

学 力 検 査 問 題

理 科

平成 22 年 2 月 25 日

(理科 1 科目受験者)	(理科 2 科目受験者)
自 12 時 30 分	自 12 時 30 分
至 13 時 30 分	至 14 時 30 分

答案作成上の注意

- 1 この問題冊子には、物理、化学、生物、地学の各問題があります。総ページは 48 ページです。
- 2 解答用紙は、生物は 2 枚(表裏の計 4 ページ)です。
物理、化学、地学は、それぞれ 1 枚(表裏の 2 ページ)です。
- 3 化学には、選択問題があります。
化学の注意事項をよく読んで解答しなさい。
- 4 下書用紙は、各受験者に 1 枚あります。
- 5 受験番号は、解答用紙の所定の場所に、必ず記入しなさい。
- 6 解答は、解答用紙に記入しなさい。
出願の際に届け出た科目以外の科目について解答しても無効となります。
- 7 配付した解答用紙は、持ち出してはいけません。

理 科

物 理	3 ページ～ 12 ページ
化 学	13 ページ～ 24 ページ
生 物	25 ページ～ 40 ページ
地 学	41 ページ～ 48 ページ

9 ページ, 12 ページ, 24 ページ, 29 ページ, 40 ページは白紙です。

以 上

化 学 (4 問)

注 意 事 項

- 1 [Ⅰ], [Ⅱ], [Ⅲ]は必須問題である。問題[Ⅳ]は選択問題であり, [Ⅳ—a]または[Ⅳ—b]のいずれか一つを選択し解答せよ。解答用紙の選択問題記入欄に, 選択した問題の番号([Ⅳ—a]または[Ⅳ—b])を○で囲み示すこと。
- 2 計算に必要な場合には, 次の原子量を用いよ。
 $H = 1.00 \quad C = 12.0 \quad N = 14.0 \quad O = 16.0$
- 3 計算問題を解答する場合には有効数字に注意し, 必要ならば四捨五入すること。
- 4 字数制限のある設問については, 句読点を含めた字数で答えること。

〔Ⅰ〕 次の問 1 ～問 3 の答えを解答欄に記入せよ。

問 1 次の文章(1)～(5)は、周期表の 13 族～18 族のいずれかについて述べたものである。(1)～(5)に同じ族について記述した文章はないものとして、以下の(i)と(ii)の問いに答えよ。

- (1) この族の第 2 周期の元素 ア，第 3 周期の元素ともその単体は、常温常圧で固体であり、共有結合の結晶をつくる。
- (2) この族の第 2 周期の元素 イ，第 3，第 4 周期のいずれの元素の単体も、常温常圧で気体である。
- (3) この族の第 2 周期の元素 ウ の単体は、常温常圧で固体である。第 3 周期の元素の単体は、金属であり電気をよく通す。
- (4) この族の第 2 周期の元素 エ は単体として 2 原子分子を形成し、常温常圧で気体である。エ は電気陰性度が定義されている第 2 周期の元素のうち 3 番目に大きな電気陰性度の値をもつ。
- (5) この族の第 3 周期の元素 オ の酸化数は -1 から $+7$ までをとり得る。オ の単体を水に溶かすと一部が水と反応して、酸素原子を含まない酸(水素酸)と 酸素原子を含む酸(オキソ酸)が同時に生成する。
(a)

- (i) ア ～ オ にあてはまる元素記号をそれぞれ答えよ。
- (ii) 下線部(a)のオキソ酸の化学式と、その中の元素 オ の酸化数を記せ。

問 2 次の文章を読み、文章中の カ ～ ケ にあてはまる最も適切な語句を下の①～⑤から選んで番号で答えよ。ただし、同じ番号を複数回用いてもよい。

ハロゲンの同族元素において原子番号が増加したときの変化は以下の通りである。電気陰性度の値は カ。単体の酸化力は キ。また、1価の陰イオンのイオン半径は ク。ハロゲン化水素の水溶液の性質は ケ に変化する。

