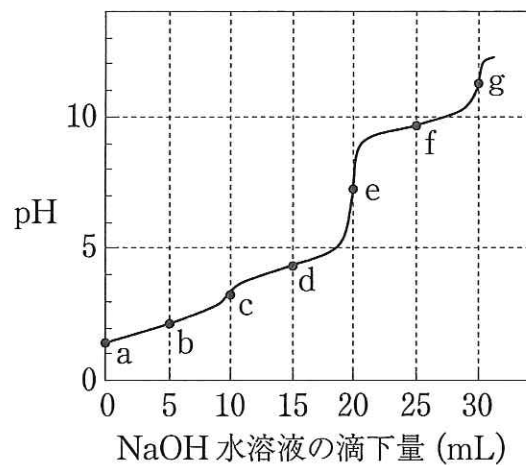
- ① 2.4 ② 3.6 ③ 6.0 ④ 7.0 ⑤ 8.4 ⑥ 9.6

問2 pH 3.0の水溶液中において, アラニンの陽イオン, 双性イオン, 陰イオンの平衡混合物のうち, 双性イオンとして存在する割合として最も近い数値を, 次の①~⑥のうちから一つ選びなさい。 %

- ① 33 ② 50 ③ 60 ④ 75 ⑤ 80 ⑥ 98

問3 右の図は, グルタミン酸の塩酸塩を水酸化ナトリウム水溶液で滴定したときの滴定曲線である。

図中のa~gのpHのうち, グルタミン酸の等電点に最も近いものを, 次の①~⑦のうちから一つ選びなさい。



- ① a ② b ③ c ④ d ⑤ e ⑥ f ⑦ g

問4 グルタミン酸が等電点にあるとき、グルタミン酸のそれぞれのイオンのモル濃度の関係として最も適切なものを、次の①～⑧のうちから一つ選びなさい。

4

- | | |
|---|--|
| ① $[^+B] = [^+C^-]$ | ② $[^+B] = [E^{2-}]$ |
| ③ $[^+C^-] = [^+D^{2-}]$ | ④ $[^+C^-] = [E^{2-}]$ |
| ⑤ $[^+B] + [^+C^-] = [^+D^{2-}] + [E^{2-}]$ | ⑥ $[^+B] = [^+D^{2-}] + [E^{2-}]$ |
| ⑦ $[^+B] = [^+D^{2-}] + 2[E^{2-}]$ | ⑧ $[^+B] = [^+D^{2-}] + \frac{1}{2}[E^{2-}]$ |

問5 グルタミン酸の等電点における水素イオン濃度を表す式として最も適切なものを、次の①～⑨のうちから一つ選びなさい。ただし、等電点における $[E^{2-}]$ は著しく小さいため、無視できるものとする。 5 mol/L

- | | | |
|--------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| ① $K_3 + K_4$ | ② $\sqrt{K_3 \cdot K_4}$ | ③ $\frac{K_3 \cdot K_4}{2}$ |
| ④ $\frac{K_3 + K_4}{2}$ | ⑤ $2(K_3 + K_4)$ | ⑥ $K_4 + K_5$ |
| ⑦ $\sqrt{K_4 \cdot K_5}$ | ⑧ $\frac{K_4 \cdot K_5}{2}$ | ⑨ $\frac{K_4 + K_5}{2}$ |

(下書き用紙)

化学の試験問題は次に続く。

4 次の文章を読み、下の問1～4に答えなさい。〔解答番号 1 ～ 4〕

都市部の地下水には様々な金属イオンが含まれることがあり、これらを調べることは環境調査の観点からも重要である。ここで、ある都市部の2地点から採取した地下水を濃縮した試料水A、Bについて、以下の実験操作を行い、次のような実験結果を得た。これらの結果を用いて、それぞれの問いに答えなさい。ただし、試料水A、Bに含まれる金属イオンは、 Na^+ 、 K^+ 、 Ca^{2+} 、 Zn^{2+} 、 Ag^+ 、 Cd^{2+} 、 Pb^{2+} のうちのいずれかであり、これらの金属イオン以外は含まれていないものとする。

操作1 試料水A、Bのそれぞれに希塩酸を加え、生じた沈殿をろ過して分離した。

操作2 操作1で得られたろ液のそれぞれに硫化水素を十分に吹き込み、沈殿が生じたときは沈殿とろ液に分離した。

操作3 操作2で得られたろ液または水溶液のそれぞれを煮沸し希硝酸を加えた後冷却し、弱塩基性になるまでアンモニア水を加えた。

操作4 操作3で得られたろ液または水溶液のそれぞれに硫化水素を十分に吹き込み、沈殿が生じたときは沈殿とろ液に分離した。

操作5 操作4で得られたろ液または水溶液のそれぞれに炭酸アンモニウム水溶液を加え、沈殿が生じたときは沈殿とろ液に分離した。

	試料Aから生じた沈殿の色	試料Bから生じた沈殿の色
操作1	白色	白色
操作2	黄色	沈殿なし
操作3	沈殿なし	沈殿なし
操作4	沈殿なし	白色
操作5	白色	沈殿なし

操作6 操作5の後、それぞれの試料水のろ液または水溶液について炎色反応を調べたところ、試料Aは赤紫色、試料Bは黄色の炎色反応を示した。

操作7 操作1で、試料水A、Bから得られた沈殿のそれぞれに熱水を加えると、試料水Aから生じた沈殿のみが溶けた。

問1 操作1によって試料水 A, B のそれぞれから生じた沈殿の化学式の組み合わせとして最も適切なものを, 次の①~⑥のうちから一つ選びなさい。 1

	試料水 A から生じた沈殿	試料水 B から生じた沈殿
①	AgCl	CdCl ₂
②	AgCl	PbCl ₂
③	CdCl ₂	AgCl
④	CdCl ₂	PbCl ₂
⑤	PbCl ₂	AgCl
⑥	PbCl ₂	CdCl ₂

