

# 一般選抜 出題傾向／対策・出題のねらい

## 化学

### 〈出題傾向〉

大問は3題または4題で構成されているが、1題の大問がA、Bに分かれて中間形式になっていることが多い。

解答形式は、前期A方式(1/29・1/30)では記述式、前期B方式ではマーク式である。前期A方式(1/29・1/30)の計算問題では、途中の計算過程を記述することが要求される問題が多い。記号選択の問題は、前期A方式(1/29・1/30)のIAでは4つから2つの正解を組み合わせたものを答えさせる形式で、前期B方式のIでは3つの記述から正しいものの組み合わせを答えさせる形式と1つの正解を答えさせる形式である。

出題分野は、前期A方式(1/29・1/30)、前期B方式のすべてで、小問集合、理論化学、無機化学、有機化学で構成されており、昨年度と同様に各分野からまんべんなく出題された。

理論化学では、電池、化学平衡、反応熱、浸透圧、電気分解など、無機化学では、硫黄、鉄、アンモニアなど、有機化学では、アニリン、油脂、アルコール、メチルオレンジなどが出題された。

問題の難易度は、昨年度と同程度であった。基本的な問題や標準的な問題が多いが、やや複雑な思考が必要な問題も出された。制限時間は問題の分量に対して十分であるので、基本的な問題や標準的な問題を中心に解答していけば、合格点に達することができるであろう。計算問題では、条件をあらためて確認し、計算を再度行うことでミスをなくすことも大切である。

### 〈出題のねらい〉

#### 全体を通して

前期A方式(1/29・1/30)は大問3題(I～III)構成、前期B方式は大問4題(I～IV)構成で、それぞれ理論を含む基礎、無機、有機の範囲から出題しています。基本的な知識を問う問題に加えて、思考力、計算力、説明力を必要とする問題も含まれています。教科書を中心に知識や考え方をしっかりと学べば、解答することができるという観点で出題しています。

なお、前期A方式(1/29・1/30)は、計算過程、理由の記述、構造式を答えさせるなど、記述解答式となっています。前期B方式は、すべてマークシート式です。

#### 前期A方式(1月29日)

##### I：小問集合、理論化学

Aは、物質の構造・変化と平衡の分野について、小問形式で基礎的な知識と理解をみる問題です。8設問あり、4つの文の正誤組合せを答える形式ですが、紛らわしい文もありますので、正確な知識と理解が必要です。問1、問4は比較的良好にできていましたが、全体的には正解率が低い傾向にありました。

Bは、NO<sub>2</sub>の平衡をテーマに、解離度、圧平衡定数などについて標準的な内容からやや応用的な内容まで、幅広い理解をみる問題です。

問2では、圧平衡定数を、解離度 $\alpha$ と全圧Pで表せるかを問うており、平衡の量的関係、モル分率の理解が必要です。正解率はあまり高くありませんでした。問3、問4は式が立てられていない解答が目立ちました。問5では、温度を変化させたときの圧平衡定数の変化とその理由を問うており、温度によって解離度 $\alpha$ がどう変化するかを理解し、説明できる力が必要です。変化の解答はよくできていましたが、説明は不十分なものが多く状況でした。

##### II：無機化学、理論化学

Aは、硫黄の同素体や化合物をテーマに、知識と理解をみる標準的な問題です。問1、問2は比較的良好にできていましたが、問3、問4の正解率はあまり高くありませんでした。問5では、接

### 〈学習対策〉

- 理論化学・無機化学・有機化学のいずれにおいても、要求されている知識は、教科書に掲載されている内容が中心である。出題されている内容も、基本的・標準的なものが多い。しかし、あいまいな知識では合格点に達することは難しいであろう。基本レベル～標準レベルの記述形式の問題集を用いながら、基本的な知識や解法が身につけているかを確認していくことが重要である。
- 理論化学では、計算問題が多く出されている。前期A方式(1/29・1/30)では、途中の計算過程を要求されることが多いので、日頃から、適当に式を立てて解くのではなく、採点者に計算過程を説明するという意識しながら解くようにしたい。
- 無機化学では、化学反応式を書く問題が出されることが多い。教科書に掲載されているような化学反応式は、自分で書けるようにしておきたい。化学反応式を単に暗記するだけではなく、その反応が物質のどのような性質に基づいて起こるのかを理解しておくことも重要である。
- 有機化学では、芳香族化合物に関する問題が出されることが多いので、多くの練習問題を解いて慣れておきたい。教科書などを用いて、ベンゼンの反応やフェノールの反応をはじめとした知識を確認しつつ、有機化合物の分離に関する問題によく出てくる反応をまとめておくとよい。

触法による硫酸の製造工程の理解をもとに、反応の量的な関係を問うています。正解率は低く、無解答者も目立ちました。基本的な計算を、確実にできるようにしておいてほしいと思います。

Bは、コバルトの錯イオンの構造に関する、応用的な問題です。問1は正確な用語を用いて答える必要があります。問2はよくできていましたが、問3は正解率がやや低い状況でした。問4、問5はできていませんでした。

問4は、[Co(NH<sub>3</sub>)<sub>a</sub>Cl<sub>b</sub>]Cl<sub>c</sub>において配位子の数の合計が6なので、 $a + b = 6$ です。また、錯体は電氣的に中性なので各イオン(Co<sup>3+</sup>とCl<sup>-</sup>)の電荷の合計が0であることに気づけば、 $b + c = 3$ です。このような考え方ができるかどうかのポイントです。見たことのない問題だったかもしれませんが、教科書で学んだ知識だけで解こうとするのではなく、設問文に書かれていることを組み合わせて考えれば解くことができます。

##### III：有機化学

Aは、分子式がC<sub>5</sub>H<sub>12</sub>Oの異性体(アルコールとエーテル)に関する問題です。異性体を書きだし、それぞれの異性体もっている官能基や構造が判断できるかを問うています。

問5の化合物Hの構造式の正解率は低い状況でした。問5では、ヨードホルム反応の原理だけでなく、実際にどんな反応が起きてどんな物質が生成するのかを問いました。問題文中に化学反応式の一部を示しているのは、丸暗記を求めているのではなく、反応の原理から物質を推定できるかを問いたいためです。問6では、沸点は分子間力によって決まることから、水素結合の有無と沸点の関係が理解できているかを問いました。

Bは、ベンゼンからニトロベンゼン、アニリンをつくるという、有名な反応をテーマにしています。

問1は、混酸と、ベンゼンやニトロベンゼンのどちらが上層になるかを問うています。コロナ禍で実際に実験をする機会が減っていたかと思いますが、問題文中の密度からも、判断できると思います。問3の強塩基NaOHによる追い出し反応の式は、教科書にも記載されている代表的な反応式です。問4はニトロベンゼンからアニリンをつくる反応に関する計算問題ですが、

正解率は低い状況でした。

### 前期A方式(1月30日)

#### I：小問集合、理論化学

Aは、物質の構造・変化と平衡の分野について、小問形式で基礎的な知識と理解をみる問題です。8設問あり、4つの文の正誤組合せを答える形式ですが、紛らわしい文もありますので、正確な知識と理解が必要です。問6、問8は比較的よくできていましたが、全体的には正解率が低い傾向にありました。

Bは、二酸化炭素の水への溶解をテーマに、標準的な内容からやや応用的な内容まで、幅広い理解をみる問題です。

問1の名称はあまりできていませんでしたが、問2(1)はよくできていました。問3は、 $x + y$ は二酸化炭素の全量、 $x$ は気体部分の二酸化炭素の状態方程式、 $y$ は2.0Lの水に溶解する二酸化炭素の量から、それぞれ求めることができます。解いたことがない問題だったかもしれませんが、各数値や文字との関係をじっくりと考えていく力を問いました。解答①は正解率が高く、③は正解率が低い状況でした。

#### II：無機化学、理論化学

Aは、鉄とその化合物をテーマに、鉄の化合物の性質、製錬、結晶格子などに関する理解をみる問題です。

問2では、鉄、銅、鉛の希硫酸に対する反応を、イオン化傾向だけでなく、生成物質の性質まで理解したうえで、文章で答えさせています。問3はイオン反応式を正確に書けるようにしておく必要があります。問4、問5は計算ミスなくすることが大切です。

Bは、ハーバー・ボッシュ法でのアンモニア製造をテーマに、アンモニアの性質、反応量の計算、発熱反応であることの理由などを問うています。

問1はよくできていました。問3では、反応条件に応じた数値をグラフから読み取り、平衡時の生成量を計算する標準的な問題です。化学として重要な内容ですので、確実に理解しておく必要があります。問4の反応の正解率は高い傾向にありましたが、理由は不十分なものが多く状況でした。

#### III：有機化合物

Aは、油脂のエステル交換反応をテーマに、油脂を構成する脂肪酸の性質、分子量、エステルの異性体の数などについての理解をみる問題です。エステル交換反応は教科書には記載がないと思いますが、問題文中に「油脂とメタノールを混合して加熱すると、脂肪酸のメチルエステルとグリセリンが得られる」という説明と化学反応式が記載してあります。ここの理解ができるかがポイントとなります。

問1、問3は比較的よくできていましたが、問2の分子量はあまりできていませんでした。問4は、エステル交換反応の化学的な意味が分かれば、反応式の係数比から反応量の計算は基礎的な内容です。化学では、このように難しく思える反応であっても、加水分解、エステル化、反応式の係数比などの基本的な事項に解きほぐしていく力が大切です。問4、問5の正解率は低い傾向にありました。

Bは、ベンゼン環の置換基の配向性をテーマに、どのような物質が生成しやすいのかなどを問う問題です。医療的に有用な

物質を合成するとき、配向性の考え方は重要です。

問1の生成する物質の名称、問3の化合物Aの構造式ができていませんでした。問4では化合物Cの構造式が特にできていませんでした。

### 前期B方式(1月31日)

#### I：物質の構造

小問集合形式で、幅広い知識と理解をみる問題です。

問1は、酸化還元反応の原理と酸化力の強さから、各反応が起こるかどうかを問いましたが、正解率は3割以下でした。ヨウ素ヨウ化カリウム水溶液はKIと $I_2$ の混合物で、二酸化硫黄を吹き込むと、 $I_2$ が還元されてHIが生成することがポイントです。