- ① 増大する ② 減少する ③ 変化しない
④ 弱 酸 ⑤ 強 酸

問 3 次の文を読み、以下の(i)～(iii)の問いに答えよ。

酸化還元反応により単体を生成する反応では、酸化される原子と還元される原子が同じ元素で、その元素の単体が生じる場合がある。^(b)

(i) 下の①、②の物質に含まれる硫黄原子の酸化数をそれぞれ記せ。

- ① 硫化水素
② 二酸化硫黄

(ii) 硫化水素と二酸化硫黄の反応は、下線部(b)に該当する。反応式を記せ。

(iii) 下の①～④による反応では単体が生成するが、下線部(b)に該当するものと該当しないものがある。生成する単体の化学式を答え、下線部(b)に該当する場合は「○」、該当しない場合は「×」の記号を記せ。さらに、それぞれの反応において、単体となる元素の原子が反応前の物質中でもつ酸化数を記せ。ただし、下線部(b)に該当する場合には、二つの酸化数を記せ。

- ① 二酸化マンガンに濃塩酸を加えて加熱する。二酸化マンガンは酸化マンガン (IV) ともいう
② 亜硝酸アンモニウムの水溶液を加熱する。
③ さらし粉に濃塩酸を加える。
④ 鉄に希塩酸を加える。

〔Ⅱ〕 次の文章を読み、問 1 ～問 7 の答えを解答欄に記入せよ。問 5 ～問 7 については有効数字 3 桁で解答せよ。

ただし、本問題では気体部分は理想気体であるとし、気体定数 R として以下の値を用いよ。

$$R = 0.0800 \times 10^5 \text{ L} \cdot \text{Pa} / (\text{mol} \cdot \text{K})$$

また、300 K での水の飽和蒸気圧は $0.0400 \times 10^5 \text{ Pa}$ であり、液体の水の密度は 1.00 g/cm^3 である。液体の水に対する CO_2 の溶解は考慮するが、 O_2 の溶解は無視できるものとする。

以下のような一連の実験を行った。

- (1) 真空にした容積 4.00 L の容器中に未知物質(分子量 100, 分子式: C_aH_b)を 1.00 g 封入し温度 500 K に加熱すると、未知物質はすべて気化し容器内の圧力は $0.100 \times 10^5 \text{ Pa}$ となった。
- (2) 容器の温度を 500 K のままに保ち、 O_2 0.200 mol を加えると容器内の圧力は $2.10 \times 10^5 \text{ Pa}$ となった。
- (3) 容器中で未知物質を完全燃焼させたところ、 500 K で容器内の圧力は $2.40 \times 10^5 \text{ Pa}$ となった。
- (4) 容器の温度を 300 K に冷却し、容器内に液体の水 1.00 kg を加えた。十分に時間が経った後、 300 K で容器内の圧力は $1.16 \times 10^5 \text{ Pa}$ であった。

