

化 学

解答はすべて各問題の指示にしたがって解答用紙の該当欄に記入せよ。必要があれば次の数値を用いよ。

原子量：H = 1.0, C = 12, O = 16, S = 32, Mn = 55

気体定数： $R = 0.082 \text{ atm}\cdot\text{l}/(\text{mol}\cdot\text{K})$

ファラデー定数： $F = 9.6 \times 10^4 \text{ C/mol}$

0℃の絶対温度： $T = 273 \text{ K}$

1 次の I、II に答えよ。

I 次の文章を読み、問1～問3に答えよ。

元素を原子番号の順に並べ、化学的性質のよく似た元素が同じ縦の列に並ぶように配列した表を元素の周期表という。

周期表の一番右にある **(a)** などは原子としての反応性にとぼしく、希ガスとよばれている。周期表の中でこの近くにあり、二原子分子として存在する **(b)** は常温・常圧で赤褐色の液体である。周期表の第一列にある、水素を除いた元素を **(1)** とよぶ。軟らかく、融点が低いという特徴を持つとともに、水と爆発的に反応して **(c)** を発生する。周期表の第二列にある元素のうち、ベリリウムおよび **(d)** を除く4つの元素を **(2)** とよぶ。この族に属する元素はイオン結合の化合物をつくり、その **(e)** 塩は水に溶けにくい。周期表の第3列から第11列に位置する金属元素は **(3)** とよばれ、銅のように優れた電気伝導性を示し、我々の生活に役立っているものもある。また、金属の中でただ一つ、常温・常圧で液体である **(f)** は、他の金属と合金を作ってアマルガムを形成するという特徴をもつ。金属元素と非金属元素の境界付近にある元素は、金属と絶縁体の中間の性質を持ち、**(4)** の性質を示す。その典型的な元素は **(g)** である。

炭素は、この境界線の近くにある元素であり、いくつかの同素体を作る。同

素体の中で黒鉛は電気を通すが、ダイヤモンドは電気を通さない。この違いは、物質を構成する原子の並び方にある。黒鉛の結晶では、平面的につながった構造が しているのに対し、ダイヤモンドでは、炭素原子による正四面体型の結合の繰り返しが をとるという特徴がある。重要なことは、原子や分子の並び方により、物質の性質が変わることである。

問 1 文章中の ~ にもっとも適する物質名を下から選び、記号で答えよ。

- | | | |
|------------|------------|-----------|
| (A) アルミニウム | (B) アンモニア | (C) カリウム |
| (D) カルシウム | (E) ケイ素 | (F) 五酸化リン |
| (G) 酸素 | (H) 臭素 | (I) 硝酸 |
| (J) 水銀 | (K) スズ | (L) 水素 |
| (M) 炭酸 | (N) 窒素 | (O) ホウ素 |
| (P) ヘリウム | (Q) マグネシウム | (R) ヨウ素 |

問 2 文章中の , にもっとも適する語句を下から選び、記号で答えよ。

- | | | |
|-----------|-----------|-------------|
| (ア) イオン結合 | (イ) 共有結合 | (ウ) 重合 |
| (エ) 水素結合 | (オ) 積層 | (カ) 体心立方格子 |
| (キ) らせん構造 | (ク) 不規則構造 | (ケ) 立体的網目構造 |

問 3 文章中の ~ にもっとも適する語句を入れよ。

II 次の文章を読み、問1～問6に答えよ。

電池は、化学反応のエネルギーを電気エネルギーに変えるエネルギー変換装置である。外部に電流を取り出すために、電池内では電子が関与する (a) 反応が起こる。電池には色々な種類があり、水素やメタノールなどの (b) と酸素などの (c) を外部から加え、持続的に発電する燃料電池、外部から逆向きの電流を流すと起電力が回復し再び使用できる (d) 電池、1度使い切るともとに戻らない (e) 電池などがある。

(e) 電池の例として、亜鉛および酸化マンガン(IV)の反応を利用した電池が使われてきている。(d) 電池の例としては、鉛およびその化合物を使った電池(電池A)



ならびに、ニッケルとカドミウムを利用した電池(電池B)が実用化されている。



電池Aでは、放電とともにPbならびに PbO_2 は (あ) に変化する。電池Bでは、放電とともに、Cdから Cd(OH)_2 への反応ならびに NiO(OH) から Ni(OH)_2 への反応が起きる。

問1 (a) ~ (e) にもっとも適する語句を下から選び、記号で答えよ。

- | | | | |
|---------|----------|--------|---------|
| (ア) 酸 | (イ) 酸化剤 | (ウ) 塩基 | (エ) 還元剤 |
| (オ) 酸塩基 | (カ) 酸化還元 | (キ) 触媒 | (ク) 燃焼 |
| (ケ) 電子 | (コ) 電気 | (サ) 一次 | (シ) 二次 |
| (ス) 太陽 | | | |

