

# 化 学

以下の問題で、体積の単位リットルはLで表す。また必要があれば次の値を用いよ。

原子量：H = 1.0    He = 4.0    C = 12    N = 14    O = 16    Na = 23    S = 32    Cl = 35.5    Fe = 56

気体定数 =  $8.31 \times 10^3$  [Pa·L/(K·mol)]

1 次を示す実験Ⅰ～Ⅵを行った。下の問い(問1～3)に答えよ。

実験Ⅰ 赤紫色をした  の水溶液を硫酸で酸性にしてから無色の  の水溶液を加えると、水溶液が赤紫色からほぼ無色に変化するとともに、酸素が発生した。

実験Ⅱ 無色の  の水溶液に少量のデンプンを溶解し、硫酸で酸性にしてから  の水溶液を加えると、水溶液が無色から青紫色に変化した。

実験Ⅲ 実験Ⅱで得られた青紫色の水溶液に無色で刺激臭の気体の  を吹き込むと、水溶液が青紫色から無色に変化した。

実験Ⅳ 無色の  の水溶液を硫酸で酸性にしてから  の水溶液を加えると、二酸化炭素が発生した。

実験Ⅴ 気体の  と気体の  をそれぞれ水に溶解した水溶液をつくり、それらを混合すると白濁した。

実験Ⅵ 鉛(Ⅱ)イオンを含む水溶液に気体の  を吹き込むと、黒色の硫化物が沈殿した。

問1  ～  に入る物質(化学式)として最も適切なものを、次の①～⑥のうちから1つずつ選べ。同じ解答番号には同じ物質が入るものとする。

- ① SO<sub>2</sub>            ② H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>            ③ KI            ④ KMnO<sub>4</sub>            ⑤ H<sub>2</sub>S            ⑥ (COOH)<sub>2</sub>

問2 実験Ⅴで起こった化学変化として適切なものを、次の①～⑧のうちからすべて選べ。該当する番号をすべてマークせよ。

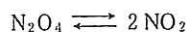
- ① 硫黄の沈殿が生じた。  
 ② 酸素が発生した。  
 ③ 二酸化炭素が発生した。  
 ④ ヨウ素が遊離した。  
 ⑤ 酸化マンガン(Ⅳ)の沈殿が生じた。  
 ⑥ 硫酸イオンが生じた。  
 ⑦ ヨウ化物イオンが生じた。  
 ⑧ 水が生じた。

問3 実験Ⅰ～Ⅵで使われた物質  ～  を酸化剤または還元剤という観点でみると、還元剤どうしの組合せとして適切なものを、次の①～⑧のうちからすべて選べ。該当する番号をすべてマークせよ。

- ① 実験Ⅰの  と実験Ⅱの   
 ② 実験Ⅰの  と実験Ⅲの   
 ③ 実験Ⅱの  と実験Ⅳの   
 ④ 実験Ⅱの  と実験Ⅳの   
 ⑤ 実験Ⅲの  と実験Ⅳの   
 ⑥ 実験Ⅲの  と実験Ⅴの   
 ⑦ 実験Ⅳの  と実験Ⅴの   
 ⑧ 実験Ⅴの  と実験Ⅵの

2 気体の平衡に関する次の文章を読み、下の問い(問1～4)に答えよ。

四酸化二窒素(無色の気体)  $N_2O_4$  は常温で分解して二酸化窒素(赤褐色の気体)  $NO_2$  となる。密閉容器内では  $N_2O_4$  と  $NO_2$  の間には次式のような化学平衡が成り立つ。



体積 2.0 L の密閉容器に純粋な  $N_2O_4$  を封入し温度を 27 °C に保つと、 $N_2O_4$  が 0.014 mol だけ分解して平衡状態 A に達し、容器内の圧力は  $1.0 \times 10^5$  Pa となった。

問 1 平衡状態 A における容器内の  $N_2O_4$  の物質質量 [mol] として最も近い数値を、次の①～⑤のうちから 1 つ選べ。

mol

- ① 0.012                      ② 0.026                      ③ 0.052                      ④ 0.066                      ⑤ 0.073

問 2 この実験から得られる平衡定数 [mol/L] として最も近い数値を、次の①～⑥のうちから 1 つ選べ。  mol/L

- ①  $1.9 \times 10^{-3}$                       ②  $3.0 \times 10^{-3}$                       ③  $5.4 \times 10^{-3}$   
 ④  $7.5 \times 10^{-3}$                       ⑤  $1.1 \times 10^{-2}$                       ⑥  $1.5 \times 10^{-2}$