#### II：無機化学、理論化学

Aは、5種類の塩の水溶液をテーマに、試薬による色の変化や発生する気体などから、塩を決定できるかを問う問題です。

問2、3は標準的な問題で、比較的よくできていました。問4では、最終的にどの塩かを判定するのに必要な実験操作を問う問題で、実験の手順や、各物質の性質と反応に関する深い理解が必要とされました。

Bは、2つの電解槽を直列に接続し、電池も直列にした電気分解の問題です。電子の流れの逆が電流の流れですから、電解槽や電池を直列に接続したら、すべての電解槽や電池に同じ物質の電子が流れることがポイントです。

#### III：理論化学

Aは、ペロブスカイト型結晶格子をテーマに、各イオンが単位格子内に含まれる個数、各イオンの配置、各イオンの半径などが求められるかを問う問題です。見慣れない結晶だと思えますが、説明文や図を読み取ったうえで、標準的な結晶格子の考え方を適用できるかがポイントです。

Bは、酢酸エチルの加水分解反応の反応時間をテーマに、反応の量的な関係を読み解き、計算である反応時間における物質の量を求める問題です。

問2では、酢酸エチルの加水分解が完全に進行した3日後におけるNaOH水溶液の滴下量を求める、やや難しい問題です。「加水分解が完全に進行した」ときに生成している酢酸の物質量は、最初の酢酸エチルの物質量に等しいことがポイントです。全体にやや問題量が多いためか、問3は無解答者が目立ちました。

#### IV：有機化学

Aは、小問集合形式で、炭化水素の異性体、アルコールの分類、アルデヒドの性質、芳香族化合物の決定などに関する理解をみる問題です。

Bは、指示薬として用いられているメチルオレンジをテーマに、ジアゾ化、ジアゾニウム塩の温度分解などの理解をみる問題です。

問3では、下線部ii)の反応でメチルオレンジが生成していることが読み取れれば、酸性で赤色、塩基性で黄色となることがわかります。しかし、最後の方の問題でじっくり考えることができなかつたためか、正解率は3割程度にとどまりました。

入試概要

総合型選抜

公募型学校推薦選抜

英 公募型学校推薦選抜  
語

数 公募型学校推薦選抜  
学

生 公募型学校推薦選抜  
物

化 公募型学校推薦選抜  
学

国 公募型学校推薦選抜  
語

一般選抜

一般選抜英語

一般選抜日本語

一般選抜世界史

一般選抜生物

一般選抜化学

一般選抜数学

一般選抜国語

音楽実技

A 1 化 学

I 次の問題A・Bに答えなさい。ただし、原子量は、H=1.0、C=12、O=16とします。また、0℃、 $1.013 \times 10^5 \text{ Pa}$  (標準状態)における気体1 molの体積を22.4 L、気体定数  $R = 8.3 \times 10^3 \text{ Pa} \cdot \text{L} / (\text{K} \cdot \text{mol})$ 、アボガドロ定数を  $6.0 \times 10^{23} / \text{mol}$  とします。

A 次の問1～問8について、(a)～(d)の中から適当なものだけを2つ選んだ組み合わせを、それぞれア～カの中から1つずつ選び、記号で答えなさい。

問1 周期表と元素の性質についての次の記述のうち、正しいもの。

- (a) 遷移元素には、金属元素と非金属元素が含まれる。
  - (b) 2族の元素はすべて金属元素である。
  - (c) 14族の元素はすべて非金属元素である。
  - (d) 18族の元素は貴ガスとよばれ、一般に反応性に乏しい。
- ア (a), (b)                      イ (a), (c)                      ウ (a), (d)  
 エ (b), (c)                      オ (b), (d)                      カ (c), (d)

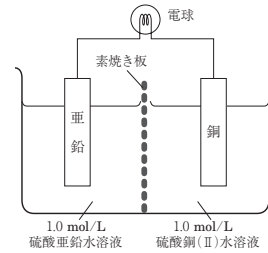
問2 分子についての次の記述のうち、正しいもの。

- (a) 二酸化炭素分子中の、共有電子対の総数と非共有電子対の総数は等しい。
  - (b) ジクロロメタンはメタンと同じ四面体形の分子構造であり、無極性分子である。
  - (c) アンモニアは四角すい形の分子構造であり、極性分子である。
  - (d) シアン化水素は直線形の分子構造であり、極性分子である。
- ア (a), (b)                      イ (a), (c)                      ウ (a), (d)  
 エ (b), (c)                      オ (b), (d)                      カ (c), (d)

問3 質量や体積などの量についての次の記述のうち、正しいもの。

- (a) メタン4.0 mol中のH原子の質量は12 gである。
  - (b) 2.0 molのアンモニア分子中に含まれるH原子の総数は  $3.6 \times 10^{24}$  個である。
  - (c) 2.2 gの二酸化炭素中に含まれるO原子の質量は0.80 gである。
  - (d) 3.5 gのエチレン(エテン)を完全燃焼させたときに生じる二酸化炭素の体積は、0℃、 $1.013 \times 10^5 \text{ Pa}$  (標準状態)の下で5.6 Lである。
- ア (a), (b)                      イ (a), (c)                      ウ (a), (d)  
 エ (b), (c)                      オ (b), (d)                      カ (c), (d)

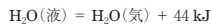
問4 次の図で表されるダニエル電池についての後の記述のうち、正しいもの。



- (a) 負極活性物質は亜鉛であり、正極活性物質は硫酸銅(II)である。
  - (b) 放電すると、亜鉛板の質量が増加し、銅板の質量が減少する。
  - (c) 硫酸銅(II)水溶液の濃度を大きくすると、電池を長持ちさせる。
  - (d) 素焼き板を取り除くと、起電力が大きくなる。
- ア (a), (b)                      イ (a), (c)                      ウ (a), (d)  
 エ (b), (c)                      オ (b), (d)                      カ (c), (d)

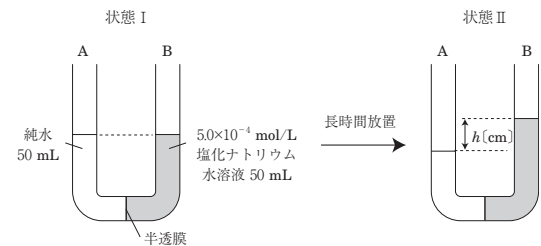
問5 化学反応と熱についての次の記述のうち、正しいもの。

- (a) 発熱反応では、反応物のもつ化学エネルギーの総和よりも、生成物のもつ化学エネルギーの総和の方が大きい。
- (b) 一酸化炭素の生成熱  $111 \text{ kJ/mol}$  と一酸化炭素の燃焼熱  $283 \text{ kJ/mol}$  から、二酸化炭素の生成熱を求めることができる。
- (c) 水素の燃焼熱と液体の水の生成熱は等しい。
- (d) 水の蒸発熱が  $44 \text{ kJ/mol}$  であることは、次の熱化学方程式で表せる。



- ア (a), (b)                      イ (a), (c)                      ウ (a), (d)  
 エ (b), (c)                      オ (b), (d)                      カ (c), (d)

問6 次の図に示すU字管を用いて、浸透圧に関する実験を行った。この結果について、正しいもの。ただし、温度は27℃とし、半透膜は水分子のみを通過させるものとします。

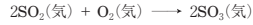


- (a) 状態Iで温度を67℃に変えて長時間放置すると、状態IIの液面差は  $h \text{ [cm]}$  よりも大きくなる。
- (b) 状態IでA側に純水を10 mL追加して長時間放置すると、状態IIの液面差は  $h \text{ [cm]}$  になる。
- (c) 状態IでB側に純水を10 mL追加して長時間放置すると、状態IIの液面差は  $h \text{ [cm]}$  よりも大きくなる。
- (d) 状態IでB側に  $5.0 \times 10^{-4} \text{ mol/L}$  の塩化ナトリウム水溶液を10 mL追加して長時間放置すると、状態IIの液面差は  $h \text{ [cm]}$  よりも大きくなる。

- ア (a), (b)                      イ (a), (c)                      ウ (a), (d)  
 エ (b), (c)                      オ (b), (d)                      カ (c), (d)

入試概要  
 総合型選抜  
 公募型学校推薦選抜  
 英 公募型学校推薦選抜  
 語 公募型学校推薦選抜  
 数 公募型学校推薦選抜  
 学 公募型学校推薦選抜  
 生 公募型学校推薦選抜  
 物 公募型学校推薦選抜  
 化 公募型学校推薦選抜  
 学 公募型学校推薦選抜  
 国 公募型学校推薦選抜  
 語 公募型学校推薦選抜  
 一 一般選抜  
 般 一般選抜英語  
 選 一般選抜日本語  
 抜 一般選抜世界史  
 一 一般選抜生物  
 般 一般選抜化学  
 選 一般選抜数学  
 抜 一般選抜国語  
 音 音楽実技

問7 次の反応が進行しているとき、操作前と比較して反応速度が大きくなるもの。ただし、反応は温度と体積を調整できる密閉容器で行っており、適切な触媒を用いているものとします。また、この反応は発熱反応です。



- (a) 体積を一定に保ったまま、 $\text{SO}_3$ のみを除く。
  - (b) 体積を一定に保ったまま、 $\text{O}_2$ を加える。
  - (c) 体積を一定に保ったまま、温度を上げる。
  - (d) 温度を一定に保ったまま、体積を2倍に変化させる。
- ア (a), (b)                      イ (a), (c)                      ウ (a), (d)  
 エ (b), (c)                      オ (b), (d)                      カ (c), (d)

問8 水溶液のpHについての次の記述のうち、正しいもの。ただし、温度は25℃、水のイオン積  $K_w = [\text{H}^+][\text{OH}^-] = 1.0 \times 10^{-14} (\text{mol/L})^2$  とします。また、強酸と強塩基の電離度は1、弱酸の電離度は1に比べて非常に小さいものとします。

