

1 (I), (II)の各問いに答えよ。

〔I〕 化学結合には、共有結合、イオン結合、金属結合そして分子間力による結合と呼ばれる結合様式があり、これらの結合様式に従って原子、イオンおよび分子が集合して物質を形成する。物質が結晶性のものである場合は、それぞれ共有結合結晶、イオン結晶、金属結晶そして分子結晶と呼ばれている。これらの結晶は結合様式の違いを反映して、特徴的な構造や性質を示すことが知られている。右の表は、結晶の種類と特徴を簡単に説明したものであるが、金属結晶についての記入例にならってこの表を完成せよ。

|              | 共有結合結晶 | イオン結晶 | 金属結晶     | 分子結晶      |
|--------------|--------|-------|----------|-----------|
| 結合様式         | 共有結合   | イオン結合 | 金属結合     | 分子間力による結合 |
| 構成粒子         |        |       | 陽イオンと電子  |           |
| 融点・沸点        |        |       | 高いものが多い  |           |
| 電気伝導性        |        |       | 示す       |           |
| 機械的性質        |        |       | 延性・展性に富む |           |
| 例<br>(一つでよい) |        |       | Cu(又は銅)  |           |

〔Ⅱ〕 次の(1)～(6)の文章は身近に見られる現象を化学的に説明したものである。

問 1～問 7 に答えよ。

- (1) 鉄釘を放置したらさびてボロボロになった。化学的には鉄が (A) されたためである。
- (2) 熱や光を伴って激しく (A) 反応が進行することを (B) という。
- (3) スーパーマーケットでアイスクリームを買ったとき、保冷剤としてドライアイスをつけてくれたが、気が付いたらドライアイスは小さくなっていた。これはドライアイスが (C) したためである。
- (4) お父さんにウィスキーの水割りを作るよう頼まれた。氷を入れるのを忘れて、ウィスキーを水で薄めたら、ほんのりと温かくなった。これはエタノールの (D) によるためである。
- (5) オキシドール(3%過酸化水素水)を傷口につけたら泡の発生が観察された。これは、血液中のある成分が (E) となり、オキシドールの分解が促進されたためである。
- (6) 海水は零度以下でも氷結しない。これは海水に含まれる塩分のため (F) が起きたためである。

問 1 下線部(A)～(F)に適切な語句を入れよ。

問 2 アルミニウムは鉄よりイオン化傾向が高く (A) されやすいにも関わらず、アルミニウム製品は、永くその素材として性質が維持される。その理由を述べよ。

問 3 マグネシウム箔<sup>はく</sup>を、純粋な二酸化炭素中で高温に加熱したらマグネシウム箔は (B) した。冷却後、容器には黒い固体が観察された。なぜ、酸素のない二酸化炭素中で、マグネシウムが (B) したのか、その理由を述べよ。

問 4 次の(イ)~(ホ)の中から常温・常圧で (C) が観察されるものを一つ選びその記号を記せ。

- (イ) スチールウール      (ロ) 食 塩      (ハ) グルコース  
(ニ) 酢 酸      (ホ) パラジクロロベンゼン

問 5 次の(イ)~(ホ)の中から水に加えたとき (D) が吸熱であるものを二つ選びその記号を記せ。

- (イ) 硝酸カリウム      (ロ) 硫 酸      (ハ) 酸化カルシウム  
(ニ) 食 塩      (ホ) 水酸化ナトリウム

問 6 次の(イ)~(ホ)の中から (E) を利用して行われる物質の製造法を選びその記号を記せ。(一つとは限らない)

- (イ) 鉄鉱石〔酸化鉄(Ⅲ)〕をコークスを用いて高炉で製鉄する。  
(ロ) 窒素と水素からアンモニアを製造する。  
(ハ) エチレンと水からエタノールを製造する。  
(ニ) 塩化ナトリウム水溶液、アンモニア水、および二酸化炭素からソルベー法により、塩化ナトリウムを無駄にすることなく炭酸水素ナトリウムと塩化アンモニウムをともに生産する。  
(ホ) 一酸化炭素と水素からメタノールを製造する。

