

化 学 (その1)

注 意 事 項(その1, その2とも共通)

1. 解答は所定の解答用紙の解答欄に記入せよ。
2. 問題 **1** ~ **7** を通じ、その必要があれば次の数値を用いよ。
原子量 H : 1.00, C : 12.0, O : 16.0, S : 32.0, Pb : 207
絶対零度 0 K : - 273 °C, 気体定数 $R : 8.31 \text{ m}^3 \cdot \text{Pa} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{mol}^{-1}$
ファラデー定数 (F) : $9.65 \times 10^4 \text{ C} \cdot \text{mol}^{-1}$
3. 設問での指示がないときは、計算問題の答えは四捨五入のうえ、有効数字3桁の数字で示しなさい。
4. 下書き用紙は解答用紙とともに机上に残すこと。

1 次の元素に関する文を読んで、設問に答えよ。

元素を原子番号の順に並べていくと、最外殻電子の数は規則的かつ周期的に変化する。この元素の性質が周期的に変化することを、元素の(ア)という。最外殻にある最大(イ)個の電子を(ウ)と呼び、内側の電子殻にある(エ)電子と区別する。この(ウ)が化学結合の性質を左右し、(オ)の特性になり、物質の性質を決めるのに最も重要な役割となる。一方、(エ)電子も(カ)と(キ)との間であって、両者の静電相互作用に影響を与える点で重要となる。これが(ク)の特性となる。

問1 文中の()に最も適切な語句または数字を答えよ。

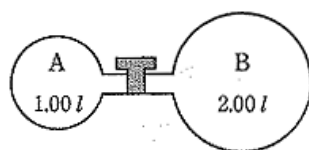
問2 (ア), (イ), (エ)は第15族の非金属元素であり、(ウ)と(オ)は生命活動に欠かせない元素である。(カ)はカルシウムとともに動物の骨や歯の構成成分である。(エ)は(イ)と同様に動物の体内に取り込まれるが、有毒作用を示す。(ウ), (オ), (エ)を例に示すように元素記号と原子番号で答えよ。<例: ^{12}C >

問3 問2の下線で示した動物の骨や歯の構成成分をその名称と化学式で答えよ。

問4 (ウ)を空气中で燃焼すると(オ)になり、この(オ)に水を加えて加熱すると、徐々に反応して(キ)となる。(オ)と(キ)を化学式で答えよ。

2 次の気体に関する文を読んで、設問に答えよ。

右図のように、体積 1.00 l と 2.00 l の耐圧容器 A, B の中間にコックを付けた装置がある。コックが閉じた状態で、A にはメタン 0.80 g , B には酸素 8.00 g が入っており、ともに温度が 27°C で保たれている。気体はすべて理想気体とし、容器 A, B は独立して温度設定ができるものとする。



問 1 上記の状態での容器 A, B のそれぞれの内圧 (Pa) はいくらか。

問 2 温度を 27°C に保ったまま、コックを開けて気体を混合し同一組成にした。このときの内圧 (Pa) はいくらか。

問 3 コックを開けた状態で、容器 A を 27°C に保ち、容器 B を 127°C に保った。十分に時間が経過した後、容器 A と容器 B の内圧が一定となった。このときの容器 B の内圧 (Pa) はいくらか。また、容器 B の混合気体の物質量 (mol) はいくらか。この状態でメタンと酸素は反応しないものとする。

問 4 さらに、コックを閉じてから、容器 B 内で点火した後、容器の温度を 127°C に保った。このとき生成した二酸化炭素の分圧 (Pa) はいくらか。

3 次の電池に関する文を読んで、設問に答えよ。

鉛蓄電池は、自動車のバッテリーや非常用の予備電源として広く使われている (ア) 電池である。この電池は、負極活性物質に (イ), 正極活性物質に (ロ) を使用し、電解液に希硫酸を用いている。