- (a) pH 2.9 に調整された酢酸水溶液を10倍に希釈すると、pH は約3.9になる。
  - (b) 0.10 mol/L の酢酸水溶液 100 mL と、0.10 mol/L の水酸化ナトリウム水溶液 100 mL の混合液のpH は約7.0である。
  - (c) 0.10 mol/L の酢酸水溶液 100 mL と、0.20 mol/L の塩酸 100 mL の混合液のpH は約1.0である。
  - (d) 0.10 mol/L の酢酸水溶液 100 mL と、0.12 mol/L の水酸化ナトリウム水溶液 100 mL の混合液のpH は約12.0である。
- ア (a), (b)                      イ (a), (c)                      ウ (a), (d)  
 エ (b), (c)                      オ (b), (d)                      カ (c), (d)

B 次の文章を読んで、後の問1～問5に答えなさい。ただし、気体は理想気体として扱えるものとします。

四酸化二窒素  $\text{N}_2\text{O}_4$  は、室温付近では次の式(1)のようにその一部が解離して二酸化窒素  $\text{NO}_2$  を生成し、平衡状態になる。



容積可変の密閉容器の容積を  $V$  [L] に固定して、 $n$  [mol] の  $\text{N}_2\text{O}_4$  を封入し  $T_1$  [K] で一定に保ったところ、 $\text{N}_2\text{O}_4$  と  $\text{NO}_2$  が混在する平衡状態になり、容器内の圧力は  $P$  [Pa] になった。

問1  $\text{N}_2\text{O}_4$  の解離度 (解離した分子の割合) を  $\alpha$  ( $0 \leq \alpha \leq 1$ ) として、平衡状態における容器内の混合気体の物質量を、 $n$  と  $\alpha$  を用いた式で答えなさい。

問2 式(1)の圧平衡定数  $K_p$  は、平衡状態における  $\text{N}_2\text{O}_4$  の分圧  $p_{\text{N}_2\text{O}_4}$  [Pa] と  $\text{NO}_2$  の分圧  $p_{\text{NO}_2}$  [Pa] を用いて、次の式(2)で定義される。

$$K_p = \frac{p_{\text{NO}_2}^2}{p_{\text{N}_2\text{O}_4}} \quad \dots(2)$$

$K_p$  を、 $\alpha$  と  $P$  を用いた式で答えなさい。

問3  $V = 8.3$  L,  $n = 0.16$  mol,  $T_1 = 300$  K のとき、平衡状態での容器内の圧力は、 $P = 6.0 \times 10^4$  Pa になった。このとき、 $\text{N}_2\text{O}_4$  の解離度  $\alpha$  を有効数字2桁で求めなさい。答を求めるための過程も書きなさい。

問4 300 K における圧平衡定数は、 $K_p = 1.6 \times 10^4$  Pa である。容器内の圧力を  $2.1 \times 10^4$  Pa に保ったとき、平衡状態における  $\text{N}_2\text{O}_4$  の解離度  $\alpha$  を有効数字2桁で求めなさい。答を求めるための過程も書きなさい。

問5 式(1)の反応熱は、 $\text{N}_2\text{O}_4$  1 mol あたり  $-57.2$  kJ である。容積の固定を外して圧力を一定に保ち、温度を  $T_1$  [K] よりも高くした場合、圧平衡定数  $K_p$  の値は  $T_1$  [K] のときと比べてどのように変化するかを答えなさい。また、その理由を述べなさい。

II 次の問題A・Bに答えなさい。ただし、原子量はH=1.0、N=14、O=16、S=32、Cl=35.5、Co=59、Ag=108とします。

A 次の文章を読んで、後の問1～問5に答えなさい。

硫黄は元素の周期表 ① 族に属する元素であり、その原子は ② 個の価電子をもつ。硫黄の単体には複数の ③ が知られており、<sup>i)</sup> 斜方硫黄、単斜硫黄、ゴム状硫黄はその代表的な物質である。

硫黄は様々な元素の原子と結合して化合物をつくる。代表的な硫黄の化合物には、硫化水素、二酸化硫黄、硫酸などがある。硫化水素は、無色、④ 臭の気体であり、<sup>ii)</sup> 硫化鉄(II)と希硫酸との反応によって発生する。二酸化硫黄は、⑤ 色、刺激臭の気体であり、<sup>iii)</sup> 銅と熱濃硫酸との反応によって発生する。硫酸は、無色、粘性の大きな液体であり、工業的には次の工程1、工程2を経て合成される。この硫酸の工業的製法は ⑥ 法と呼ばれる。

【工程1】 触媒に ⑦ を用いて二酸化硫黄を空気中の酸素と反応させて三酸化硫黄とする。

【工程2】 三酸化硫黄を濃硫酸に吸収させて発煙硫酸とし、これを希硫酸に加えて濃硫酸とする。

問1 ① ～ ⑦ に入れるのに最も適当な語句または数値を、それぞれ次のア～ツの中から1つずつ選び、記号で答えなさい。

- |       |           |              |
|-------|-----------|--------------|
| ア 5   | イ 6       | ウ 7          |
| エ 15  | オ 16      | カ 17         |
| キ 白金  | ク 塩化銅(II) | ケ 酸化バナジウム(V) |
| コ 同位体 | サ 異性体     | シ 同素体        |
| ス 接触  | セ オストワルト  | ソ ハーバー・ボッシュ  |
| タ 赤褐  | チ 無       | ツ 腐卵         |

問2 下線部 i) に関連して、次のア～エの中から正しい記述を2つ選び、記号で答えなさい。

- ア 常温において最も安定な単体は、斜方硫黄である。
- イ 常温においていずれも固体で存在する。
- ウ いずれも分子式  $S_8$  で表される。
- エ いずれも水に溶けやすく、強酸性を示す。

問3 下線部 ii) と同様の反応様式で起こる反応を、次のア～エの中からすべて選び、記号で答えなさい。

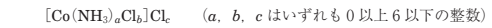
- ア  $Zn + H_2SO_4 \longrightarrow ZnSO_4 + H_2$
- イ  $CaCO_3 + 2HCl \longrightarrow CaCl_2 + H_2O + CO_2$
- ウ  $2H_2O_2 \longrightarrow 2H_2O + O_2$
- エ  $CH_3COONa + HCl \longrightarrow CH_3COOH + NaCl$

問4 下線部 iii) で起こる反応を、化学反応式で書きなさい。

問5 質量パーセント濃度 98%、密度  $1.8\text{g/cm}^3$  の濃硫酸を希釈して、 $1.0\text{mol/L}$  の希硫酸  $0.50\text{L}$  を調製した。このとき必要な濃硫酸の体積 (mL) を有効数字 2 桁で求めなさい。答を求めるための過程も書きなさい。

B 次の文章を読んで、後の問1～問5に答えなさい。

金属の陽イオンに、陰イオンや分子が配位結合したものを錯体という。コバルト(III)イオン  $Co^{3+}$  も様々な錯体を形成する。 $Co^{3+}$  は  $Fe^{2+}$  や  $Fe^{3+}$  と同様に八面体形の錯体を形成し、 $Co^{3+}$  に塩化物イオン  $Cl^-$  やアンモニア  $NH_3$  が配位結合してできた錯体には、配位する  $Cl^-$  と  $NH_3$  の数の違いによって複数のものが存在する。その一例として、 $[Co(NH_3)_aCl_b]Cl$  があり、これは  $Co^{3+}$  に 2 個の  $Cl^-$  と 4 個の  $NH_3$  分子が配位結合してできた錯イオン  $[Co(NH_3)_4Cl_2]^+$  と  $Cl^-$  からなる錯体である。このような錯体は、一般に次のように表すことができる。



$Co^{3+}$ 、 $Cl^-$ 、 $NH_3$  からなる錯体 X について、次の実験 1、2 を行った。ただし、錯体 X は電気的に中性の化合物である。

【実験 1】 錯体 X を水に溶かし、その水溶液の電気伝導性を調べたところ、電流が流れることが確かめられた。

【実験 2】 錯体 X  $25.0\text{g}$  を水に完全に溶かしたのち、硝酸銀水溶液を分量加えたところ、塩化銀 (式量 143.5) が  $28.7\text{g}$  生成した。これを光が当たった室内にしばらく放置したところ、色が変わった。

問1 実験 1 に関連して、錯体 X の水溶液に電流が流れた理由を述べなさい。

問2 実験 2 で生じた塩化銀の色と、光が当たった室内にしばらく放置したときに変化した色として最も適当なものを、次のア～オの中からそれぞれ 1 つ選び、記号で答えなさい。

- ア 白      イ 黄      ウ 赤褐      エ 深青      オ 黒

問3 実験 2 の結果から考えたとき、錯体 X の式量を  $M$  として、化学式中の c と M の比の値  $\frac{c}{M}$  を、有効数字 2 桁で求めなさい。答を求めるための過程も書きなさい。ただし、配位結合している塩化物イオンは、塩化銀の沈殿を形成しないものとして考えなさい。

問4  $[Co(NH_3)_aCl_b]Cl_c$  について、a および b を、それぞれ c を用いた式で表しなさい。

問5 錯体 X において、錯体 X を表す組成式中の a、b、c の値をそれぞれ求めなさい。

III 次の問題 A・B に答えなさい。ただし、原子量は H=1.0、C=12、N=14、O=16 とします。

A 次の文章を読んで、後の問1～問6に答えなさい。

化合物 A、B、C、D の分子式はいずれも  $C_5H_{12}O$  であり、A、C、D には不斉炭素原子が存在していることがわかっている。これらに関して操作 1～5 を行い、次の結果を得た。

【操作 1】 A～D それぞれに少量の単体のナトリウムを加えると、A、B、C からは気体が発生したが、D からは気体が発生しなかった。

【操作 2】 A～C それぞれに硫酸酸性二クロム酸カリウム水溶液を加えておだやかに酸化すると、A は化合物 E に、B は化合物 F に、C は化合物 G に変化した。