問 7 砂糖水の (F) は、海水の主成分である塩化ナトリウムの水溶液に比べて、同じモルあたり約半分である。その理由を述べよ。

2 [I], [II]の各問いに答えよ。

[I] ダニエル電池は亜鉛板を浸した硫酸亜鉛水溶液と、銅板を浸した硫酸銅(II)水溶液との間を、素焼き板で仕切り、両電極を導線でつないだものである。素焼き板は、2つの液を混合させることなく、必要なイオンを移動させることができる。次の問1と問2に答えよ。

問1 ダニエル電池を導線で直流電流計につないだ様子を断面図で示せ。ただし直流電流計は **直流電流計** と表せ。

問2 次の文章の( )中には電子を用いた反応式を、また、[ ]中には最も適当な語句あるいは化学式を記入せよ。

ダニエル電池の亜鉛電極で起こる反応は( ① )で表され、銅電極で起こる反応は( ② )で表される。従って、電子は導線を通して[ ③ ]電極から[ ④ ]電極に流れる。電池の内部では、素焼き板の小さなあなを通して、[ ⑤ ]が正極側に、[ ⑥ ]が負極側に移動し、これらのイオンの移動によって電気が運ばれる。放電を続けると[ ⑦ ]の濃度は減少し、[ ⑧ ]の濃度は増加して、起電力は低下する。

[II] 次の問1～問4の文章の[ ]中には最も適当な語句、化学式あるいは数値を、また、( )中には化学反応式あるいは電子を用いた反応式を記入せよ。

問1 銅の鉱石を還元して得られる粗銅は、電気分解によって99.99%以上の純銅に精製される。この場合、硫酸酸性の硫酸銅(II)水溶液中に、粗銅板と純銅板を入れ、粗銅板を[ ① ]に、純銅板を[ ② ]にして電気分解する。陽極でおこる反応は( ③ )で表され、陰極でおこる反応は( ④ )で表される。

問 2 銅を熱濃硫酸に溶かすと、硫酸銅(Ⅱ)を生成する。



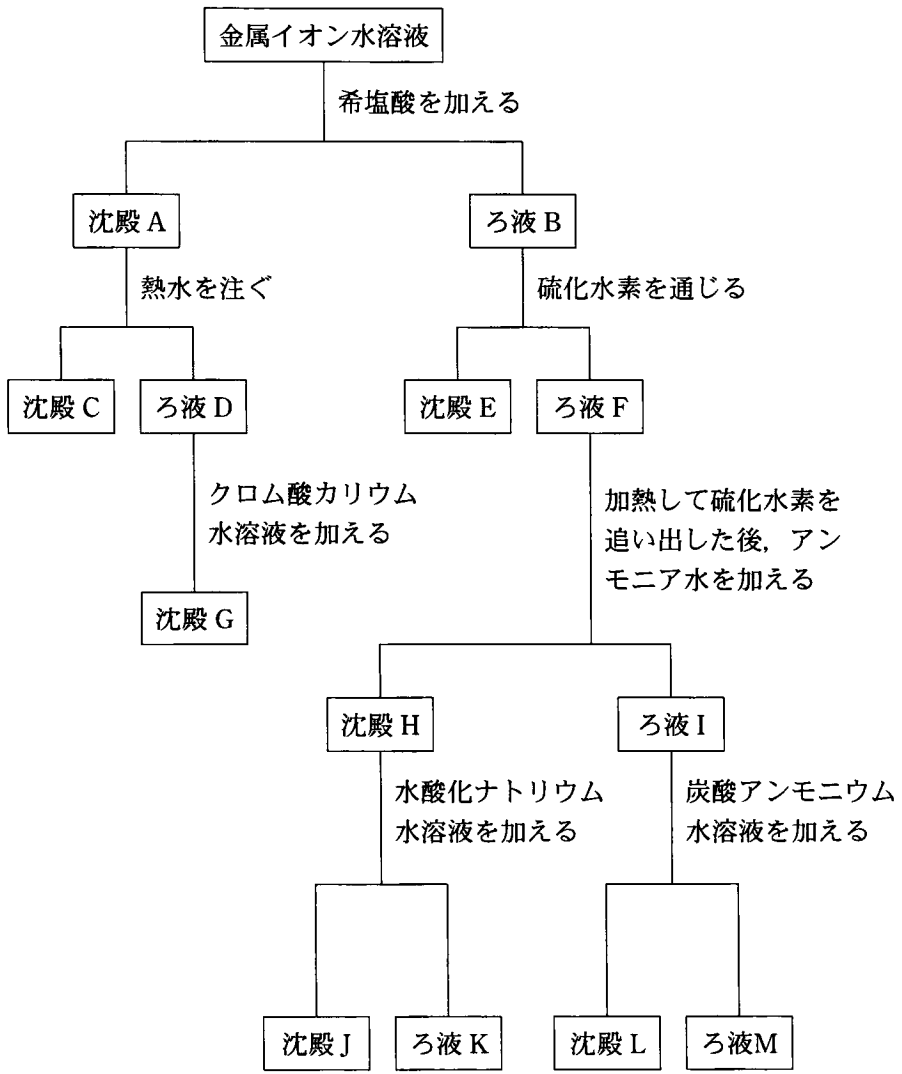
この反応で、銅の酸化数は〔 ⑤ 〕価から〔 ⑥ 〕価に変わる。ここで、熱濃硫酸の酸化剤としての反応は〔 ⑦ 〕で表される。