問 1 C_aH_b の完全燃焼の化学反応式を書け。ただし、係数は a と b を用いて表せ。

問 2 実験(3)の燃焼による物質質量変化(燃焼後の物質質量の総和から燃焼前の物質質量の総和を引いたもの、 mol 単位)を、 b を用いて表せ。

問 3 実験(3)の燃焼による容器内の圧力変化(燃焼後の圧力から燃焼前の圧力を引いたもの、 Pa 単位)を、 b を用いて表せ。

問 4 a と b の値を整数として求めよ。

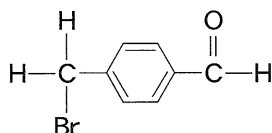
問 5 実験(3)の燃焼終了後、容器内にある O_2 の物質量を求めよ。

問 6 実験(4)終了時の CO_2 と O_2 の分圧の和を求めよ。

問 7 実験(4)終了時の CO_2 の分圧を求めよ。

〔Ⅲ〕 次の問 1 と問 2 の答えを解答欄に記入せよ。ただし、構造式は例にならって簡略化して記せ。

構造式の例：



問 1 次の文章を読み、以下の(i)と(ii)の問いに答えよ。

アルケンは ア 結合をもち、アルカンとは異なる反応性を示す。たとえば、エチレンは塩素と混合すると イ 反応が起こり、化合物 **A** を与える。一方、エタンは室温において塩素と混合しただけでは反応しにくいですが、エタン 1 mol と塩素 1 mol の混合気体に光を照射すると、ウ 反応が起こり、塩素原子を 1 つもつ化合物 **B** が生じる。

ベンゼン 1 mol と塩素 1 mol との反応も混合しただけでは進行しにくいですが、塩化鉄(Ⅲ)を触媒として加えると エ 反応がおこり、化合物 **C** が得られる。一方、光を照射しながら塩素とベンゼンとの反応を行うと、オ 反応が進行し、炭素原子と塩素原子の数が同じ化合物 **D** が生じる。スチレン 1 mol と塩素 1 mol との反応では、カ 反応が起こり、化合物 **E** が得られる。

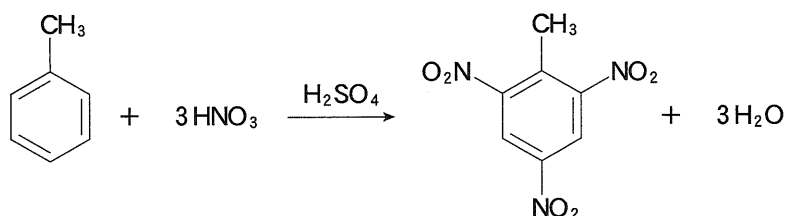
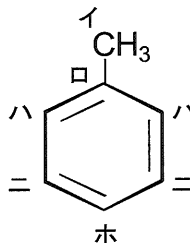
(i) 文章中の ア ～ カ にあてはまる最も適切な語句を以下の語群から選んで書け。ただし、同じ語句を複数回用いてもよい。

語群：縮合、脱離、付加、置換、酸化、還元、二重、三重、臭素化、
脱水、ケン化、加水分解

(ii) 有機化合物 **A** ～ **E** の構造式を記せ。

問 2 次の文章を読み、以下の(i)と(ii)の問いに答えよ。

トルエンには、右図に示すようにイ～ホで表わされる環境が異なる 5 種類の炭素原子が存在する。すなわち、メチル基の炭素原子イと、ベンゼン環の炭素でメチル基からの距離が異なる 4 種類の炭素原子ロ、ハ、ニ、ホがある。環境の違いは、その位置での化学反応の起きやすさに大きな影響を与える。たとえば、次式のようにトルエンに濃硝酸と濃硫酸の混酸を高温で作用させると、2,4,6-トリニトロトルエンが生成する。



ここでは、この反応を穏やかに行い、段階的にニトロ化を進行させた場合について考える。ただし、各反応において、文中に示されていない生成物は微量であり、無視できるものとする。

まず、92.0 g のトルエンをニトロ化すると、分子式 $C_7H_7NO_2$ で表わされる化合物 **F** と **G** の混合物が 137 g 得られた。**F** と **G** は構造異性体であり、**F** には 7 種類、**G** には 5 種類の環境の異なる炭素原子が存在する。また、**F** と **G** の物質量の比は 60 : 40 であった。次に、この **F** と **G** の混合物 137 g をニトロ化すると、化合物 **H** と **I** の混合物が 182 g 生成した。**H** と **I** は構造異性体であり、その分子式は $C_7H_6N_2O_4$ である。**H** には 5 種類、**I** には 7 種類の環境の異なる炭素原子が存在する。また、**H** と **I** の物質量の比は 20 : 80 であった。この **H** と **I** の混合物 182 g をさらにニトロ化すると、227 g の 2,4,6-トリニトロトルエンが生成した。

