

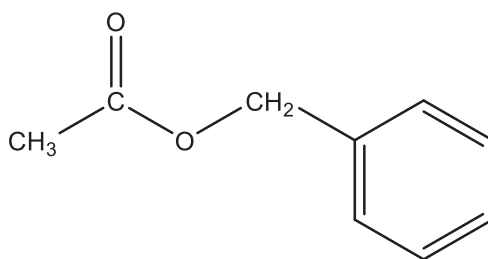
[問題を解くにあたっての注意事項]

必要があれば，次の値を用いること。

原子量：H 1.0, C 12, O 16, Na 23, S 32, Cu 64

気体定数 $R = 8.31 \times 10^3 \text{ Pa}\cdot\text{L}/(\text{mol}\cdot\text{K})$

構造式は次の例にならって描くこと。



化 学 $\frac{2}{7}$

I 実験 1～6 を読んで、問 1～6 に答えよ。

実験

1. 硫酸銅(II)五水和物 4.75 g を水に溶解し、100 mL の溶液を得た。
2. 実験 1 で得られた水溶液 10.0 mL に 15.0 mol/L のアンモニア水 3.0 mL を加えると、深青色溶液が得られた。
3. 実験 1 で得られた水溶液 10.0 mL に 0.100 mol/L の水酸化ナトリウム水溶液 10.0 mL を加えると、青白色沈殿が生じた。
4. 実験 3 で得られた沈殿を含む水溶液を加熱すると、沈殿が黒色に変化した。
5. 実験 4 で生じた黒色沈殿をろ過により回収し乾燥すると、その質量は 39.7 mg であった。
6. 硫酸銅(II)五水和物の結晶 2.50 g を容器に入れ 120°C で 1 時間加熱すると、容器内の結晶の質量が 1.78 g に減少した。さらに 160°C で 1 時間加熱したところ、白色の結晶 1.60 g が得られた。

- 問 1 実験 1 で得られた水溶液における銅(II)イオンのモル濃度を有効数字 2 桁で求めよ。
- 問 2 実験 2 で起こった現象のイオンを含む化学反応式を示せ。また、この反応の生成物の名称を答えよ。
- 問 3 実験 3 で起こった現象のイオンを含む化学反応式を示せ。
- 問 4 実験 4 で起こった現象の化学反応式を示せ。
- 問 5 実験 5 の結果から、実験 3 が終了した時点で溶解している銅(II)イオンのモル濃度を有効数字 2 桁で求めよ。ただし、沈殿の生成に伴う溶液の体積変化は無視できることとする。
- 問 6 実験 6 において 120°C で加熱した後と 160°C で加熱した後に、結晶はどのような物質へ変化したと考えるか、それぞれ説明せよ。

Ⅱ 次の文章を読んで、問1～6に答えよ。

自然界には分子量の大きな化合物が多く存在する。(a)炭素を主骨格とするものを有機高分子化合物と呼び、ケイ素やホウ素など炭素以外の元素を主骨格とするものを無機高分子化合物と呼ぶ。多くの高分子化合物は、(b)小さな構成単位が繰り返し結合した構造をしている。人工的に作られる合成高分子化合物は、(c)不飽和結合をもつ分子が繰り返し結びつく反応や(d)水などの簡単な分子が取れながら繰り返し結びつく反応などによって得られる。合成高分子化合物には、熱によって成形加工しやすい熱可塑性樹脂や、一度硬化すると高い機械的強度や耐熱性を示す(e)熱硬化性樹脂がある。タイヤなどの材料として使われるゴムも高分子化合物の一種であり、ラテックスを原料とする天然ゴムやジエン化合物を原料とする合成ゴムがある。