問 3 平衡状態 A における容器内に体積と温度を一定のままヘリウムガスを注入し、容器内の圧力を増加させると、平衡はどのように移動するか。最も適切なものを、次の①～③のうちから 1 つ選べ。

- ① 右方向へ移動する。  
 ② 左方向へ移動する。  
 ③ 平衡は移動しない。

問 4 平衡状態 A の気体を加熱したところ気体の色が濃くなった。加熱前の平衡定数を K、加熱後の平衡定数を  $K'$  とすると、 $N_2O_4$  の分解反応は  反応で、K と  $K'$  の大小関係は  である。文章中の 、 に入る語または式の組合せとして最も適切なものを、次の①～⑥のうちから 1 つ選べ。

	ア	イ
①	発熱	$K < K'$
②	吸熱	$K < K'$
③	発熱	$K > K'$
④	吸熱	$K > K'$
⑤	発熱	$K = K'$
⑥	吸熱	$K = K'$

3 結晶に関する次の問い(問1～2)に答えよ。

問1 結晶は、構成する粒子間の結合の仕方により、イオン結晶、共有結合の結晶、金属結晶、分子結晶の4つに大別される。表1に示す4種類の結晶について、該当する一般的性質として最も適切なものをA群の①～④のうちから、該当する物質の例として最も適切なものをB群の①～④のうちから、それぞれ1つずつ選べ。 13 ~ 20

表1

結晶の種類	A群(一般的性質)	B群(物質の例)
イオン結晶	13	14
共有結合の結晶	15	16
金属結晶	17	18
分子結晶	19	20

A 群

- ① 外部の力により粒子の位置が移動しても結合は保持されるため、結晶は壊れずに変形する。
- ② 固体では電気を通さないが、融解して液体になると電気を通す。
- ③ 粒子間の結合エネルギーは他の結晶に比べて小さく、融点は低い。
- ④ 決まった分子式をもたず、融点が高く、化学的に安定であることが多い。

B 群

- ① ヨウ素
- ② 二酸化ケイ素
- ③ 酸化カルシウム
- ④ 銅

問2 図1はある金属結晶の単位格子である。次の(1)～(3)に答えよ。

- (1) この結晶構造として最も適切なものを、次の①～③のうちから1つ選べ。 21
- ① 体心立方格子                      ② 面心立方格子                      ③ 六方最密構造
- (2) この単位格子中の原子の個数として、最も適切な数字をマークせよ。 22
- (3) この金属の単位格子の1辺の長さをL cm、単位格子中の原子の個数をn、結晶の密度をd g/cm<sup>3</sup>、アボガドロ数をNとする。この金属の原子量を求める式として最も適切なものを、次の①～⑤のうちから1つ選べ。 23
- ①  $\frac{L^3 N}{nd}$                       ②  $\frac{nd}{L^3 N}$                       ③  $\frac{nN}{dL^3}$                       ④  $\frac{dL^3}{nN}$                       ⑤  $\frac{dL^3 N}{n}$

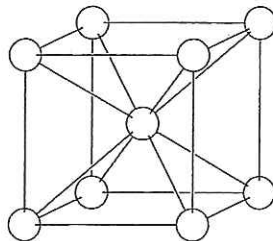


図1

4 鉄の製法に関する次の文章を読み、下の問い(問1～4)に答えよ。

赤鉄鉱や磁鉄鉱などの鉄鉱石を、溶鉱炉内でコークス(C)や石灰石とともに加熱する(図2)。溶鉱炉内で起こる反応は様々であるが、コークスやコークスからできた一酸化炭素により、鉄鉱石が還元されて鉄を生じる。

溶鉱炉から取り出された鉄を銑鉄せんてつといい、炭素のほかにケイ素などの不純物を含み、硬くてもろい。

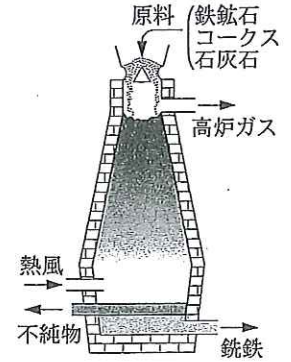
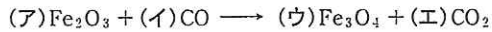
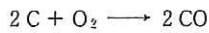


図2

問1 溶鉱炉内で起こる反応のうち、おもなものを以下に示した。ただし、一部の反応式の係数は(ア)～(ク)の記号で示してある。反応式の係数(ア)、(イ)、(ク)の組合せとして最も適切なものを、下の①～⑨のうちから1つ選べ。 24