問2 酸化マンガン(IV)は硫酸と硫酸マンガン(II)を含む水溶液中での電解により得られる。硫酸マンガン(II)から酸化マンガン(IV)への酸化反応を電子 e^- を含む反応式で記せ。

2 次の I, II に答えよ。

I 次の操作(1)~(6)中の A~D は、それぞれ異なる 4 種類の金属であり、銅、白金、亜鉛、銀のいずれかの金属である。以下の問 1~問 6 に答えよ。

(1) A の陽イオンと硫酸イオンからなる塩の水溶液(ア)に B を浸しても、その表面には析出物は見られなかった。

(2) 溶液(ア)に C を浸すと、C の表面に A が析出した。じゅうぶんに時間が経過した後、C およびその表面に析出した A を溶液から分離し、青色透明の溶液(イ)を得た(図 1)。

(3) 溶液(イ)に、D を浸したところ、D の表面に析出物(ウ)が見られた。じゅうぶんに時間が経過した後、D およびその表面の析出物(ウ)を溶液から分離し、無色透明の溶液(エ)を得た(図 1)。

(4) D およびその表面の析出物(ウ)にじゅうぶんな量の希硫酸を加えたところ、D は気体(オ)を発生しながら溶けたが、析出物(ウ)は溶けずに残った(図 1)。

(5) 溶液(ア)の一部に塩化ナトリウム水溶液を加えると白色の沈殿が生じたが、溶液(イ)の一部に同様の処理を行っても何の沈殿も生成しなかった。

(6) 溶液(イ)の一部に硫化水素ガスを通じると黒色沈殿(カ)が生成したのに対し、溶液(エ)の一部をアルカリ性にしたのち同様の操作を行うと白色沈殿(キ)のみが生成した。

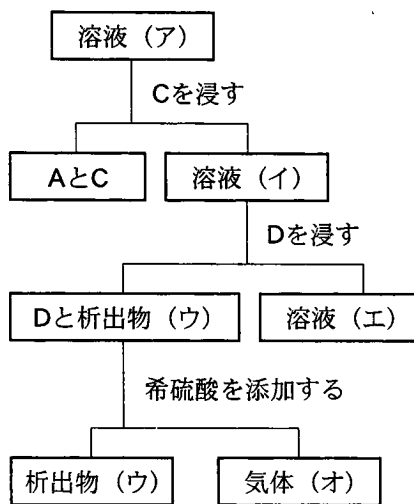


図 1

問 1 A~D はそれぞれどの金属に対応するか、化学式で答えよ。

問 2 (2)において A の析出する反応の反応式を書け。

問 3 析出物(ウ)の化学式を書け。

問 4 気体(ケ)が生じる反応の反応式を書け。

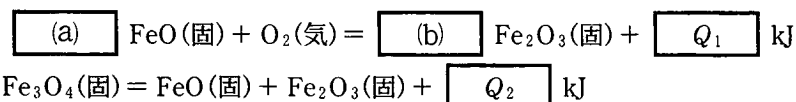
問 5 沈殿(カ)および(キ)の化学式を書け。

問 6 溶液(イ)50 ml に 2.0×10^{-3} mol の D を浸してじゅうぶんに時間が経過し、析出物(ウ)の析出が終了した。その後、希硫酸を加え、D を完全に溶かした。これらの操作において発生した気体(ケ)の全体積は、27 °C、1.0 atm で 24.6 ml であった。溶液(イ)に含まれている金属イオンの濃度は何 mol/l か、有効数字 2 桁で求めよ。

II 次の文章を読み、問 1 ～問 5 に答えよ。

鉄の酸化物は主に酸化鉄(II)、酸化鉄(III)、四酸化三鉄の 3 種があり、それぞれの生成熱は 273 kJ/mol、827 kJ/mol、1121 kJ/mol である。また、天然には磁鉄鉱(四酸化三鉄)、赤鉄鉱(酸化鉄(III))として存在し、製錬はこれらをコークス、石灰石とともに加熱し、発生する一酸化炭素によって鉄の酸化物を還元することで行われる。純粋な鉄の結晶構造は室温では体心立方格子だが、906 °C 以上では面心立方格子へと変化する。

問 1 以下の酸化鉄(II)と酸素との反応で酸化鉄(III)が生成する反応と、四酸化三鉄が酸化鉄(II)と酸化鉄(III)に分解する反応の熱化学方程式について、次の問に答えよ。