この鉛蓄電池を放電すると、両極板はともに表面が (ハ) で被われてくる。同時に、硫酸が消費されて (ニ) が生成されるので、電解液の硫酸の濃度が減少してくる。これらの原因によって徐々に鉛蓄電池の (ヘ) が低下し、極板と硫酸との反応がしにくくなり、(ハ) の原因となる。しかし、(ア) 電池である鉛蓄電池の充電面から考えると、生成物質の (ヒ) が水に不溶で極板に付着していることは好都合である。つまり、電極反応が物理的にも化学的にもすぐれた (イ) 性を示すことが必要である。

問 1 文中の () に最も適切な語句を答えよ。

問 2 鉛蓄電池の放電・充電における反応式を示せ。

問 3 下線で示す理由を 2 つ簡潔に示せ。

問 4 電解液として 30.0% 希硫酸 500 g を用いて放電をしたら、負極の質量が 4.80 g 増加した。このとき流れた電気量 (C) はいくらか。また、このときの希硫酸の濃度 (%) はいくらか。

4 次の錯イオンに関する文を読んで、設問に答えよ。

金属イオンを中心として、その周囲に NH_3 、 H_2O や CN^- などの (ア) をもつ分子やイオンを受け入れて (イ) 結合した多原子イオンを錯イオンという。中心金属イオンに (イ) 結合する分子や陰イオンを (ウ) 、その数を (エ) という。錯イオンは、 Zn^{2+} や Cd^{2+} のような (オ) 元素の金属イオンでもつくられるが、(カ) 元素の金属イオンを中心とするものが多い。

錯イオンの立体構造は、中心金属イオンの (キ) によって決まる。すべての (ク) は、中心金属イオンの周りをできるだけ相互反発が少なくなるよう (ケ) 配置をとる。(ウ) が2つの銀錯イオンでは (コ) 形の構造をなしている。また、(ク) が4つの銅錯イオンでは (サ) 形の構造だが、同様の亜鉛錯イオンでは (シ) 形の構造をとり、6つの (ソ) を持つ錯イオンの多くは (ジ) 形の構造をとっている。

問1 文中の () 内に最も適切な語句を答えよ。

問2 下線部にあてはまるイオンを下よりすべて選び、その番号で答えよ。

① Hg^{2+} ② Fe^{2+} ③ Ca^{2+} ④ Al^{3+} ⑤ Ni^{2+} ⑥ Mg^{2+}

問3 以下に示したA～Dは、4種類のコバルトアンミン錯塩の組成式である。

A : $\text{CoCl}_3 \cdot 6 \text{NH}_3$ B : $\text{CoCl}_3 \cdot 5 \text{NH}_3$ C : $\text{CoCl}_3 \cdot 4 \text{NH}_3$ D : $\text{CoCl}_3 \cdot 3 \text{NH}_3$

これらA～Dのコバルトアンミン錯塩を1種含む各水溶液に硝酸銀の水溶液を加えて、A～Dの化合物1 molあたり何 mol の塩化銀の沈殿を生じるかを調べた。その結果、生じた塩化銀の沈殿は、Aは3 mol、Bは2 mol、Cは1 mol、Dは沈殿を生じなかった。A～Dの錯塩または錯分子の分子式を示せ。

問4 Cのコバルトアンミン錯塩の水溶液は、紫色と緑色の2種類の錯イオンを含む。この2種類の錯イオンの関係を何というか。

化 学 (その2)

5 以下の文章を読んで設問に答えよ。

筋肉疲労時には筋肉に1価カルボン酸である(ア)が蓄積する。(ア)の一つの炭素原子には水素、カルボキシ基、(イ)基、(ロ)基の4つの異なる原子団が結合しており、2種類の立体異性体が存在する。このように、4つの異なる原子団が結合している炭素を(ハ)という。(ア)の二つの立体異性体は、一つの面に対して対称な配置にある。このような立体異性体を(ニ)という。また(ア)の二つの立体異性体は平面偏光に対する性質の違いから(ヒ)ともいう。(ニ)が等量含まれる混合物を(ヘ)という。(ニ)をもつ化合物を合成すると一般に(ヘ)が得られる。

