

平成 24 年 度

理 科

物	理	1 ページ～ 8 ページ
化	学	9 ページ～16 ページ
生	物	17 ページ～24 ページ

注意事項

1. 監督者の許可があるまでは、中を見てはいけない。
2. 問題冊子に欠けている部分や印刷が不鮮明な箇所などがあれば申し出ること。
3. 解答用紙は、物理(その1, その2), 化学(その1～その5), 生物(その1～その4)の3科目分を綴ってある。

解答を始める前に、自分の選択する2科目に関係なく全科目の解答用紙に必ず受験番号を記入すること。なお、受験票の理科受験科目届の○で囲んだ科目以外を解答した場合は採点されないので注意すること。

4. 解答は、必ず解答用紙の所定の解答欄に記入すること。
5. 問題用紙の余白は、計算用紙として利用してもよい。

化 学

必要に応じて、以下の数値を使用せよ。原子量(H = 1.0, C = 12.0, N = 14.0, O = 16.0, Si = 28.1, K = 39.1, I = 127), アボガドロ定数 = $6.02 \times 10^{23}/\text{mol}$
数値は特に指定のない限り、有効数字2桁まで求めよ。

1 次の文を読んで、以下の問いに答えよ。

単体のケイ素はダイヤモンド型の結晶で、単位格子は図1に示すように1辺が $5.4 \times 10^{-10} \text{ m}$ の立方体である。単体のケイ素は天然に存在しないが、天然に産出する二酸化ケイ素を高温で炭素を用いて還元し、一酸化炭素を発生する反応に
(a) よってケイ素がつくられる。二酸化ケイ素を水酸化ナトリウムと融解すると、ケ
(b) イ酸ナトリウムが得られる。ケイ酸ナトリウムに水を加えてオートクレーブ中で加熱すると、水ガラスが得られる。水ガラスの水溶液に塩酸を加えると、ケイ酸
(c) が析出する。これを乾燥させたものはシリカゲルと呼ばれ、内部に多数の微細な空間があり、単位質量に対する表面積が大きく、表面に気体や色素などの分子を
(d) 吸着する。乾燥剤として用いられるシリカゲルには、 CoCl_2 を吸着させたものを混入したものがあ
(e) り、これは乾燥状態で青色、吸湿状態でピンク色を呈する。

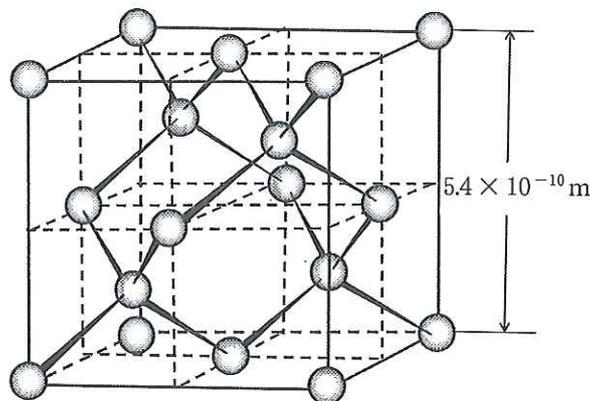


図1 ケイ素の単位格子

問 1 下線部(a)~(c)の反応を化学反応式で記せ。

問 2 下線部(d)の単位質量に対する表面積として適当なものを、次の(ア)~(エ)から1つ選び、その記号を記せ。

(ア) $1 \sim 10 \text{ m}^2/\text{g}$

(イ) $10^2 \sim 10^3 \text{ m}^2/\text{g}$

(ウ) $10^4 \sim 10^5 \text{ m}^2/\text{g}$

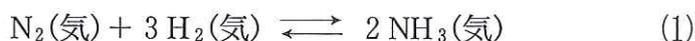
(エ) $10^6 \sim 10^8 \text{ m}^2/\text{g}$