問2 操作3において, 試料水 A, B はともに沈殿を生じなかった。もし別の試料水を用いて, この実験操作と同様の手順で操作1~3を行った場合, 操作3で沈殿を生じるイオンの組み合わせとして最も適切なものを, 次の①~⑥のうちから一つ選びなさい。 2

- ① Fe³⁺, Cd²⁺ ② Fe³⁺, Cu²⁺ ③ Fe³⁺, Al³⁺
 ④ Al³⁺, Cd²⁺ ⑤ Al³⁺, Cu²⁺ ⑥ Cd²⁺, Cu²⁺

問3 操作5によって試料水 A から生じた白色沈殿を希塩酸に溶かした後, 炎色反応を調べた場合, 何色の炎色反応を示すか。最も適切なものを, 次の①~⑥のうちから一つ選びなさい。 3

- ① 赤色 ② 橙赤色 ③ 紅色
 ④ 黄緑色 ⑤ 青緑色 ⑥ 紫色

問4 試料水 A, B に含まれる金属イオンの組み合わせとして最も適切なものを, 次の①~⑥のうちから一つ選びなさい。 4

	試料水 A に含まれる金属イオン	試料水 B に含まれる金属イオン
①	$K^+, Zn^{2+}, Cd^{2+}, Pb^{2+}$	Na^+, Ca^{2+}, Ag^+
②	$K^+, Ca^{2+}, Cd^{2+}, Pb^{2+}$	Na^+, Zn^{2+}, Ag^+
③	$K^+, Zn^{2+}, Ag^+, Cd^{2+}$	Na^+, Ca^{2+}, Pb^{2+}
④	$Na^+, Ca^{2+}, Ag^+, Cd^{2+}$	K^+, Zn^{2+}, Pb^{2+}
⑤	$Na^+, Ca^{2+}, Zn^{2+}, Pb^{2+}$	K^+, Ag^+, Cd^{2+}
⑥	$Na^+, Zn^{2+}, Ag^+, Cd^{2+}$	K^+, Ca^{2+}, Pb^{2+}

(下書き用紙)

化学の試験問題は次に続く。

5 次の文章を読み、下の問1～5に答えなさい。〔解答番号 ～ 〕

抗結核薬として用いられる化合物 X は、化合物 A (安息香酸のパラ位にニトロ基、オルト位にアミノ基が結合したベンゼンの三置換体) を原料として、次のような手順で合成される。

手順1 化合物 A に亜硝酸ナトリウム水溶液と希塩酸を反応させると、化合物 B が生じる。

手順2 化合物 B を加熱すると、化合物 C が生じる。

手順3 化合物 C にスズと塩酸を加えて還元すると、化合物 D が生じる。

手順4 化合物 D に炭酸水素ナトリウム水溶液を作用させると、化合物 X が生じる。

問1 化合物 B のようなジアゾニウム塩は不安定であり、加熱すると加水分解するが、ジアゾニウム塩には他にも特徴的な反応がある。その反応の名称として最も適切なものを、次の①～⑥のうちから一つ選びなさい。

- | | | |
|---------|-------------|----------|
| ① ニトロ化 | ② ジアゾ化 | ③ アセタール化 |
| ④ アセチル化 | ⑤ ケト・エノール転位 | ⑥ カップリング |

問2 化合物 C に新たに生じた官能基を確認するための試薬の化学式として最も適切なものを、次の①～⑥のうちから一つ選びなさい。

- | | | |
|--------------------|----------------------------|--|
| ① FeCl_3 | ② AgNO_3 | ③ $\text{CaCl}(\text{ClO}) \cdot \text{H}_2\text{O}$ |
| ④ NaHCO_3 | ⑤ Na_2SO_4 | ⑥ CuSO_4 |

問3 化合物 C から化合物 D に変化することによって新たに生じた官能基と同じ官能基を有する化合物が、下の化合物群の中に一つある。その化合物を酸化することによって生じる物質の用途として最も適切なものを、次の①～⑥のうちから一つ選びなさい。 3

【化合物群】 ニトロベンゼン，アニリン，ベンズアルデヒド，
ベンジルアルコール，安息香酸，ベンゼンスルホン酸

- | | | |
|-------|-------|-------|
| ① 解熱剤 | ② 染料 | ③ 接着剤 |
| ④ 消炎剤 | ⑤ 香辛料 | ⑥ 芳香剤 |

問4 抗結核薬として用いられる化合物 X が有する3つの置換基 a～c (ベンゼン環に結合している原子団や官能基など) の組み合わせとして最も適切なものを、次の①～⑥のうちから一つ選びなさい。ただし、位置異性は考慮しなくてよい。

4

	置換基 a	置換基 b	置換基 c
①	OH	NH ₂	COONa
②	OH	NO ₂	COONa
③	NH ₂	CHO	COOH
④	N ₂ Cl	NO ₂	COOH
⑤	OH	N ₂ Cl	NH ₂
⑥	OH	NO ₂	SO ₃ H

問5 化合物 A (分子量：182) の 36.4 g から、手順 1～4 で合成された化合物 X の質量は 29.8 g であった。化合物 A を基準にしたこの合成反応による化合物 X の収率として最も近い数値を、次の①～⑥のうちから一つ選びなさい。ただし、収率は理論的に得られる生成物の物質質量に対して実際に得られた物質質量の比率である。 5 %

- ① 70 ② 75 ③ 80 ④ 85 ⑤ 90 ⑥ 95