【操作 3】 操作 2 で得られた E、F、G それぞれをアンモニア性硝酸銀水溶液に加えて加温すると、E では銀が析出したが、F、G では銀の析出がなかった。

【操作 4】 さらに操作 2 で得られた E、F、G それぞれをヨウ素の入った水酸化ナトリウム水溶液に加えて加温すると、G では黄色沈殿が生じたが、E、F では沈殿が生じなかった。

【操作 5】 C に濃硫酸を加えて加熱すると、シス-トランス異性体 (幾何異性体) をもたない 2 種類のアルケンが生じた。

問1 下線部 i) で発生した気体の化学式を答えなさい。

問2 下線部 ii) に関連して、この反応を用いて検出できる官能基の名称を答えなさい。

# 化学〔前期A方式 1/29〕

入試概要

総合型選抜

公募型学校推薦選抜

英語

数学

生物

化学

国語

一般選抜

一般選抜英語

一般選抜日本史

一般選抜世界史

一般選抜生物

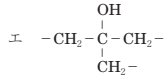
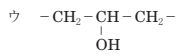
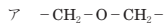
一般選抜化学

一般選抜数学

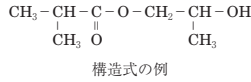
一般選抜国語

音楽実技

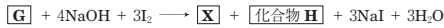
問3 化合物Aがもつ構造として最も適当なものを、次のア～エの中から1つ選び、記号で答えなさい。



問4 化合物B、Dの構造式を、次の例にならってそれぞれ答えなさい。



問5 下線部iii)に関連して、Gで起こった反応を以下の化学反応式で表したとき、黄色沈殿[X]の分子式と、[化合物H]の構造式をそれぞれ答えなさい。なお、構造式は問4の例にならって答えなさい。



問6 化合物A～Dの沸点を比較したとき、最も低いものを記号で答えなさい。また、そのように判断した理由を、分子間にはたらく引力の違いに着目して簡単に述べなさい。

B 次の文章を読んで、後の問1～問4に答えなさい。

染料や医薬品を合成するための原料であるアニリンは、特有の臭気をもつ無色油状の液体であり、ベンゼンからニトロベンゼンを經由して合成される。この合成手順は、次の通りである。

【手順1】濃硝酸10 mLをビーカーに入れた。その後、濃硝酸をかくはんしながら、濃硫酸10 mLを加え、混酸(密度1.7 g/cm<sup>3</sup>)を作製した。

【手順2】三角フラスコにベンゼン20 mLを入れて振り混ぜながら、手順1で作製した混酸を数回に分けて全量加えた。その後、内容物の温度を60～70℃に保ち、1時間反応させた。

【手順3】手順2の反応液を分液ろうとに入れてろうと台に静置し、混酸を除いた。

【手順4】手順3の分液ろうとに蒸留水50 mLを加えて有機層を洗浄した後、ろうと台に静置して水層を分離した。

【手順5】手順4の操作をさらに2回繰り返した後、有機層を三角フラスコに入れて乾燥剤で水を取り除いた。

【手順6】手順5の溶液をろ過して得られたろ液を分留することにより、純粋なニトロベンゼン(密度1.2 g/cm<sup>3</sup>)を得た。

【手順7】丸底フラスコに、手順6で得られたニトロベンゼン10 mLとスズを入れ、濃塩酸を加えた。その後、よく振り混ぜながら反応させた。

【手順8】手順7の後、スズを取り除いた反応液を三角フラスコに移し、リトマス紙で液が塩基性を示すことが確認できるまで、よく振り混ぜながら水酸化ナトリウム水溶液を加えた。

【手順9】手順8の反応液にジエチルエーテルを加えてよく振り混ぜた後、分液ろうとに入れて静置した。水層を除去してジエチルエーテル層を蒸発皿に取り、ジエチルエーテルを蒸発させてアニリンを得た。

問1 下線部i)の分液ろうと内の状態として最も適当なものを、次のア～エの中から1つ選び、記号で答えなさい。

ア 混酸の上層に未反応のベンゼンが、混酸の下層にニトロベンゼンが分離する。

イ 混酸の下層に、ベンゼンとニトロベンゼンの混合物が分離する。

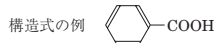
ウ 混酸の上層に、ベンゼンとニトロベンゼンの混合物が分離する。

エ ニトロベンゼンは混酸に混じるが、混酸の上層に未反応のベンゼンが分離する。

問2 下線部ii)に関連して、このときニトロベンゼンに起こった反応名として最も適当なものを、次のア～エの中から1つ選び、記号で答えなさい。

ア 酸化      イ 還元      ウ 脱水      エ 置換

問3 下線部iii)に関連して、水酸化ナトリウム水溶液を加えたときに起こる有機化合物の変化の反応式を書きなさい。有機化合物の構造式は次の例にならって書きなさい。



問4 手順7で用いたニトロベンゼンが、手順7～9で完全に反応したとする。このとき得られるアニリンの質量(g)を有効数字2桁で求めなさい。答を求めるための過程も書きなさい。

(化学問題 おわり)

A 2 化 学

I 次の問題A・Bに答えなさい。

ただし、気体定数は  $R = 8.3 \times 10^3 \text{ Pa} \cdot \text{L} / (\text{K} \cdot \text{mol})$  とします。

A 次の問1～問8について、(a)～(d)の中から適当なものだけを2つ選んだ組み合わせを、それぞれア～カの中から1つずつ選び、記号で答えなさい。

問1 化学結合についての次の記述のうち、正しいもの。

- (a) 黄銅(真ちゅう)は、銅と亜鉛が金属結合で結びついている。
- (b) 塩化ナトリウムはナトリウムイオンと塩化物イオンがイオン結合で結びついている。
- (c) 塩化水素は水素イオンと塩化物イオンがイオン結合で結びついている。
- (d) 硫酸アンモニウムは硫酸とアンモニアが共有結合で結びついている。

- ア (a), (b)                      イ (a), (c)                      ウ (a), (d)  
 エ (b), (c)                      オ (b), (d)                      カ (c), (d)

問2 分子間力についての次の記述のうち、正しいもの。

- (a) ドライアイスでは、二酸化炭素分子間にファンデルワールス力がはたらいている。
- (b) 水と硫化水素では、分子量の大きな硫化水素の方が沸点は高い。
- (c) 塩化水素とフッ素では、極性分子である塩化水素の方が沸点は高い。
- (d) フッ化水素とフッ化ナトリウムでは、水素結合を形成するフッ化水素の方が沸点は高い。

- ア (a), (b)                      イ (a), (c)                      ウ (a), (d)  
 エ (b), (c)                      オ (b), (d)                      カ (c), (d)

問3 酸塩基反応とその水溶液の液性についての次の記述のうち、正しいもの。

- (a) 炭酸水素ナトリウムと水酸化ナトリウムの反応では、炭酸水素イオンが塩基としてはたらいっている。
- (b) 炭酸水素ナトリウムの水溶液は塩基性を示す。
- (c) 塩化アンモニウムと水酸化ナトリウムの反応では、アンモニウムイオンが酸としてはたらいっている。
- (d) 塩化アンモニウムの水溶液は塩基性を示す。

- ア (a), (b)                      イ (a), (c)                      ウ (a), (d)  
 エ (b), (c)                      オ (b), (d)                      カ (c), (d)

問4 次に示す化学反応式のうち、下線部の物質が酸化剤としてはたらいっているもの。

- (a)  $2\text{K}_2\text{CrO}_4 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 + \text{K}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{O}$
- (b)  $2\text{KI} + \underline{\text{O}_3} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{KOH} + \text{I}_2 + \text{O}_2$
- (c)  $\text{Na}_2\text{SO}_3 + \underline{\text{H}_2\text{SO}_4} \rightarrow \text{Na}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{O} + \text{SO}_2$
- (d)  $2\text{H}_2\text{S} + \underline{\text{SO}_2} \rightarrow 3\text{S} + 2\text{H}_2\text{O}$

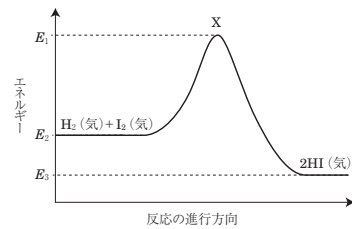
- ア (a), (b)                      イ (a), (c)                      ウ (a), (d)  
 エ (b), (c)                      オ (b), (d)                      カ (c), (d)

問5 蒸気圧降下と沸点上昇についての次の記述のうち、正しいもの。ただし、電解質は水溶液中で完全に電離しているものとします。

- (a) 同じ温度において、0.10 mol/kgの塩化ナトリウム水溶液と0.10 mol/kgのスクロース水溶液の飽和蒸気圧は等しい。
- (b) 同じ温度において、0.050 mol/kgの塩化カルシウム水溶液よりも0.10 mol/kgの塩化ナトリウム水溶液の方が、飽和蒸気圧が大きい。
- (c) 大気圧下において、0.10 mol/kgの塩化カルシウム水溶液と0.30 mol/kgのグルコース水溶液の沸点は等しい。
- (d) 塩化カルシウム水溶液を大気圧下で沸騰させ続けると、徐々に水溶液の温度が上昇していく。

- ア (a), (b)                      イ (a), (c)                      ウ (a), (d)  
 エ (b), (c)                      オ (b), (d)                      カ (c), (d)

問6 次の図は水素とヨウ素が反応してヨウ化水素が生成する変化の、反応の進行とエネルギー変化の関係を表したものです。これに関する後の記述のうち、正しいもの。



- (a) この反応の反応熱は  $E_3 - E_2$  で表される。
- (b) この反応の正反応の活性化エネルギーは、 $E_1 - E_2$  で表される。
- (c) Xのエネルギー状態を活性化状態という。
- (d) 触媒として白金を加えると、 $E_2$ と $E_3$ の値が大きくなる。