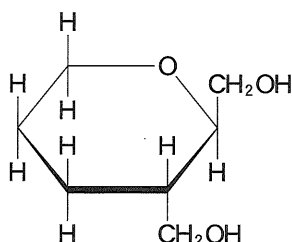
- (i) 化合物 **F**、**G**、**H**、**I** の構造式を記せ。
- (ii) **F** から生成した **H** の物質量と **F** から生成した **I** の物質量の比を最も簡単な整数比で記せ。

〔Ⅳ〕 選択問題

次の〔Ⅳ―a〕または〔Ⅳ―b〕のいずれか一つを選択し解答せよ。解答用紙の選択問題記入欄に、選択した問題の番号(〔Ⅳ―a〕または〔Ⅳ―b〕)を○で囲み示すこと。

〔Ⅳ―a〕 次の文章を読み、問 1～問 6 の答えを解答欄に記入せよ。ただし、構造式は例にならって簡略化して記せ。

構造式の例：



炭水化物は生体の構成物質あるいはエネルギー源として、広く生命活動に関わっている。代表的な高分子量の炭水化物には、ア と イ がある。植物中に貯蔵されている ア は、一般に、直鎖状の重合体である ウ と多数の枝分かれ構造をもつ エ との混合物である。ア は、酵素によって体内で加水分解され二糖類の化合物 **A** になり、ついで小腸でグルコースへと消化される。一方、ヒトは イ を消化できない。この相違は、ア と イ を構成するグルコースの構造に起因している。すなわち、ア では構造 **B** のグルコースが、イ では構造 **C** のグルコースが、それぞれ オ 結合とよばれるエーテル結合でつながっている。水溶液中のグルコースは、構造 **B**、構造 **C** と還元性を示す構造 **D** の混合物である。

構造 **B** の縮合重合体で動物の体内に貯蔵されている カ は、必要に応じて体内で加水分解されグルコースに変換される。グルコースは体内で酸化され、水と二酸化炭素になる。この酸化反応で生じるエネルギーの 40 % がアデノシン三リン酸 (ADP) からアデノシン三リン酸 (ATP) への合成に利用され、1 mol のグルコースの酸化反応で 38 mol の ATP が生成するとされている。逆に、1 mol の

ATPがADPに加水分解されるとき、30 kJのエネルギーが放出される。このように、ATPは体内でのエネルギーの貯蔵と放出に便利な物質である。

植物は、太陽光エネルギーを利用し、二酸化炭素と水からグルコースを生産している。
(a)

問 1 文章中の ア ～ カ にあてはまる最も適切な語句あるいは化合物名を記入せよ。

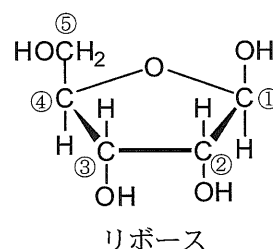
問 2 化合物Aの構造式と化合物名を記せ。

問 3 構造CとDの構造式を記せ。

問 4 スクロースは、グルコースとフルクトースが脱水縮合した二糖類である。
スクロースに含まれるグルコースの構造はB～Dのどれか、記号で答えよ。

問 5 ATPは、リボースに、三リン酸とアデニンがそれぞれ脱水縮合して結合した構造をしている。

(i) 三リン酸が結合する炭素、(ii) アデニンが結合する炭素をそれぞれリボースの構造に記した①～⑤の番号で答えよ。



問 6 下線部(a)のグルコース生成反応の熱化学方程式を書け。ただし、反応熱は文章中の数値を用いて計算し有効数字2桁で答えよ。また、計算の過程も記せ。

〔Ⅳ―b〕 次の文章を読み、問1～問4の答えを解答欄に記入せよ。

地殻から産出する鉱石は、金属を得るために用いられるほか、ガラスなどの製造にも利用される。

金属は、が存在するため、電気や熱をよく導き、光沢を示す。また、単体の金属は、他の金属などと混合、融解させることによって、もとの金属とは異なる性質を持つ合金とすることができる。たとえば、銅との合金を黄銅といい、五円硬貨などで利用されている。