	(ア)	(イ)	(ク)
①	1	1	1
②	1	2	2
③	1	3	3
④	2	1	1
⑤	2	2	2
⑥	2	3	3
⑦	3	1	1
⑧	3	2	2
⑨	3	3	3

問2 赤鉄鉱中の酸化鉄(III)の含有量を質量比90%とすると、1.0t(1000kg)の赤鉄鉱を還元して得られる銑鉄は何kgとなるか。最も近い値を、次の①～⑥のうちから1つ選べ。ただし、赤鉄鉱中の鉄はすべて酸化鉄(III)として存在し、また、銑鉄には鉄以外の物質が質量比で5.0%含まれているものとする。 25 kg

- ① 540      ② 580      ③ 620      ④ 660      ⑤ 700      ⑥ 740

問 3 銑鉄に含まれる不純物や余分の炭素を除き、新たに別の金属を混合し、融解させると、様々な特性をもった合金が得られる。また、鉄以外の金属でも様々な合金をつくることができる。表 2 に示す合金の成分  ~  に該当する金属として最も適切なものを、下の①~⑩のうちから 1 つずつ選べ。⑩をマークする場合は、①と⑩をマークせよ。

表 2

合 金	合 金 の 成 分
ステンレス鋼	Fe, <input type="text" value="26"/> , Ni
ジュラルミン	<input type="text" value="27"/> , Cu, Mg, Mn
はんだ	<input type="text" value="28"/> , Pb
黄銅(しんちゅう)	Cu, <input type="text" value="29"/>

- ① W                      ② Pb                      ③ Sn                      ④ Fe                      ⑤ Cr  
 ⑥ Zn                      ⑦ Cu                      ⑧ Al                      ⑨ Ni                      ⑩ Co

問 4 次の文章中の  ~  に入る語句，化学式として最も適切なものを，下の①~⑩のうちから 1 つずつ選べ。⑩をマークする場合は，①と⑩をマークせよ。

鉄を希硫酸に入れると水素を発生して溶け，  色の水溶液となる。これに水酸化ナトリウム水溶液を加えると緑白色の沈殿  を生じ，さらに空气中に放置すると，徐々に酸化されて赤褐色の沈殿  に変化する。鉄(II)イオンを含む水溶液に  の水溶液を加えると濃青色の沈殿を生じる。また，鉄(III)イオンを含む水溶液に  の水溶液を加えると濃青色の沈殿を生じる。

- ①  $\text{NH}_3$                       ② NaOH                      ③  $\text{Ca}(\text{OH})_2$                       ④  $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$                       ⑤  $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$   
 ⑥ 淡 青                      ⑦ 淡 緑                      ⑧ 淡 黄                      ⑨  $\text{Fe}(\text{OH})_2$                       ⑩  $\text{Fe}(\text{OH})_3$

5 油脂に関する次の文章を読み、下の問い(問1～4)に答えよ。必要があれば次の値を用いよ。

分子量：パルミチン酸=256    ステアリン酸=284    オレイン酸=282    リノール酸=280    リノレン酸=278

大豆油から得られた油脂Aの581.9gに水酸化ナトリウム水溶液を加えて加熱し、完全に加水分解したあと、常温に冷却して、溶液Bを得た(図3)。この溶液Bの半分をとり、塩化ナトリウム水溶液に加えると、固形物が生成したので、これをろ過して分離した。

次に、溶液Bの残りの半分を塩酸を加えて酸性としたのち、ジエチルエーテルで抽出すると、パルミチン酸(C<sub>15</sub>H<sub>31</sub>COOH) [10%]、ステアリン酸(C<sub>17</sub>H<sub>35</sub>COOH) [5%]、オレイン酸(CH<sub>3</sub>(CH<sub>2</sub>)<sub>7</sub>CH=CH(CH<sub>2</sub>)<sub>7</sub>COOH) [30%]、リノール酸(CH<sub>3</sub>(CH<sub>2</sub>)<sub>4</sub>CH=CHCH<sub>2</sub>CH=CH(CH<sub>2</sub>)<sub>7</sub>COOH) [50%]、および、リノレン酸(CH<sub>3</sub>CH<sub>2</sub>CH=CHCH<sub>2</sub>CH=CHCH<sub>2</sub>CH=CH(CH<sub>2</sub>)<sub>7</sub>COOH) [5%]からなる混合物Cが得られた( [ ]内は、混合物Cに占める脂肪酸の物質質量[mol]の割合)。混合物Cの半分を、ニッケルを触媒として水素と反応させると、2種類の飽和脂肪酸からなる混合物140.6gが得られた。