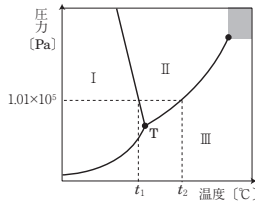
- ア (a), (b)                      イ (a), (c)                      ウ (a), (d)  
 エ (b), (c)                      オ (b), (d)                      カ (c), (d)

問7 コロイドに関する次の記述のうち、正しいもの。

- (a) 疎水コロイドの溶液に少量の電解質を加えると、コロイド粒子が集合して沈殿する。これを凝析という。
- (b) 水酸化鉄(III)のコロイドは、親水コロイドである。
- (c) コロイド溶液に強い光線当てると、光の通過路が明るく見える。これをチンダル現象という。
- (d) 寒天やゼリーのように流動性のないコロイドをゾルという。

- ア (a), (b)                      イ (a), (c)                      ウ (a), (d)  
 エ (b), (c)                      オ (b), (d)                      カ (c), (d)

問8 次の図は水の状態図です。これに関する後の記述のうち、正しいもの。



- (a) 領域Ⅰは固体、領域Ⅱは気体、領域Ⅲは液体を表す。
  - (b) 点Tでは、固体、液体、気体が、平衡状態で共存する。
  - (c) 大気圧 ( $1.01 \times 10^5 \text{ Pa}$ ) における水の融点は  $t_1$  [°C] であり、沸点は  $t_2$  [°C] である。
  - (d) 水の融点は、圧力が大きくなると高くなる。
- ア (a), (b)      イ (a), (c)      ウ (a), (d)  
エ (b), (c)      オ (b), (d)      カ (c), (d)

B 次の文章を読んで、後の問1～問3に答えなさい。ただし、気体は理想気体としてふるまうものとし、また、水の飽和蒸気圧は無視できるものとします。なお、 $1.0 \times 10^5 \text{ Pa}$  での二酸化炭素の水1 Lへの溶解度は7°Cで  $6.2 \times 10^{-2} \text{ mol}$ 、27°Cで  $3.2 \times 10^{-2} \text{ mol}$  です。

図のようなピストン付きの容器を用いて、実験1、2を行った。



- 【実験1】 この容器に、気体の溶けていない水2.0 Lと二酸化炭素  $3.1 \times 10^{-1} \text{ mol}$  を入れて、容器内を  $2.0 \times 10^5 \text{ Pa}$ 、7°Cにして十分な時間放置した。
- 【実験2】 実験1に続けてピストンを移動させ、気体部分の体積を0.83 Lにしてピストンを固定した。その後、容器内を27°Cに保ち、十分な時間放置した。

問1 温度が一定のとき、一定量の溶媒に溶ける難溶性気体の物質量は、その気体の圧力に比例する。この法則の名称を答えなさい。

問2 実験1終了時における次の(1)、(2)の数値を、それぞれ有効数字2桁で求めなさい。答を求めるための過程も書きなさい。ただし、二酸化炭素は問1の法則にしたがうものとします。

- (1) 水に溶解している二酸化炭素の物質量 (mol)
- (2) 気体部分の体積 (L)

問3 実験2終了時の容器内の圧力を  $P$  [Pa]、容器内の気体部分にある二酸化炭素の物質量を  $x$  [mol]、水に溶解している二酸化炭素の物質量を  $y$  [mol] とすると、次のような  $P$ 、 $x$ 、 $y$  に関する連立方程式を立ててそれぞれの値を求めることができる。次の ①～③ に当てはまる数値をそれぞれ有効数字2桁で求め、単位もつけて答えなさい。

$$\begin{cases} x + y = \text{①} \\ x = \text{②} \times P \\ y = \text{③} \times P \end{cases}$$

II 次の問題A・Bに答えなさい。ただし、原子量はO=16、Fe=56、アボガドロ定数は  $6.0 \times 10^{23} / \text{mol}$  とします。

A 次の文章を読んで、後の問1～問5に答えなさい。

鉄は地殻中に存在する金属元素のうち、質量比で ① に次いで多く存在する元素である。

単体の鉄は、赤鉄鉱や磁鉄鉱などの鉄鉱石を還元してつくられ、この操作を製錬という。鉄の製錬では、鉄鉱石とコークス、② を溶鉱炉に入れ、溶鉱炉の下から熱風を送り込む。溶鉱炉の内部では、主にコークスの燃焼で生じた③ によって鉄の酸化物が還元される。ここで得られた鉄は④ と呼ばれる。④ は、炭素を約4%含み、硬くてもろいが融点が低いため鋳物に利用される。融解した④ を転炉に入れて酸素を吹き込み、炭素を2～0.02%に減らした鉄は⑤ と呼ばれる。⑤ は硬くて粘り強い。そのため、建築素材やレールなど多方面で利用されている。

鉄は比較的軟らかい灰白色の金属で、融点は高く、湿った空気中ではさびやすい。鉄とクロム、ニッケルの合金は⑥ と呼ばれ、非常にさびにくく台所用の流し台などに利用されている。

- i) 鉄に希硫酸を加えると水素を発生しながら鉄は溶解し、淡緑色の水溶液となる。
- ii) その水溶液を空气中に放置すると、酸素と反応して水溶液の色は徐々に変化し黄褐色となる。



問1 ① ~ ⑥ に入れるのに最も適当な語句または数値を、それぞれ次のア～ツの中から1つずつ選び、記号で答えなさい。

- |         |         |          |
|---------|---------|----------|
| ア ナトリウム | イ カルシウム | ウ アルミニウム |
| エ 氷晶石   | オ 石灰石   | カ ホタル石   |
| キ ミョウバン | ク ニクロム  | ケ ステンレス鋼 |
| コ 黄鉄鉱   | サ 砂鉄    | シ 銑鉄     |
| ス 銅     | セ トタン   | ソ プリキ    |
| タ 二酸化炭素 | チ 一酸化炭素 | ツ 二酸化窒素  |

問2 下線部 i) に関連して、鉄は希硫酸に溶解する。銅は希硫酸に溶解しない。また、鉛も希硫酸に溶けにくい。これらの理由について、それぞれ述べなさい。

問3 下線部 ii) で起こる反応を、イオン反応式で書きなさい。

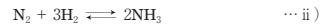
問4 鉄の結晶構造は、室温において体心立方格子である。この鉄の密度 ( $\text{g/cm}^3$ ) を有効数字2桁で求めなさい。答を求めるための過程も書きなさい。ただし、単位格子の一辺の長さを  $2.86 \times 10^{-10} \text{ m}$  とし、 $2.86^3 = 23.4$  とします。

問5 赤鉄鉱  $1.0 \times 10^3 \text{ kg}$  を還元して得られる ④ の質量 ( $\text{kg}$ ) を有効数字2桁で求めなさい。答を求めるための過程も書きなさい。ただし、赤鉄鉱は酸化鉄(III)のみからなるものとし、④ は不純物として炭素を4.0%含むものとしなさい。

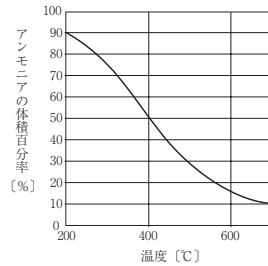
B 次の文章を読んで、後の問1～問4に答えなさい。

アンモニアは実験室では、塩化アンモニウムと水酸化カルシウムを混合して加熱すると発生する。

アンモニアの工業的な製法をハーバー・ボッシュ法という。ハーバー・ボッシュ法では、鉄を主成分とする触媒を用いて、窒素と水素から直接合成される。



次の図は、ハーバー・ボッシュ法における平衡状態での気体の全量に対するアンモニアの体積百分率と温度の関係を表したものである。



問1 下線部 i) で起こる反応を、化学反応式で書きなさい。

問2 下線部 i) で発生したアンモニアは、上方置換で捕集する。上方置換する理由を述べなさい。

問3 窒素 10 mol、水素 30 mol を用いて、400°C においてハーバー・ボッシュ法によりアンモニアを合成した。平衡状態におけるアンモニアの物質質量 (mol) を有効数字2桁で求めなさい。答を求めるための過程も書きなさい。

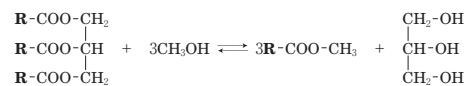
問4 ii) 式の正反応は、発熱反応か吸熱反応かを答えなさい。また、そのように判断した理由を、図をもとに説明しなさい。説明には「ルシャトリエの原理」の語を用いなさい。

III 次の問題 A・B に答えなさい。ただし、原子量は H=1.0、C=12、O=16 とします。

A 次の文章を読んで、後の問1～問5に答えなさい。

脂肪酸とグリセリンのエステルを油脂という。油脂とメタノールを混合し、適当な触媒を加えて加熱すると、脂肪酸のメチルエステルとグリセリンが得られる。この反応はエステル交換反応<sup>i)</sup>と呼ばれ、生じる脂肪酸メチルエステルはバイオディーゼル燃料の主成分として利用されている。

1種類の脂肪酸 (R-COOH) からなる油脂を用いたエステル交換反応が完全に進んだとき、その変化は次の反応式で表される。なお、R は炭化水素基である。



今、オレイン酸 (分子式  $\text{C}_{18}\text{H}_{33}\text{O}_2$ ) のみからなる油脂 **W** がある。油脂 **W** を過剰のメタノールを用いてエステル交換反応を完全に進めると、生成物としてオレイン酸のメチルエステルとグリセリンのみが得られた。

問1 下線部 i) に関連して、油脂を構成する脂肪酸には炭素数が18のものが多い。炭素数18のリノレン酸 (分子式  $\text{C}_{18}\text{H}_{31}\text{O}_2$ ) には、C=C結合はいくつあるかを答えなさい。

問2 下線部 ii) の、オレイン酸のみからなる油脂 **W** の分子量を求めなさい。

問3 ステアリン酸 (分子式  $C_{18}H_{36}O_2$ )、オレイン酸、リノレン酸の分子量はほぼ等しいが、融点はかなり異なる。融点の違いは分子の形が直鎖状か折れ鎖形かに起因する。これら3種類の脂肪酸のうち、融点が最も低い脂肪酸の名称を答えなさい。