(1) $\boxed{(a)}$ 、 $\boxed{(b)}$ にあてはまる係数を記せ。

(2) $\boxed{Q_1}$ 、 $\boxed{Q_2}$ の値を求めよ。ただし、正負の符号を明記せよ。

問 2 酸化鉄(III)から鉄への一酸化炭素による還元の化学反応式を記せ。

問 3 磁鉄鉱(四酸化三鉄)と赤鉄鉱(酸化鉄Ⅲ)の混合物の平均の組成が $\text{Fe}_{20}\text{O}_{29}$ であった。四酸化三鉄と酸化鉄Ⅲの物質量の比を最も簡単な整数比で答えよ。

問 4 酸化鉄Ⅱは塩化ナトリウム型構造である。塩化ナトリウム型構造をもつ化合物 MX の単位格子の体積が $1.8 \times 10^{-22} \text{ cm}^3$ で密度が 2.2 g/cm^3 であり、酸化鉄Ⅱの単位格子の体積が $8.0 \times 10^{-23} \text{ cm}^3$ で密度が 6.0 g/cm^3 であるとき、酸化鉄Ⅱのモル質量は化合物 MX のモル質量の何倍になるか。有効数字 2 桁で答えよ。

問 5 鉄の結晶に関して、室温の体心立方格子にあてはまるものと、高温の面心立方格子にあてはまるものをそれぞれ選び記号で答えよ。

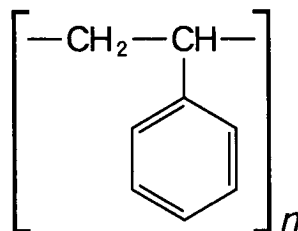
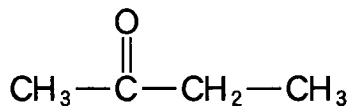
(1) 一つの原子は何個の原子に隣接しているか。

(ア) 6 個 (イ) 8 個 (ウ) 10 個 (エ) 12 個

(2) 隣接原子間距離が $2r$ であるとき、2番目に短い原子間距離はいくらになるか。

(オ) $4r$ (カ) $2\sqrt{2}r$ (キ) $\frac{4r}{\sqrt{3}}$ (ク) $2\sqrt{3}r$

- 3 次の I, II に答えよ。なお、構造式については記入例にならって示せ。
(記入例)



I 次の文章を読み、問1～問4に答えよ。

合成高分子化合物は単量体を重合させて合成する。ポリエステルは単量体の縮合重合により合成されるが、ポリエチレン、ポリプロピレン、ポリ塩化ビニル、⁽¹⁾ポリ酢酸ビニルなどは (a) 重合により合成される。ポリ酢酸ビニルをけん化すると (b) が得られる。これをホルムアルデヒド水溶液で処理した物質がビニロンである。ビニロンでは分子中の一部の (c) 基がホルムアルデヒドと反応し、反応せずに残った (c) 基がビニロン特有の性質 ⁽²⁾ を与えている。一方、天然にも数多くの高分子化合物が存在する。天然ゴムは (d) が重合した構造を持っている。その分子中には (e) があり、これがゴム特有の弾性を示す原因となっている。この部分が空气中で酸化されてしまうと徐々に弾性を失う。天然ゴムに (f) を加えて加熱すると、この現象を防ぐことができる。天然ゴムの構造を参考にして、ブタジエンゴムやクロロプレンゴムなどの合成ゴムがつけられている。⁽³⁾

問1 文章中の (a) ~ (f) に適当な言葉を入れよ。

問2 下線部(1)に示す合成高分子化合物の中で、難燃性で密度が高く、パイプなどに使用されている高分子化合物の単量体の構造式を示せ。

問3 下線部(2)で述べられているビニロン特有の性質を示す単語を1つ書け。

問4 下線部(3)で述べられているクロロプレンゴムの構造式を示せ。

II 次の文章を読み，問1～問4に答えよ。

動植物中に含まれる油脂はAとBとがエステル結合してできている。油脂を水酸化ナトリウム水溶液中で加熱すると，加水分解によりAのナトリウム塩とBが得られる。Bは多価アルコールである。これに無水酢酸を反応させてエステル化した場合，反応の途中では数種類のエステル化合物が存在するが，完全にエステル化すると1種類の化合物が得られる。

問1 A，Bの物質名を書け。

問2 下線部(1)の物質は一般には，何と呼ばれているか。

問3 下線部(2)として考えることのできる化合物の中で，不斉炭素原子を持つものの構造式をすべて記せ。

問4 化合物B 9.2 g を無水酢酸と反応させて完全にエステル化したとき，得られるエステル化合物は何グラムか。有効数字2桁で答えよ。