問 3 硫酸銅(Ⅱ)を水に溶かすと、銅(Ⅱ)イオンは水 4 分子と結合して錯イオンになる。また、この溶液にアンモニア水を加えると、銅(Ⅱ)イオンはアンモニア 4 分子と結合する。水やアンモニアが銅 イオンに結合できるのは、これらの分子が〔 ⑧ 〕をもっているからである。銅(Ⅱ)イオンに結合した水やアンモニアを〔 ⑨ 〕という。銅(Ⅱ)イオンとアンモニアから生じる深青色の錯イオンの化学式は〔 ⑩ 〕、名称は〔 ⑪ 〕である。

問 4 硫酸銅(Ⅱ)五水和物の結晶 0.600 g を水に溶かして 250 ml の溶液とした。この溶液に、5.00 g の塩化バリウムを水に溶かして 100 ml とした溶液を少しずつ加えて、硫酸バリウムを沈殿させた。沈殿生成反応は〔 ⑫ 〕で表される。硫酸銅(Ⅱ)水溶液中の硫酸イオンの物質量は〔 ⑬ 〕mol であり、また、塩化バリウム水溶液のモル濃度は〔 ⑭ 〕mol/l である。従って、硫酸イオンを完全に硫酸バリウムに変えるためには、塩化バリウム水溶液を〔 ⑮ 〕ml 以上加えることが必要である。

3 [I], [II]の各問いに答えよ。

[I]  $\text{Ag}^+$ ,  $\text{Al}^{3+}$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{3+}$ ,  $\text{K}^+$ , および  $\text{Pb}^{2+}$  の7種の金属イオンを含む水溶液がある。これらを以下の操作で分離した。



問 1 沈殿 C, E, G, J, L の化学式とそれぞれの色を答えよ。

問 2 沈殿 C にアンモニア水を加えたところ、沈殿は溶解した。このときの化学反応式を書け。

問 3 ろ液 K に含まれる錯イオンのイオン式を書け。

問 4 ろ液 M に含まれる金属イオンの確認方法を簡単に述べよ。

〔Ⅱ〕 メタンとプロパンに関する次の各問いに答えよ。ただし、メタンとプロパンの燃焼熱はそれぞれ  $890 \text{ kJ/mol}$  および  $2220 \text{ kJ/mol}$  とする。