問 3 下線部(e)では、コバルト(II)イオンに水6分子が配位結合してイオンを形成している。この水和イオンの構造を立体的に図示せよ。

問 4 ケイ素の結晶の密度(g/cm^3)を求めよ。

問 5 化学式 $\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ で表される化合物中に Si が 40.7 % (質量パーセント) 含まれていた。 n の値を求めよ。

2

窒素 N_2 と水素 H_2 からアンモニア NH_3 を生成する反応

について、以下の問いに答えよ。

問 1 $N \equiv N$, $H-H$, および $H-N$ の結合エネルギーはそれぞれ 946, 436, 391 kJ/mol である。これらの値を用いて 1 mol の NH_3 が生成するときの生成熱を計算し、その熱化学方程式を記せ。

問 2 反応式(1)の圧平衡定数 K_p を絶対温度 T , 気体定数 R , および濃度平衡定数 K_c の関数として表せ。ただし、気体はすべて理想気体であるとみなす。

問 3 体積比 1 : 3 の N_2 と H_2 を含む原料ガスを全圧 8.0×10^6 Pa で一定容積の反応容器に入れ、一定温度で放置したところ、全圧が 6.0×10^6 Pa となって平衡に達した。平衡時における各気体の分圧 (Pa) を求めよ。

問 4 図 2 の曲線 l は、体積比 1 : 3 の N_2 と H_2 を含む原料ガスを反応容器に入れ、温度 T_1 , 圧力 P_1 , 触媒なしの条件で反応を行ったときの NH_3 生成量の時間的変化を表している。同組成、同量の原料ガスを反応容器に入れ、(a)~(c) のように条件を変えて反応を行うとき、 NH_3 生成量はそれぞれどのように変化するか。曲線 l を基準とし、その概形を解答欄の図中に実線で描け。

- (a) 圧力 P_1 のまま、温度を T_1 から T_2 に上げるとき
- (b) 温度 T_1 のまま、圧力を P_1 から P_2 に上げるとき
- (c) 温度 T_1 , 圧力 P_1 のまま、触媒を加えるとき

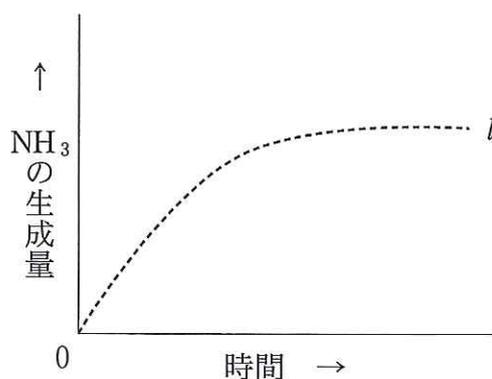


図 2 NH_3 生成量の時間的変化

3 次の文を読んで、以下の問いに答えよ。

天然に最も多く存在するヨウ素の同位体は ^{127}I であり、陽子を 1 個、中性子を 2 個持つ。また、最外電子殻に価電子を 3 個持つため、電子を 4 個受け取ることにより安定化する。このため、ヨウ素 2 原子が 5 結合することによりできる単体のヨウ素は 6 力があり、この性質を利用して消毒薬に用いられる。

また、ヨウ素は甲状腺ホルモンに含まれており、人体に必須の元素である。日本人はコンブなどの海草を摂取する習慣があるので、ヨウ素欠乏症にはなりにくい。マツ子さんは、コンブからヨウ素を単離する実験を行った。以下は、その際の実験ノートの一部である。