2価のカルボン酸のうち、最も分子量の小さいものは(フ)である。炭素4個の直鎖状2価カルボン酸である(ク)と(ケ)は、いずれも二重結合を一つもち、(ニ)という立体異性体の関係にある。(ク)を加熱すると脱水がおり無水物(コ)を生じる。2価の芳香族カルボン酸は、カルボキシ基の結合位置により異性体が(セ)種類存在する。このうち加熱により無水物(チ)を生じるものを(ソ)という。

問1 文中の()の中に最も適切な語句または数字を入れよ。

問2 (ク)、無水物(コ)、無水物(チ)の構造式を記せ。

問3 下線部に関連して、2001年にノーベル化学賞を受賞した野依良治博士の業績を25字以内で簡潔に記せ。

6 以下の文章を読んで設問に答えよ。

加水分解により脂肪酸とアルコールのみが得られる脂質を(ア)脂質といい、脂肪酸やアルコール以外の物質が得られる脂質を(イ)脂質という。(ロ)に3分子の脂肪酸がエステル結合したものを油脂といい、室温で液体の状態にある油脂を脂肪油という。脂肪油にニッケルを触媒として(ニ)を付加させると脂肪油は硬化する。(ヒ)に、2分子の脂肪酸と1分子の(イ)が結合した(イ)脂質を(ヘ)という。(イ)にさらにコリンが結合した(ヘ)を(ヘ)といい、細胞膜の主要な構成成分である。(ヘ)は(ク)部分と(ク)部分を両方持つため、(ニ)作用が強い。

問1 文中の()の中に最も適切な語句を入れよ。

問2 脂肪酸の示性式は C_mH_nCOOH で表される。(ア)飽和脂肪酸、(イ)一価不飽和脂肪酸、(ロ)二価不飽和脂肪酸のそれぞれの場合について、 n を m を用いて表せ。

問3 パルミチン酸、リノール酸、リノレン酸からなる油脂の分子量を求めよ。

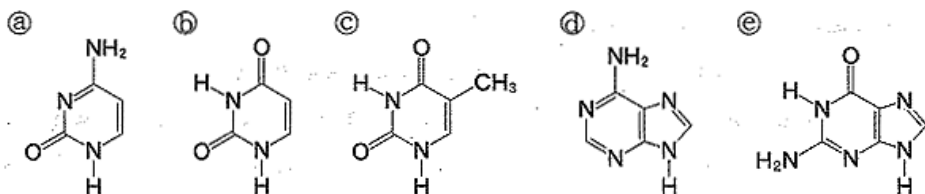
問4 パルミチン酸、リノール酸、リノレン酸からなる油脂500グラムに付加しうる(ニ)は最大何gか。

7 以下の文章を読んで設問に答えよ。

生物はグルコースの異化により生じるエネルギーを化学エネルギーの形で特別な分子に蓄える。このような分子を高エネルギー化合物といい、その代表は(7)と呼ばれる有機リン酸化合物である。(7)は(1)という塩基、(2)という単糖、(3)個のリン酸から構成される。(1)と(2)の結合したものを(4)という。(2)と隣接したリン酸との結合を(5)結合といい、エネルギーの蓄積に関与するリン酸無水物結合を(6)結合という。(7)は(2)個の(6)結合を有する。(7)は加水分解により(2)と無機リン酸に分解され、このとき31 kJ/molのエネルギーを生じる。このエネルギーは種々の生命現象に使われる。1分子のグルコースが嫌氣的呼吸により完全に異化されると(8)分子の(7)を生じ、好氣的呼吸により完全に異化されると(9)分子の(7)を生じる。

問1 文中の()の中に最も適切な語句または数字を入れよ。

問2 (1)の構造式を下記より選び、記号で答えよ。



問3 下線部の具体例を一つあげよ。