問 1 メタンとプロパンの燃焼熱を表す熱化学方程式をそれぞれ書け。

問 2 メタンとプロパンを体積比 4 対 1 で含む混合気体がある。この気体  $1 \text{ l}$  ( $1 \text{ atm}$ ,  $25^\circ\text{C}$ ) を完全に燃焼させるときの熱量を求めよ。答えは小数点以下第 1 位まで算出し、計算の概略も示せ。

問 3 ある条件でメタンを燃焼させたところ、水素は完全に水になったが炭素はすべて一酸化炭素になり、二酸化炭素は生じなかった。一酸化炭素および二酸化炭素の生成熱をそれぞれ  $111 \text{ kJ/mol}$  および  $394 \text{ kJ/mol}$  とし、このときの反応熱を求めよ。計算の概略も示せ。

4 次の問1～問3について答えよ。

問1 メタンの水素原子1個を次の原子団1～5で置換した化合物について、下の性質a～eからもっともふさわしいものを1つずつ選びその記号を記せ。

原子団；

1.  $-\text{CO}_2\text{H}$    2.  $-\text{CH}_3$    3.  $-\text{NH}_2$    4.  $-\text{CHO}$    5.  $-\text{CO}_2\text{C}_2\text{H}_5$

性質；

- a. 水に溶けにくく、果物のような芳香がある。
- b. 水によく溶け、酸性を示す。
- c. 水に溶けにくく、常温で気体である。
- d. フェーリング液と反応し、赤色の沈殿を生じる。
- e. 水によく溶け、塩基性を示す。

問2 組成式が $\text{CH}_2\text{O}$ の化合物について、分子量の違いによってそれぞれ(a)～(c)とする。

(a) 分子量30の化合物, (b) 分子量60の化合物, (c) 分子量90の化合物  
次の各問いに答えよ。

- (1) (a)にあてはまる化合物を示性式で示せ。また、その化合物をメタノールから得る方法を簡単に書け。
- (2) (b)にあてはまるエステルを示性式で示せ。また、その構造異性体を一つ示性式で示せ。
- (3) (c)にあてはまる化合物で乳酸飲料に含まれるものを示性式で示せ。また、その化合物の構造異性体を1つ示性式で示せ。

問 3 芳香族化合物について以下の問いに答えよ。

- (1) サリチル酸からサリチル酸メチルを合成する方法を説明せよ。
- (2) サリチル酸とサリチル酸メチルの混合物から、それぞれの化学的性質を利用して両者を分ける方法を説明せよ。
- (3) ベンゼンからアニリンを合成する方法を段階に分けて説明せよ。

5

〔I〕, 〔II〕の各問いに答えよ。

〔I〕 問1～問2について答えよ。

問1 図Iは化学反応式 $A + B \rightleftharpoons AB$ で示される気体Aと気体Bとから気体ABが生成する平衡反応の、反応の経路とエネルギーに関するグラフを示したものである。(a), (b)に相当する語句を答えよ。

問2 上記平衡反応 $A + B \rightleftharpoons AB$ について、二つの条件下で実験を行った。

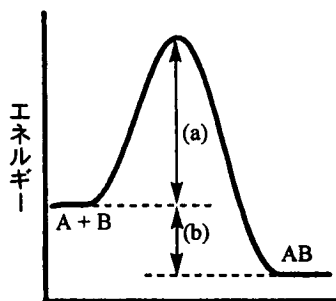
条件1：圧力を一定にして、高温及び低温で反応を行った。

条件2：温度を一定にして、高压及び低压で反応を行った。

次の(1)と(2)の問いに答えよ。

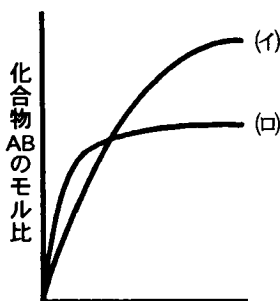
(1) 図IIおよび図IIIは、条件1あるいは条件2で実験を行ったときの反応時間と生成物ABの全体に対するモル比との関係を示したものである。図IIおよび図IIIはそれぞれ条件1、条件2のどちらで実験を行ったものか答えよ。