イオン化傾向がい金属はさびやすい。これを防ぐために、金属の表面を別の金属の薄膜で覆ってめっきを行う場合がある。鋼板にをめっきしたものをトタンといい、トタンは傷がついてもさびにくい。

一方、ガラス(ソーダ石灰ガラス)は、ケイ砂、炭酸ナトリウム、石灰岩などを混合し高温で融解した後、冷却し凝固したものである。原料を混合する割合を変えると、生成するガラスの軟化点や耐水性などの性質が変化する。ソーダ石灰ガラスは、図1のような SiO_4 四面体がSi—O—Si結合で連結し、その立体構造中に Na^+ や Ca^{2+} が入りこんだ不規則な構造をしている。不規則な構造であっても、陽イオンと陰イオンの電荷は全体でつり合っていないといけない。

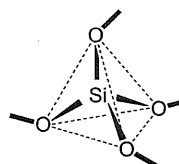


図1

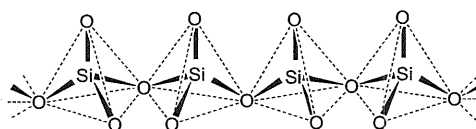


図2

陽イオンとして Na^+ のみを含むガラスにおける電荷のつり合いについて考える。たとえば、図2のように、 SiO_4 四面体が無限に一列に連結した鎖状の構造をとる場合、Si—O—Si結合の酸素原子は二つのケイ素原子に共有されている。したがって、図2の構造におけるケイ素原子1個あたりの酸素原子数は個である。ケイ素原子の酸化数は+4、酸素原子の酸化数は−2であるから、図2の組成はのようなイオン式で書くことができ、ケイ素原子1個あたり Na^+ は個必要になる。

次に、図3のように、 SiO_4 四面体の連結の数が増加し、幅が二列で長さが無

限に連結した構造を考える。この場合、ケイ素原子1個あたりの酸素原子数は整数にならず 個となり、図3の組成は のようなイオン式で書くことができ、ケイ素原子1個あたり Na^+ は 個必要になる。

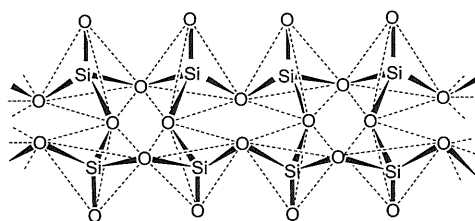


図3

このように、 SiO_4 四面体の構造を保ったまま、四面体同士をつなぐ $\text{Si}-\text{O}-\text{Si}$ 結合の数が増加すると、ケイ素原子1個あたりの Na^+ の数が する。すべての酸素が $\text{Si}-\text{O}-\text{Si}$ 結合をつくると、陽イオンを含まず二酸化ケイ素だけからできるガラスとなり、これを ガラスという。

問1 ~ にあてはまる最も適切な語句を記せ。同様に、 ~ には数字を、 と にはイオン式を記せ。

問2 下線部(a)の理由を45字以内で答えよ。

問3 二酸化ケイ素と炭酸ナトリウムとの反応により、次の①および②が生成する化学反応式をそれぞれ記せ。

① の組成をもつ陰イオンのナトリウム塩

② の組成をもつ陰イオンのナトリウム塩

問4 図2や図3の構造を保ったまま、ケイ素原子の一部をアルミニウム原子に置き換えられるとする。この置き換えによって、対応する構造の負電荷の大きさ(電荷の絶対値)はどうか。①増加する、②減少する、③変化しない、の中から選んで番号で答えよ。

このページは白紙です。