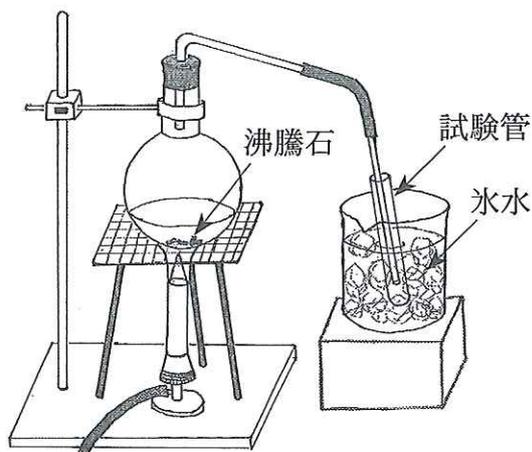
「コンブからヨウ素を取り出す」

2011年6月7日 浜 マツ子

【目的】 コンブに含まれるヨウ素を単離し、ヨウ素の性質を学ぶ。

【操作】

- ① 細かく切った乾燥コンブ 10 g を蒸発皿に入れ、灰になるまでガスバーナーで十分加熱して焼き、得られた灰を乳鉢に入れてよくすりつぶした。
- ② この灰をビーカーに入れ、水 50 mL を加えて約 3 分間煮沸した。
- ③ 煮沸した液をろ過し、ろ液を室温まで冷ました。
- ④ このろ液に希硫酸 2 mL と 5 %^(a) 過酸化水素水 2 mL を加えた。ここから 2 mL を試験管に採取し、1 % デンプン水溶液を加え、その溶液^(b)の色を観察した。
- ⑤ ④の残りの溶液を丸底フラスコに移し、右図の装置で加熱してヨウ素を単離した。



問 1 ~ にあてはまる適当な数字または語句を記せ。なお、 は酸化、または還元のうちいずれかとする。

問 2 下線部(a)において起きている反応を、化学反応式で記せ。

問 3 下線部(b)の溶液の色を記せ。

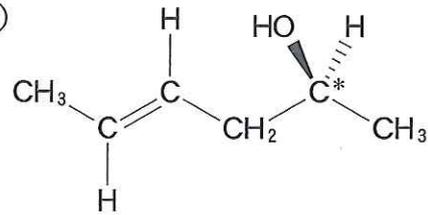
問 4 操作⑤において、フラスコの中に色のついた気体が発生した。その気体の色を記せ。また、試験管の中の様子を色や状態を記して説明せよ。

問 5 ヨウ素には、放射線を出す放射性同位体が存在する。放射性同位体は、物質の動きを追跡するために有用であり、医学研究においても、生体内でのタンパク質の動きを観察するためなどに用いられている。

今回の実験の際、ヨウ素の放射性同位体を用いれば、各実験操作でのヨウ素の動きを追跡し、その回収率を求めることでコンブに含まれるヨウ素の量を算出することができる。そこで、操作③で得られたろ液に放射性同位体のヨウ素 ^{125}I を含むヨウ化カリウム (K^{125}I) 水溶液 1 mL を加えた。加えた放射能は 1000 ベクレル(ベクレルは放射能を表す単位であり、放射性同位体の物質量に比例する)であった。 ^{127}I と ^{125}I は、各実験操作で同様に挙動する。実験ノートと同じ操作を行ったのち、操作⑤で試験管中に単離したヨウ素の一部をとって、正確に秤量したところ 11.2 mg であり、放射能は 420 ベクレルであった。操作③までにコンブに含まれるヨウ素はすべて抽出されたとして、もとのコンブ 10 g には何 mol のヨウ素原子が含まれていたか、求めよ。

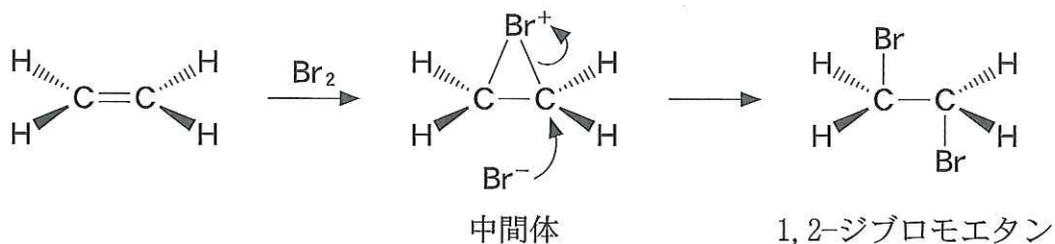
なお、もとのコンブには放射性同位体は含まれず、加えた K^{125}I の物質量は極微量であり考慮しなくてよい。また、 ^{125}I の放射能の時間経過による減衰は無視してよい。