問4 下線部iii)に関連して、油脂 **W** 22.1 g を用いてエステル交換反応を完全に進めるとき、得られるグリセリンの質量 (g) を有効数字2桁で求めなさい。答を求めるための過程も書きなさい。

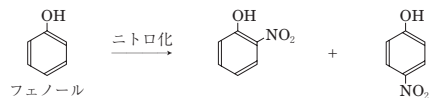
問5 下線部iii)のエステル交換反応では、実際には油脂 **W** のエステルのオレイン酸の部分が順を追ってメタノールに置換される。その結果、オレイン酸のメチルエステルと1つ置換された油脂、もしくは2つ置換された油脂が生じる多段階の過程を経由して、問題文中の反応が起こる。

油脂分子中の3つのエステル結合が置換される順序には規則性はないものとして、下線部iii)のエステル交換反応の反応過程で生じる、1つ置換された油脂、および2つ置換された油脂の異性体の総数を答えなさい。なお、グリセリンの部分に起因する鏡像異性体も区別して数えるものとします。また、脂肪酸部分の、二重結合の位置やシス-トランス異性体は考えないものとします。

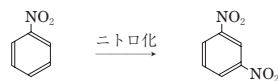
B 次の文章を読んで、後の問1～問4に答えなさい。

ベンゼンは付加反応よりも置換反応が起こりやすい。また、フェノールのようなベンゼンの一置換体  $C_6H_5-X$  にさらに置換反応が起こる場合、置換基  $-X$  の種類により、次の置換反応がベンゼン環のどの位置で起こりやすいかが決まる。これは、はじめに導入された置換基が次の置換基の入りやすい位置を決定してしまうことを表し、これを置換基の配向性という。

例えば、置換基  $-X$  がヒドロキシ基であるフェノールをニトロ化すると、主に *o*-ニトロフェノールと *p*-ニトロフェノールが生じ、*m*-ニトロフェノールはほとんど生じない。このため、ヒドロキシ基はオルト・パラ配向性を示すという。



一方、置換基  $-X$  がニトロ基であるニトロベンゼンをニトロ化すると、主に *m*-ジニトロベンゼンが生じ、*o*-ジニトロベンゼンや *p*-ジニトロベンゼンはほとんど生じない。このため、ニトロ基はメタ配向性を示すという。



その他の置換基の配向性は、次のようになることが知られている。

置換基の配向性	置換基の例
オルト・パラ配向性	$-OH$ , $-NH_2$ , $-CH_3$ , $-Cl$ , $-Br$
メタ配向性	$-NO_2$ , $-SO_3H$ , $-COOH$ , $-CHO$

問1 下線部i)に関連して、ベンゼンに水素を付加させるときの触媒として最も適当なものを、次のア～エの中から1つ選び、記号で答えなさい。

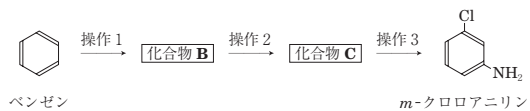
- ア 白金
- イ 四酸化三鉄
- ウ 濃硫酸
- エ 濃塩酸

また、その触媒を用いて水素を完全に付加させたときに生じる炭化水素の名称を答えなさい。

問2 下線部ii)に関連して、フェノールに少量の臭素を作用させると、白色のトリブロモフェノールが生じる。配向性を考慮してこのトリブロモフェノールの構造式を、フェノールの構造式にならって書きなさい。

問3 ベンゼンに濃硫酸を加えて加熱すると、 $C_6H_6SO_3$ の分子式をもつ化合物を経由して、 $C_6H_5S_2O_6$ の分子式をもつ化合物 **A** が生じる。配向性を考慮したとき、化合物 **A** として考えられる主な構造式を書きなさい。

問4 除草剤の原料として用いられる *m*-クロロアニリンを、次のようにベンゼンから化合物 **B**、**C** を経て効率よく合成するための実験を計画した。(1)、(2)について答えなさい。



(1) 操作1～操作3として最も適当なものを、それぞれ次のア～カの中から1つずつ選び、記号で答えなさい。

- ア 濃硝酸と濃硫酸を加えて加熱する。
- イ 固体の水酸化ナトリウムを加えて加熱融解する。
- ウ 濃硫酸を加えて加熱する。
- エ 鉄の存在下、塩素と反応させる。
- オ 光をあてて塩素と反応させる。
- カ スズと塩酸を加えて反応させた後、水酸化ナトリウム水溶液を加える。

(2) 化合物 **B**、**C** の構造式を、上記の構造式にならって書きなさい。

(化学問題 おわり)

B 化 学

必要があれば、原子量は次の値を使うこと。

H=1.0 C=12 N=14 O=16 S=32  
K=39 Cu=64 Pb=207

0℃、 $1.013 \times 10^5 \text{ Pa}$ における気体1 molの体積を22.4 Lとする。

また、問題文中の体積の単位記号Lは、リットルを表す。

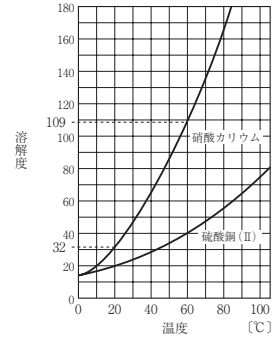
気体は、実在気体とことわりがない限り、すべて理想気体とする。

I 次の問1～問5に答えなさい。解答番号は **1** ～ **5**。

問1 酸化還元反応に関する、次のア～ウの中で正しい記述を選んだものとして最も適当なものを、後の①～⑦の中から1つ選び、マークしなさい。解答番号は **1**。

- ア 過酸化水素水に硫酸酸性の過マンガン酸カリウムを加えると、過酸化水素が酸化され、酸素が発生する。
  - イ ヨウ素ヨウ化カリウム水溶液に二酸化硫黄を吹き込むと、ヨウ化物イオンが酸化され、ヨウ素が生成する。
  - ウ 二酸化硫黄の水溶液に硫化水素を吹き込むと、二酸化硫黄が還元され、硫黄が生成する。
- ① アのみ      ② イのみ      ③ ウのみ  
④ アとイ      ⑤ アとウ      ⑥ イとウ      ⑦ アとイとウ

問2 次の図は、硝酸カリウムと硫酸銅(Ⅱ)の溶解度曲線である。この図に関して記述したのが、後のア～ウである。このア～ウの中で正しい記述を選んだものとして最も適当なものを、後の①～⑦の中から1つ選び、マークしなさい。ただし、水に対する固体の溶解度は、水100 gに溶ける溶質(無水物)の最大質量 [g] で表されます。解答番号は **2**。



- ア 60℃における硝酸カリウム飽和水溶液209 gを冷却し20℃に保つと、硝酸カリウムの結晶が77 g析出する。
  - イ 60℃における質量パーセント濃度20%の硝酸カリウム水溶液を冷却していくと、約14℃で硝酸カリウムの結晶が析出し始める。
  - ウ 60℃における硫酸銅(Ⅱ)飽和水溶液140 gを冷却し20℃に保つと、硫酸銅(Ⅱ)五水和物の結晶が20 g析出する。
- ① アのみ      ② イのみ      ③ ウのみ  
④ アとイ      ⑤ アとウ      ⑥ イとウ      ⑦ アとイとウ

問3 理想気体と実在気体に関する記述として誤りを含むものを、次の①～⑤の中から1つ選び、マークしなさい。解答番号は **3**。

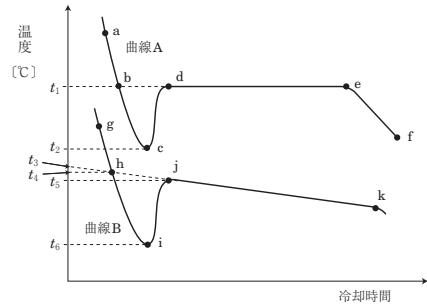
- ① 実在気体の分子には体積が存在し、分子間力がはたらいている。
- ② 理想気体の分子には体積が存在せず、質量も存在しない。
- ③ 一般に実在気体のふるまいは、高温かつ低圧にするほど理想気体に近づく。
- ④ 理想気体は低温かつ高圧にしても凝縮や凝固を起こさない。
- ⑤ 実在気体は-273℃(絶対零度)にしてもその体積は0にならない。

問4 工業的にメタノールは一酸化炭素と水素から、触媒を用いて次の式(1)の反応により合成される。式(1)が平衡状態にあるとき、平衡を右向きに移動させてメタノールの生成量を増加させることができる操作を、後の①～⑤の中から1つ選び、マークしなさい。ただし、式(1)の正反応は発熱反応である。解答番号は **4**。



- ① 温度を一定に保ったまま、圧力を小さくする。
- ② 圧力を一定に保ったまま、温度を高くする。
- ③ 温度を低くして、圧力を大きくする。
- ④ 温度、体積を一定に保ったまま、アルゴンを加える。
- ⑤ 温度、体積を一定に保ったまま、触媒の量を増加する。

問5 次の図は、純水と食塩水を冷却していったときの、冷却時間と液体の温度の関係を表した冷却曲線である。これに関する記述として誤りを含むものを、後の①～⑤の中から1つ選び、マークしなさい。解答番号は **5**。



- ① 純水の冷却曲線はAであり、食塩水の冷却曲線はBである。
- ② 純水と食塩水の凝固点はそれぞれ $t_1$  [℃] と  $t_4$  [℃] である。
- ③ 点d、および点jで、固体の水が生じ始める。
- ④ 点e～点fの間では、固体の水のみが存在する。
- ⑤ 点j～点kの間でグラフが負の傾きをもっているのは、水の凝固の進行とともに、凝固点降下度が大きくなっていくからである。