問1 下線(a)の有機高分子化合物、無機高分子化合物は次のうちどれか。それぞれあてはまるものを全て選び、番号で答えよ。

- ① 石英 ② メラミン ③ ナフトール ④ ガラス ⑤ ビニロン
⑥ アセチレン ⑦ デンプン ⑧ グルコース ⑨ 雲母 ⑩ イオン交換樹脂

問2 下線(b)を何と呼ぶか。また、天然の高分子化合物である核酸やタンパク質の場合、その構成単位はそれぞれ何か。

問3 下線(c)、下線(d)の反応を何と呼ぶか。また、それぞれの反応により得られる合成高分子化合物として、あてはまるものを全て選び、番号で答えよ。

- ① ポリスチレン ② ナイロン 66 ③ ポリメタクリル酸メチル
④ コラーゲン ⑤ セルロース ⑥ ポリエチレンテレフタレート

問4 下線(e)として、フェノール樹脂や尿素樹脂が知られている。これらの樹脂を得るための反応の名称と共通する反応物をそれぞれ答えよ。

問5 温められたゴムの弾性は大きくなる。その理由を説明せよ。

問6 天然ゴムを長期間放置しておくと、徐々に柔らかさを失い劣化する。一方、シリコーンゴムは耐久性や耐薬品性に優れ、実験器具や医療器具にも用いられる。耐久性が異なる理由を説明せよ。

Ⅲ 次の文章を読んで、問1～7に答えよ。

アンモニアは硝酸や尿素、様々なアンモニウム塩の原料として用いられる。実験室では、(a)塩化アンモニウムと水酸化カルシウムの混合物を加熱して発生したものを(ア)法で捕集することで得ることができる。また、アンモニアは以下の平衡反応によっても得られる。



この反応の 25°C におけるエンタルピー変化は -92 kJ であるため、平衡状態においてこの反応は温度が(イ)い条件ほど多くのアンモニアが得られる。またこの反応は、(ウ)を主成分とする触媒を用いて、(b)アンモニアの工業的製法として利用されている。

問1 空欄(ア)～(ウ)に最もふさわしい語句を入れよ。ただし、(ウ)には組成式が入る。

問2 下線(a)の反応を化学反応式で示せ。

問3 (1)式の反応は容器内の圧力がどのようなときに多くのアンモニアを得られるか、理由とともに説明せよ。

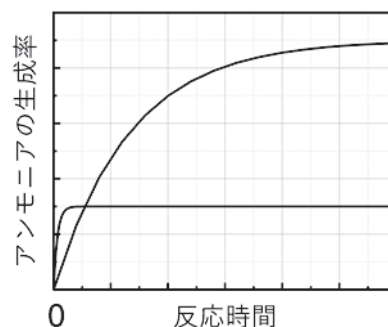
問4 (1)式の反応における濃度平衡定数 K_c を、それぞれの物質のモル濃度 $[\text{N}_2]$, $[\text{H}_2]$, $[\text{NH}_3]$ を用いて答えよ。

問5 容積 2.23 L の容器に窒素と水素をそれぞれ $2.50 \times 10^6\text{ Pa}$, $7.50 \times 10^6\text{ Pa}$ となるように封じてから(1)式の反応を 208°C で行った。反応が十分に平衡に到達した時点におけるアンモニアの生成量から、この条件における濃度平衡定数 K_c を $0.592\text{ (mol/L)}^{-2}$ と決定した。このときの圧平衡定数 K_p を有効数字2桁で求めよ。

問6 下線(b)を何と呼ぶか答えよ。

問7 右図は、圧力一定の条件において触媒を用いずに(1)式の反応を 300°C と 700°C で行った際のアンモニアの生成率の時間変化を示したものである。

- ①触媒を用いず 500°C で反応を行ったとき
 - ②触媒を用いて 300°C で反応を行ったとき
- について、アンモニアの生成率の時間変化の概形をそれぞれ描き入れよ。



Ⅳ 次の文章を読んで、問1～7に答えよ。

固体は、液体や気体と異なり一定の形を有するという特徴がある。固体の物質のうち、原子・分子・イオンなどが（ア）した構造を有するものを結晶という。結晶は（イ）の仕方の違いで、金属結晶、分子結晶、イオン結晶、共有結合の結晶の4種類に分類される。結晶内部の立体的な構造の最小の繰り返し単位を（ウ）という。金属結晶やイオン結晶の構造の中で1個の原子・イオンに着目し、その原子・イオンから最も近い場所にある原子・イオンの数を（エ）という。原子や分子が不規則に配列した固体は（オ）と呼ばれる。

問1 空欄（ア）～（オ）に最もふさわしい語句を入れよ。

問2 金属結晶の（ウ）の構造のうち、原子の占める体積の割合が等しいものを挙げよ。

問3 金属結晶は他の結晶と比べて延性・展性がある。このような性質が現れる理由を説明せよ。

問4 二酸化炭素とナフタレンの分子結晶に共通する性質を一つ挙げよ。

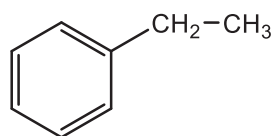
問5 ハロゲン化ナトリウムの融点は、フッ化ナトリウム(993℃)、塩化ナトリウム(801℃)、臭化ナトリウム(747℃)、ヨウ化ナトリウム(651℃)の順に低くなる。理由を説明せよ。