4 次の文を読んで、以下の問いに答えよ。ただし、構造式は例にならって示し、不斉炭素原子には*印を付けること。例の図中のくさび形太線(▲)とくさび形破線(⋯⋯)は、結合がそれぞれ紙面手前と紙面奥に向いていることを示す。



分子中の炭素原子間に二重結合を1つ含み、一般式 1 で表される鎖式不飽和炭化水素を一般にアルケンという。エチレンやプロピレンにはそれぞれ異性体となるアルケンは存在しないが、ブテンには1-ブテンや2-ブテンのほかにもう1つの構造異性体が存在する。また、アルケンの二重結合は、常温ではそれ(a)を軸にして回転できないので、2-ブテンには、異性体として2個のメチル基が互いに二重結合をはさんで同じ側に位置しているシス-2-ブテンと、反対側に位置しているトランス-2-ブテンが存在する。

アルケンには水素や臭素などが付加することが知られているが、その反応形式は異なっている。すなわち、アルケンに適切な金属触媒の存在下で水素を反応させると、2つの水素原子は二重結合に対して同じ側から付加する(シス付加)。一方、アルケンに対する臭素の付加反応の場合、2つの臭素原子がそれぞれ二重結合に対して反対側から付加する(トランス付加：図3参照)。



(注) 曲がった矢印(▲)は電子対の動きを示す。

図3 エチレンの臭素付加反応

問 1 $\boxed{1}$ にあてはまる一般式を，炭素数を n として記せ。

問 2 下線部(a)にあてはまる化合物の構造式を記せ。

問 3 一般式 $\boxed{1}$ にあてはまる炭素数 5 つのアルケンと同じ分子式をもつ異性体のうち，アルケン以外の化合物の構造式をすべて記せ。

問 4 シス-2-ブテンとトランス-2-ブテンをそれぞれ臭素と反応させた。それぞれについて考えられる生成物の立体異性体の構造式をすべて記せ。

5 次の文を読んで、以下の問いに答えよ。

一般に単糖の水酸基が [1] してできたエーテル結合 C—O—C を特に [2] 結合といい、グルコースではグルコシド結合という。

2分子の α -グルコースからできる二糖はマルトース(麦芽糖)であり、図4に示すように α -グルコースの [3] 位の水酸基と [4] 位の水酸基の間で [1] して [2] 結合を形成する。また、銀鏡反応を示すことから [5] 性の二糖である。

一方、 α -グルコースと β -グルコースの、それぞれの(1)位と(1)位の水酸基の間で [1] して [2] 結合を形成したネオトレハロースは [5] 性を示さない。

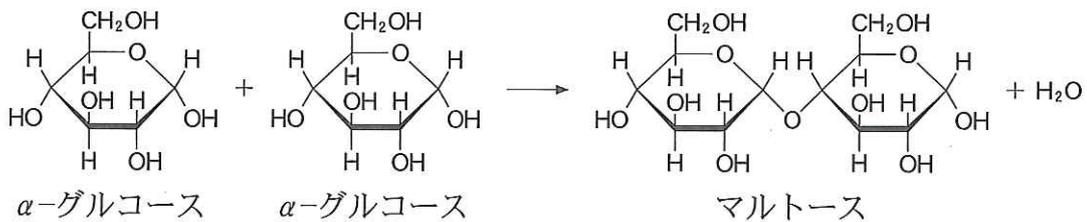


図4 マルトースの生成

問1 [1] ~ [5] にあてはまる適当な数字、記号または語句を記せ。

問2 ネオトレハロースの構造式を図4のマルトースの例にならって記せ。

問3 ネオトレハロースが [5] 性を示さない理由について、30字程度で説明せよ。

問4 腸液やだ液に含まれるマルターゼはマルトースを分解する酵素である。酵素反応の特徴である「基質特異性」と「反応特異性」を、マルターゼの場合についてそれぞれ30字程度で説明せよ。