入試概要  
総合型選抜  
公募型学校推薦選抜  
英 公募型学校推薦選抜  
語 公募型学校推薦選抜  
数 公募型学校推薦選抜  
学 公募型学校推薦選抜  
生 公募型学校推薦選抜  
物 公募型学校推薦選抜  
化 公募型学校推薦選抜  
学 公募型学校推薦選抜  
国 公募型学校推薦選抜  
語 公募型学校推薦選抜  
一般選抜  
一般選抜英語  
一般選抜日本史  
一般選抜世界史  
一般選抜生物  
一般選抜化学  
一般選抜数学  
一般選抜国語  
音楽実技

II 次の問題A・Bに答えなさい。解答番号は **6** ~ **15**。

A 次の文章を読んで、後の問1~問4に答えなさい。

次の5種類の塩をそれぞれ溶かした5つの水溶液 a~e がある。水溶液 b は黄色であったが他の水溶液の色はいずれも無色であった。



5つの水溶液 a~e にどの塩が溶解しているのかを調べるために、次の実験 1, 2 を行った。

【実験1】 5つの水溶液 a~e に希硫酸を加えると、水溶液 b では水溶液の色が黄色から **ア** 色に変化し、水溶液 c では気体が発生した。また、水溶液 a では白色の沈殿が生じた。

【実験2】 4つの水溶液 b~e のそれぞれに水溶液 a を加えると、水溶液 b からは黄色の沈殿が、水溶液 c からは **イ** 色の沈殿が生じた。

実験 1, 2 によって、3つの水溶液 a~c に溶けている塩の種類は判明したが、これらの実験のみからは水溶液 d, e に溶けている塩の種類はわからなかった。そこで、水溶液 d, e に対して新たな実験 3 を行うことで、すべての水溶液の判別ができた。

問1 **ア**・**イ** に当てはまる色の組み合わせとして最も適当なものを、次の①~⑧の中から1つ選び、マークしなさい。解答番号は、**6**

	ア	イ
①	緑	白
②	緑	青白
③	緑	赤褐
④	橙赤	白
⑤	橙赤	青白
⑥	橙赤	赤褐
⑦	無	白
⑧	無	青白

問2 下線部 i) で発生する気体として最も適当なものを、次の①~⑤の中から1つ選び、マークしなさい。解答番号は **7**。

- ①  $\text{H}_2$     ②  $\text{HCl}$     ③  $\text{CO}_2$     ④  $\text{NO}$     ⑤  $\text{NO}_2$

問3 3つの水溶液 a~c に溶けている塩として最も適当なものを、それぞれ次の①~⑥の中から1つずつ選び、マークしなさい。解答番号は、

水溶液 a が **8**、水溶液 b が **9**、水溶液 c が **10**。

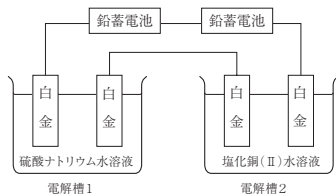
- ①  $\text{NaCl}$     ②  $\text{Na}_2\text{CO}_3$     ③  $\text{NaNO}_3$     ④  $\text{K}_2\text{CrO}_4$     ⑤  $\text{BaCl}_2$

問4 下線部 ii) で行う実験 3 として最も適当なものを、次の①~⑤の中から1つ選び、マークしなさい。解答番号は **11**。

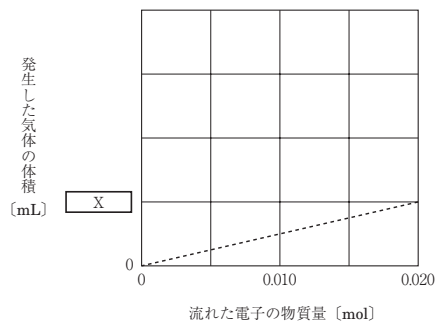
- ① 炎色反応を行い、炎の色を確かめる。  
 ② 光を当てて、色の変化を確かめる。  
 ③ 硫化水素を吹き込み、沈殿生成の有無を確かめる。  
 ④ アンモニア水を加え、沈殿生成の有無を確かめる。  
 ⑤ 硝酸銀水溶液を加え、沈殿生成の有無を確かめる。

B 次の文章を読んで、後の問1~問4に答えなさい。

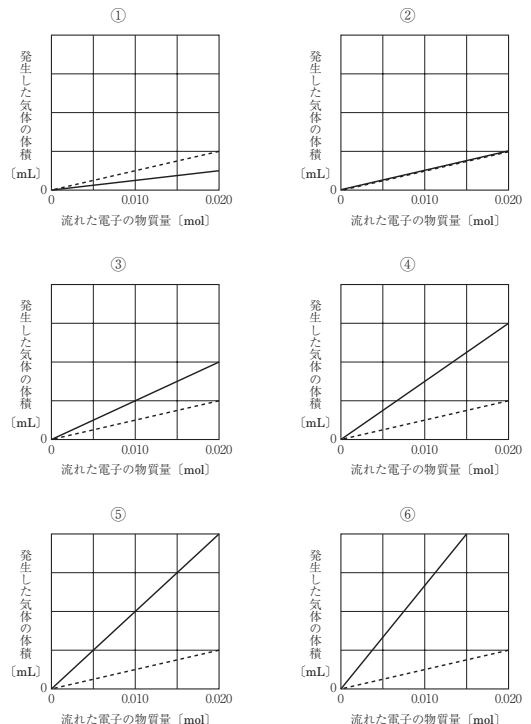
次の図のように同じ鉛蓄電池 2 個を直列に接続し、電解槽 1 に入れた水溶液と電解槽 2 に入れた水溶液の電気分解を行った。電解槽 1 には  $0.10 \text{ mol/L}$  の硫酸ナトリウム水溶液を、電解槽 2 には、 $0.10 \text{ mol/L}$  の塩化銅(II)水溶液を入れ、電極にはいずれも白金を使用した。ただし、電気分解によって発生した気体は水に溶解しないものとする。また、気体の体積は、 $0^\circ\text{C}$ 、 $1.013 \times 10^5 \text{ Pa}$  での値とする。



次のグラフは、流れた電子の物質量と電解槽 1 の陽極で発生した気体の体積との関係を表したものである。



問1 流れた電子の物質量と電解槽 1 の陰極で発生した気体の体積との関係を表したグラフ (実線—) として最も適当なものを、次の①~⑥の中から1つ選び、マークしなさい。ただし、グラフ中の破線 (---) は陽極で発生した気体の体積を示したものである。解答番号は **12**。



問2 グラフ中の  $\boxed{X}$  に当てはまる数値として最も適当なものを、次の①～⑤の中から1つ選び、マークしなさい。解答番号は  $\boxed{13}$ 。  
 ① 56      ② 112      ③ 168      ④ 224      ⑤ 336

問3 電解槽2の陰極と陽極で生成する物質の組み合わせとして最も適当なものを、次の①～⑧の中から1つ選び、マークしなさい。解答番号は  $\boxed{14}$ 。

	陰極	陽極
①	Cl <sub>2</sub>	Cu
②	Cl <sub>2</sub>	O <sub>2</sub>
③	Cl <sub>2</sub>	H <sub>2</sub>
④	Cu	Cl <sub>2</sub>
⑤	Cu	O <sub>2</sub>
⑥	Cu	H <sub>2</sub>
⑦	H <sub>2</sub>	Cl <sub>2</sub>
⑧	O <sub>2</sub>	H <sub>2</sub>

問4 電子が0.020 mol 流れたとき、電気分解に用いた鉛蓄電池1個あたりの正極板の質量は何g 増加するか。最も適当なものを、次の①～⑤の中から1つ選び、マークしなさい。解答番号は  $\boxed{15}$ 。  
 ① 0.16 g      ② 0.32 g      ③ 0.48 g      ④ 0.64 g      ⑤ 0.96 g

Ⅲ 次の問題A・Bに答えなさい。解答番号は  $\boxed{16}$  ～  $\boxed{22}$ 。

A 次の文章を読んで、後の問1～問3に答えなさい。

国連の掲げるSDGsとは Sustainable Development Goals「持続可能な開発目標」の略であり、生活の質を高めながら社会が持続的に維持・発展する方法を開発することが求められている。地球環境の保全を目的とした再生可能エネルギーの一つとして、太陽光発電が挙げられる。太陽光発電パネルはシリコン半導体パネルを利用したもの以外に、ペロブスカイト型と呼ばれる結晶を利用したものも開発されている。

次の図1は、ペロブスカイト型結晶の単位格子である。この結晶構造をとる酸化物の組成式はXYO<sub>3</sub>で表され、2個の陽イオンX<sup>2+</sup>と4個の陽イオンY<sup>1+</sup>、そして酸化物イオンO<sup>2-</sup>から構成されている。

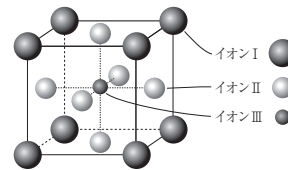


図1 ペロブスカイト型結晶の単位格子

問1 図1の単位格子中には、イオンIとイオンIIはそれぞれ何個ずつ含まれるか。最も適当な組み合わせを、次の①～⑥の中から1つ選び、マークしなさい。解答番号は  $\boxed{16}$ 。

	イオンI	イオンII
①	1	1
②	1	2
③	1	3
④	2	1
⑤	2	2
⑥	2	3

問2 X<sup>2+</sup>、Y<sup>1+</sup>、O<sup>2-</sup>はそれぞれ図1のイオンI～IIIのいずれに該当するか。最も適当な組み合わせを、次の①～⑥の中から1つ選び、マークしなさい。ただし、1個のX<sup>2+</sup>は12個のO<sup>2-</sup>に配位されている。解答番号は  $\boxed{17}$ 。

	X <sup>2+</sup>	Y <sup>1+</sup>	O <sup>2-</sup>
①	I	II	III
②	I	III	II
③	II	I	III
④	II	III	I
⑤	III	I	II
⑥	III	II	I

問3 図1の結晶格子中でイオンIIどうしが互いに接し、イオンIとイオンII、イオンIIとイオンIIIも接していると仮定すると、底面および中央断面は、次の図2のように表せる。