問6 イオン結晶は一般に硬い結晶であるが、特定の方向から強い力を加えると割れやすい。理由を説明せよ。

問7 次のうち、共有結合の結晶であり、かつ単体であるものを全て選び、番号で答えよ。

- | | | | |
|----------|----------|----------|-------|
| ① 黄リン | ② ダイヤモンド | ③ 二酸化ケイ素 | ④ ヨウ素 |
| ⑤ グラファイト | ⑥ 亜鉛 | ⑦ フラーレン | ⑧ ケイ素 |

V エチルベンゼンの水素原子 1 つをヒドロキシ基に置換した化合物に関する問 1 ～ 8 に答えよ。また、問 2 ～ 8 については、あてはまるものがあればその化合物の構造式を全て描け。あてはまるものがない場合には「なし」と記せ。



エチルベンゼン

- 問 1 何種類の化合物が存在するか、数字で答えよ。ただし、鏡像異性体が存在する場合は二つの鏡像異性体を一つと数える。
- 問 2 鏡像異性体を有する化合物。ただし、鏡像異性体を区別して描く必要はない。
- 問 3 水酸化ナトリウム水溶液に溶けて塩を作る化合物。
- 問 4 分子内脱水反応により異性体の混合物を与える化合物。
- 問 5 アルコール部位を酸化するとカルボン酸を与える化合物。
- 問 6 アルコール部位を酸化するとケトンを与える化合物。
- 問 7 さらし粉水溶液で酸化すると赤紫色を呈する化合物。
- 問 8 塩化鉄(III)水溶液を加えると青紫～赤紫色を呈する化合物。

化 学 7/7

VI 次の文章を読んで、問1～7に答えよ。

酸素分子 O_2 は空気の体積の約 21% を占める無色無臭の気体であり、実験室では酸化マンガン(IV)を触媒とする^(a)過酸化水素の分解によって得られる。酸素の同素体である(ア)は特異臭のある淡青色気体で、その強い酸化作用から水で湿らせた^(b)ヨウ化カリウムデンプン紙を青紫色に変えることで検出できる。

酸素は多くの元素と酸化物をつくり、岩石や鉱物の成分として地殻中に最も多く含まれる。得られた酸化物の性質は結合した元素によって異なる。(イ)性が強い非金属元素の酸化物の多くは、^(c)水と反応して酸になったり、塩基と反応して塩を与えることから、(ウ)性酸化物という。たとえば、三酸化硫黄は水と反応して(エ)を与える。また、^(d)水酸化ナトリウム水溶液に二酸化炭素を溶解すると中和反応を起こす。(オ)性が強い金属元素の酸化物は、水と反応して水酸化物になったり、酸と反応して塩を与えることから、(カ)性酸化物と呼ばれる。いくつかの金属元素の酸化物には酸とも塩基とも反応するものがあり、(キ)性酸化物と呼ばれる。周期表上で金属元素と非金属元素の境界付近に位置する元素の酸化物によくみられ、代表例である^(e)酸化アルミニウムは塩酸とも水酸化ナトリウム水溶液とも反応して溶解する。

問1 (ア)に入る物質の名称と分子式をそれぞれ答えよ。

問2 空欄(イ)～(キ)に最もふさわしい語句を入れよ。

問3 下線(a)の反応を化学反応式で示せ。

問4 下線(b)の反応を化学反応式で示せ。

問5 下線(c)で与えられる酸素原子を含む酸を何と呼ぶか答えよ。

問6 下線(d)の反応を利用して、 0°C 、 $1.013 \times 10^5 \text{ Pa}$ のある混合気体 10.0 L に含まれる二酸化炭素を、0.200 mol/L の水酸化ナトリウム水溶液 1.00 L にすべて取り込んだところ、水溶液中の水酸化ナトリウム濃度は 0.148 mol/L になった。混合気体の体積のうち二酸化炭素が占める割合を有効数字 2 桁で求めよ。ただし、反応に伴う溶液の体積変化は無視できることとする。

問7 下線(e)の塩酸と水酸化ナトリウム水溶液との反応をそれぞれ化学反応式で示せ。