一方、混合物Cの残りの半分を過マンガン酸カリウムで酸化すると、不飽和脂肪酸に含まれる二重結合(C=C)は炭素原子と炭素原子の間ですべて切断され、それぞれの炭素原子はカルボキシル基となった。その結果、反応しなかった飽和脂肪酸のほかに、X種類のモノカルボン酸(1価カルボン酸)とY種類のジカルボン酸(2価カルボン酸)が得られた。

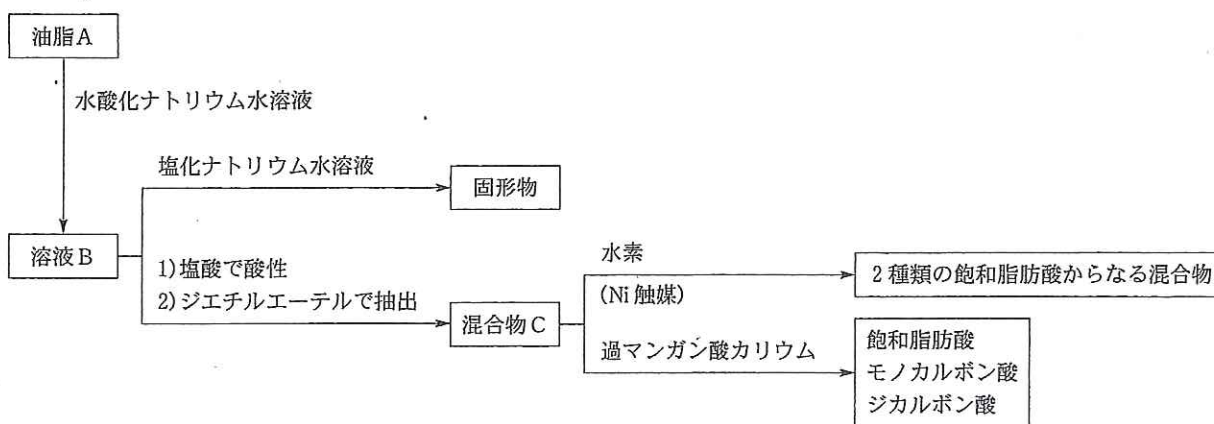


図3

問1 油脂Aの平均分子量として最も近い数値を、次の①～⑥のうちから1つ選べ。 35

- ① 806      ② 820      ③ 842      ④ 873      ⑤ 890      ⑥ 927

問2 下線部アに関して、この固形物に関する次の記述a～cについて、正誤の組合せとして最も適切なものを、下の①～⑧のうちから1つ選べ。 36

- a. この固形物は合成洗剤の一種である。  
b. この固形物は一定の融点を示す。  
c. この固形物の水溶液は酸性を示す。

	a	b	c
①	正	正	正
②	正	正	誤
③	正	誤	正
④	正	誤	誤
⑤	誤	正	正
⑥	誤	正	誤
⑦	誤	誤	正
⑧	誤	誤	誤

問 3 下線部イに関して、溶液 B に塩酸を加えて酸性とする理由として最も適切なものを、次の①～⑥のうちから 1 つ選べ。

- ① 溶液 B 中に残った水酸化ナトリウムを中和する。
- ② 溶液 B に対するジエチルエーテルの溶解度を上げる。
- ③ 溶液 B に対するジエチルエーテルの溶解度を下げる。
- ④ 溶液 B の中で、脂肪酸を遊離させる。
- ⑤ 溶液 B の中で、脂肪酸の分解を防ぐ。
- ⑥ ジエチルエーテルの中で、脂肪酸を遊離させる。

問 4 下線部ウに関して、次の(1)～(3)に答えよ。ただし、カルボン酸の炭素数については、カルボキシル基の炭素も含めて数えるものとする。

- (1)  ,  に入る最も適切な数字をそれぞれマークせよ。 X  Y
- (2) 下線部ウに示されたカルボン酸のうち、最も水に溶けやすいカルボン酸の炭素数は   である。十の位の数字を  に、一の位の数字を  にマークせよ。該当する位がない場合は、①をマークせよ。
- (3) 下線部ウに示されたカルボン酸のうち、最も水に溶けにくいカルボン酸の炭素数は   である。十の位の数字を  に、一の位の数字を  にマークせよ。該当する位がない場合は、①をマークせよ。