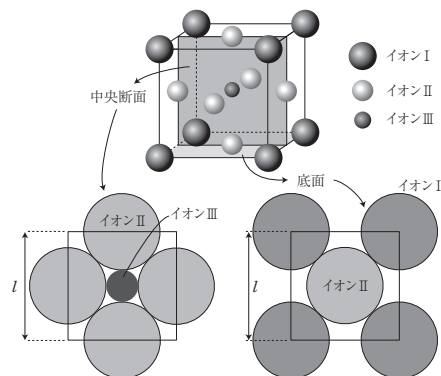


図2 単位格子の底面と中央断面の様子

このとき、イオンIとイオンIIIの半径は、単位格子の一辺の長さlを用いて、どのように表されるか。最も適当なものを、それぞれ次の①～⑧の中から1つずつ選び、マークしなさい。

解答番号は、イオンIの半径が  $\boxed{18}$ 、イオンIIIの半径が  $\boxed{19}$ 。

- ①  $\frac{\sqrt{2}}{2}l$       ②  $\frac{\sqrt{3}}{2}l$       ③  $\frac{\sqrt{2}}{4}l$       ④  $\frac{\sqrt{3}}{4}l$   
 ⑤  $\frac{1-\sqrt{2}}{4}l$       ⑥  $\frac{1-\sqrt{3}}{4}l$       ⑦  $\frac{2-\sqrt{2}}{4}l$       ⑧  $\frac{2-\sqrt{3}}{4}l$

B 次の文章を読んで、後の問1～問3に答えなさい。

酸を触媒として酢酸エチルを加水分解すると、酢酸とエタノールが生成する。



加水分解によって生成する酢酸の量の推移から、酢酸エチルの加水分解の反応速度を求めることができる。

0.40 mol/Lの酢酸エチル溶液 50 mLと塩酸を混合し、全体で100 mLの溶液としたものを複数用意して測定を開始した。混合直後から20分ごとに反応液から5.0 mLを取り出し、すぐに純水とフェノールフタレインを加え、0.10 mol/Lの水酸化ナトリウム水溶液で滴定した。また120分後からは、測定間隔を3時間とした。下の表は、反応時間（混合からの時間）ごとの水酸化ナトリウム水溶液の滴下量をまとめたものである。ただし、混合直後（0分）では、酢酸エチルの加水分解はまだ進行していないものとし、3日後では酢酸エチルの加水分解は完全に進行しているものとする。また、温度は $t_1$ 〔℃〕で一定に保たれているものとし、加水分解による溶液の体積変化は無視できるものとする。さらに、滴定にかかる時間は無視できるものとする。

反応時間〔分〕	0	20	40	60	…	4320（3日後）
NaOH水溶液の滴下量〔mL〕	25.0	27.0	28.6	29.9	…	ア

問1 下線部の混合溶液中の塩酸のモル濃度は何 mol/Lか。最も適当なものを、次の①～⑤の中から1つ選び、マークしなさい。解答番号は [20]。

- ① 0.10 mol/L      ② 0.20 mol/L      ③ 0.30 mol/L  
④ 0.40 mol/L      ⑤ 0.50 mol/L

問2 表中の「ア」に入る数値として最も適当なものを、次の①～⑤の中から1つ選び、マークしなさい。解答番号は [21]。

- ① 30.0      ② 35.0      ③ 40.0      ④ 45.0      ⑤ 50.0

問3 20分から40分の間について、酢酸エチルの加水分解の反応速度は何 mol/(L・分)か。最も適当なものを、次の①～⑥の中から1つ選び、マークしなさい。解答番号は [22]。

- ①  $1.6 \times 10^{-3}$  mol/(L・分)      ②  $2.0 \times 10^{-3}$  mol/(L・分)  
③  $3.6 \times 10^{-3}$  mol/(L・分)      ④  $1.6 \times 10^{-2}$  mol/(L・分)  
⑤  $2.8 \times 10^{-2}$  mol/(L・分)      ⑥  $3.2 \times 10^{-2}$  mol/(L・分)

IV 次の問題A・Bに答えなさい。解答番号は [23] ～ [34]。

A 次の問1～問5に答えなさい。

問1  $\text{C}_2\text{H}_6$ の分子式をもつ炭化水素の構造異性体の数として最も適当なものを、次の①～⑤の中から1つ選び、マークしなさい。解答番号は [23]。

- ① 4      ② 5      ③ 6      ④ 7      ⑤ 8

問2 次の5つのアルコールのうち、2価のアルコールとして分類されるものとして最も適当なものを、次の①～⑤の中から1つ選び、マークしなさい。解答番号は [24]。

- ① エタノール      ② グリセリン  
③ 2-ブタノール      ④ ビニルアルコール  
⑤ エチレングリコール

問3 アセトアルデヒドの製法や性質として最も適当なものを、次の①～⑤の中から1つ選び、マークしなさい。解答番号は [25]。

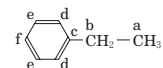
- ① メタノールに濃硫酸を加えて加熱して合成する。  
② ベンゼンとプロペンから得られたクメンを酸化した後、希硫酸で分解して合成する。  
③ 触媒に  $\text{PdCl}_2$ 、 $\text{CuCl}_2$  を用いて、エチレンを酸化して合成する。  
④ 沸点が低く揮発性の液体であり、水に溶けにくく有機溶媒に溶けやすい。  
⑤ 炭酸水素ナトリウム水溶液に溶けて、二酸化炭素が生じる。

問4  $\text{C}_n\text{H}_{2n}\text{O}_2$ の分子式をもつエステル 10.2 gを完全に加水分解すると、カルボン酸 4.6 g、アルコール 7.4 gが生じた。このとき  $n$  の値として最も適当な数を、次の①～⑥の中から1つ選び、マークしなさい。解答番号は [26]。

- ① 1      ② 2      ③ 3      ④ 4      ⑤ 5      ⑥ 6

問5  $\text{C}_7\text{H}_8\text{O}$ の芳香族化合物には5種類の異性体が存在する。この異性体のうちの1つである化合物Aに塩化鉄(III)水溶液を加えると青紫色に呈色する。また、このA内には「結合している原子の状況が異なる炭素原子」が5種類含まれている。

「結合している原子の状況が異なる炭素原子」とは、例えば次のエチルベンゼンでは、図中のa～fの6種類だと考える。



化合物Aの構造式として最も適当なものを、次の①～⑤の中から1つ選び、マークしなさい。解答番号は [27]。

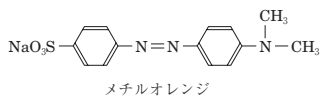
- ①      ②   
③      ④   
⑤

B 次の文章を読んで、後の問1～問5に答えなさい。

メチルオレンジは、次の構造式で表されるスルファニル酸とジメチルアニリンから合成される。



スルファニル酸をビーカーにとり、炭酸ナトリウム水溶液を加えて溶かす。この溶液に亜硝酸ナトリウム水溶液を加えた後、ビーカーを0～5℃に冷却しながら塩酸を少しずつ加えると-N<sup>+</sup>≡N<sup>-</sup>の構造をもつ化合物が生成した。この懸濁液に氷冷下、酢酸に溶解させたジメチルアニリンを加え、数分間かき混ぜると反応溶液は **X** 色になった。次に、水酸化ナトリウム水溶液を加えて、反応溶液を強アルカリ性すると溶液の色は **Y** 色になり、以下に示した構造をもつメチルオレンジが析出した。このビーカーを湯浴上で十分加熱しメチルオレンジを溶解させた後、氷水に入れて冷却した。再び析出したメチルオレンジの結晶をろ過し、その結晶を洗浄して純粋なメチルオレンジを得た。



問1 下線部 i)、ii)の反応名として最も適当なものを、それぞれ次の①～⑥の中から1つずつ選び、マークしなさい。

解答番号は下線部 i)が **28**、下線部 ii)が **29**。

- ① ジアゾン化      ② スルホン化      ③ アセチル化  
④ エステル化      ⑤ ニトロ化      ⑥ カップリング

問2 下線部 i)の操作を5℃以上で行うと、生じた生成物の加水分解反応が起こり、同時に気体が発生する。加水分解反応に伴い発生する気体の化学式として最も適当なものを、次の①～⑥の中から1つ選び、マークしなさい。解答番号は **30**。

- ① H<sub>2</sub>      ② N<sub>2</sub>      ③ O<sub>2</sub>      ④ O<sub>3</sub>      ⑤ Cl<sub>2</sub>      ⑥ CO<sub>2</sub>

問3 **X**・**Y**に当てはまる語句として最も適当なものを、それぞれ次の①～⑥の中から1つずつ選び、マークしなさい。

解答番号は **X**が **31**、**Y**が **32**。

- ① 黄      ② 白      ③ 赤      ④ 黒      ⑤ 青      ⑥ 緑

問4 下線部 iii)の操作は、メチルオレンジに含まれる少量の不純物を除去するために行われている。この操作の名称として最も適当なものを、次の①～⑤の中から1つ選び、マークしなさい。解答番号は **33**。

- ① 蒸留      ② 抽出      ③ 分留      ④ ろ過      ⑤ 再結晶

問5 合成して得られたメチルオレンジは中和滴定における指示薬として利用される。ある量の気体のアンモニアを0.10 mol/Lの希硫酸20 mLに完全に吸収させた後、少量のメチルオレンジを加えると溶液が変色した。その溶液全量にビュレットから、0.10 mol/Lの水酸化ナトリウム水溶液を加えると、2.0 mL滴下したところで溶液が変色した。このとき、はじめに希硫酸に吸収させたアンモニアの物質量は **何 mol**か。最も適当なものを、次の①～⑤の中から1つ選び、マークしなさい。解答番号は **34**。

- ①  $1.0 \times 10^{-3}$  mol      ②  $1.8 \times 10^{-3}$  mol      ③  $2.7 \times 10^{-3}$  mol  
④  $3.8 \times 10^{-3}$  mol      ⑤  $5.4 \times 10^{-3}$  mol

(化学問題 おわり)