(2) (イ)～(ニ)はどのような条件で行ったのか。低温、高温、低压、高压で答えよ。



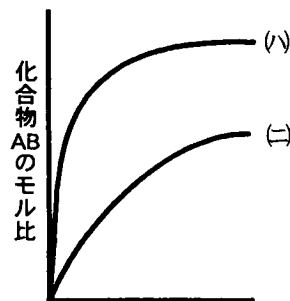
反応の経路

図 I



反応時間

図 II



反応時間

図 III

〔Ⅱ〕 水素とヨウ素からヨウ化水素が生成する平衡反応に関する以下の問いに答えよ。

問 1 体積  $10\text{ l}$  の容器に水素  $1.0\text{ mol}$  とヨウ素  $1.0\text{ mol}$  を混合して一定温度に保ち、十分な時間が経過した後のヨウ化水素は  $1.5\text{ mol}$  であった。このときの平衡定数を求めよ。計算の過程も示せ。

問 2 問 1 の容器に  $1.0\text{ mol}$  の水素をさらに加えて平衡に達したとき、ヨウ化水素の物質量はいくらになるか。そのときの水素の物質量とヨウ素の物質量も答えよ。容器は問 1 のときと同じ温度に保持されている。計算過程を書き、小数点以下第 2 位まで示せ。ただし、 $\sqrt{6.12}$  ,  $\sqrt{6.13}$   $\sqrt{6.14}$  ,  $\sqrt{6.15} = 2.47$  とする。

6 〔I〕, 〔II〕の各問いに答えよ。

〔I〕 次の文を読んで、下の問いに答えよ。

高分子化合物には、天然高分子化合物と合成高分子化合物がある。絹糸はタンパク質の一種で、 $\alpha$ -アミノ酸を構成成分としてできている。

この絹糸によく似た合成繊維がナイロンである。ナイロン6,6は物質Aとアジピン酸を原料として( 1 )重合させたものである。

問 1 タンパク質を構成する $\alpha$ -アミノ酸の一般式を例にならって、構造式で記せ。

(例)アルコール：R-OH

問 2 物質Aの名称と、その構造式を記せ。

問 3 ( 1 )に適切な語句を記せ。

問 4 分子量  $8.00 \times 10^4$  のナイロン6,6を1分子つくるためには、物質Aは何分子必要か。計算過程を書き、小数点以下第1位を四捨五入せよ。

問 5 直鎖状高分子化合物としてのタンパク質とナイロンの化学構造上の類似点を簡単に説明せよ。

〔Ⅱ〕 糖類について述べた次の文章を読んで、問1～3に答えよ。

デンプンは植物の種子・根・地下茎などに含まれる多糖で、多数の (a) 分子が結合した構造をしており、枝分かれの無い (b) と、ところどころに枝分かれのある (c) からなる。デンプンを希酸や酵素で加水分解して得られる二糖には (d) がある。

セルロースは植物の細胞壁を構成する主要な多糖で、加水分解して得られる二糖は (e) である。デンプンとセルロースを構成する単糖は同じだが、前者は (a) 分子から構成されているのに対して、後者は (f) 分子から構成されている。

スクロースはサトウキビの茎やテンサイの根から得られる二糖で、甘味料として広く使われている。これを加水分解すると、 (g) と (h) が得られる。

ホ乳動物の乳中に存在する二糖である (i) は、加水分解により、 (h) と (j) を与える。

問1 (a) ～ (j) に適当な語句を入れよ。

問2 ある試料が単糖( $C_6H_{12}O_6$ )であるか、その単糖からなる二糖であるかを判別するために元素分析を行った。試料5.13 mgを完全に燃焼させたところ、二酸化炭素7.92 mg、水2.99 mgのみが生じた。この試料は単糖、二糖のどちらか。計算過程も書け。

問3 デンプンが加水分解されたことを化学反応で知る方法を説明せよ。