

学 力 検 査 問 題

理 科

(理科 1 科目受験者用)

平成 19 年 2 月 25 日

自 12 時 30 分

至 13 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 49 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 化学と生物には、選択問題があります。
化学と生物の注意事項を良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、下書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。
志願票提出のさい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 配付した解答用紙および下書用紙は、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～ 49 ページ

12 ページ, 24 ページ, 35 ページ, 40 ページは白紙です。

以 上

化 学 (4 問)

注 意 事 項

- 1 問題〔IV〕は選択問題である。〔IV-a〕あるいは〔IV-b〕のいずれか一つを選択し解答せよ。解答用紙の問題選択記入欄に、選択した番号を示すこと。
- 2 計算に必要な場合には、次の値を用いよ。
原子量：
 $H = 1.00 \quad C = 12.0 \quad N = 14.0 \quad O = 16.0 \quad P = 31.0$
気体定数： $R = 8.3 \times 10^3 \text{ Pa}\cdot\text{l}/(\text{K}\cdot\text{mol})$
- 3 計算問題の解答の場合には、有効数字に注意して必要ならば四捨五入すること。

〔 I 〕 次の文章を読み、問 1 ～問 6 の答えを解答欄に記入せよ。

天然に存在する硫黄の同位体には、主に ^{32}S 、 ^{33}S 、 ^{34}S が知られており、その存在比(原子数百分率)は ^{32}S 94.9 %、 ^{33}S 0.8 %、 ^{34}S 4.3 % である。

硫黄のコロイド溶液は、単体の硫黄を微細な粒子として水に分散させることによつて調製できる。この溶液に直流電圧をかけると、硫黄のコロイド粒子は陽極のほうに移動する。また、このコロイド溶液に、レーザー光などの強い光を当てると、光が散乱されて光路が明るく光る。

分子内に硫黄原子を含む多くの化合物が知られており、それらは様々な反応を示す。例えば、等しい物質量の鉄粉と単体の硫黄の粉を混ぜ、加熱すると黒色の固体が生成し、この固体に希塩酸を加えると、分子内に硫黄原子を含む気体 A が生成する。また、単体の硫黄の粉を空気中で燃やすと気体 B が生成する。この気体 B から工業的製法により硫酸が得られる。硫酸のように、分子内に酸素原子を含む酸を、一般にオキソ酸という。

問 1 下線部(a)の存在比の硫黄を含んでいる天然の硫酸ナトリウムの水溶液 100 ml に、 ^{32}S 60 %、 ^{34}S 40 % の存在比の硫黄を含んでいる硫酸ナトリウムを 0.015 mol 加え、よくかきまぜた。次に、一部の硫酸イオンを取り出し、 ^{32}S と ^{34}S の存在比を測定したところ、9.0 : 1.0 であった。この結果より、最初の水溶液中の硫酸ナトリウムのモル濃度 [mol/l] を有効数字 2 桁で求めよ。

問 2 コロイドについて、以下の(i)、(ii)の間に答えよ。

(i) 下線部(b)の硫黄のコロイド溶液に、次の①～⑥の物質を加える場合、最も少ない物質質量で硫黄のコロイド粒子を凝析できる物質を一つ選び、番号で答えよ。

- ① 塩化ナトリウム ② 硝酸カリウム ③ ショ糖
④ 尿 素 ⑤ 硫酸バリウム ⑥ 硫酸マグネシウム

(ii) 下線部(c)の現象を何というか。

問 3 気体 A について、以下の(i), (ii)の間に答えよ。

(i) 下線部(d)の化学反応式を記せ。

(ii) 二つのビーカー⑦, ⑧を用意し、ある体積の水をビーカー⑦に、それと同じ体積の硫酸銅(Ⅱ)水溶液をビーカー⑧に入れる。それぞれの溶液に、同じ量の気体 A を十分に長い間吹き込むと、二つの溶液の pH はどうなるか。下の①~③から最も適切なものを一つ選んで番号で答えよ。また、その理由を 30 字以内で答えよ。

① ⑦の溶液の pH < ⑧の溶液の pH

② ⑦の溶液の pH = ⑧の溶液の pH

③ ⑦の溶液の pH > ⑧の溶液の pH

問 4 気体 B は、金属の銀に濃硫酸を加えて加熱しても生成する。この気体 B の名称を記せ。

問 5 以下の(i), (ii)の反応によって生成する気体の名称を記せ。また、その反応には、①~④に示した硫酸のどのような性質が利用されているか、最も当てはまるものを一つ選んで番号で答えよ。

(i) 塩化ナトリウム水溶液に濃硫酸を加え、おだやかに加熱すると、刺激臭をもつ気体が生成する。

(ii) エタノールに濃硫酸を加えて加熱すると、分子内に炭素原子を含む物質が生成する。この物質は、0℃で気体である。

① 不揮発性の強酸

② 密度の大きい液体

③ 脱水作用

④ 酸化作用

問 6 塩素分子を水に溶かすと、下線部(e)のようなオキシ酸が生成する。このときの化学反応式を記せ。また、生成したオキシ酸の名称と、その分子中の塩素の酸化数を記せ。

〔Ⅱ〕 次の文章(1)と(2)を読み、問1～問5の答えを解答欄に記入せよ。

- (1) 水素分子 H_2 とヨウ素分子 I_2 が反応するとヨウ化水素 HI が生成する。これは発熱反応である。この生成反応の速度 v [$\text{mol}/(\text{l}\cdot\text{s})$] は、

$$v = k[\text{H}_2][\text{I}_2] \quad (k \text{ は比例定数}) \quad \text{①}$$

と表すことができる。十分に時間が経つと、水素分子、ヨウ素分子およびヨウ化水素の間で平衡状態に達する。ここで、一定温度、一定圧力における平衡 $\text{H}_2 + \text{I}_2 \rightleftharpoons 2\text{HI}$ の平衡定数を $K = \frac{[\text{HI}]^2}{[\text{H}_2][\text{I}_2]}$ とする。

ここで、 $[\text{H}_2]$ 、 $[\text{I}_2]$ および $[\text{HI}]$ はそれぞれの物質のモル濃度 [mol/l] を表す。また、これらの分子はすべて気体である。

問1 式①における k の単位を記せ。

問2 体積 10.0 l の密閉容器に水素分子とヨウ素分子を 1.00 mol ずつ入れ、温度と圧力を一定に保って、反応させた。

(i) 次の(A)、(B)のとき、式①の速度 v を、 k を用いて表せ。

(A) 反応開始直後 (B) ヨウ化水素が 0.200 mol 生成したとき

(ii) $K = 36.0$ であるとき、反応が平衡に達した後のヨウ化水素および水素分子のモル濃度 [mol/l] を、それぞれ有効数字2桁で求めよ。

問3 平衡状態に達した後、次の(C)、(D)の条件変化を与えると、それぞれ平衡はどちらに移動するか。下の(あ)～(う)から選び、記号で答えよ。

(C) 圧力一定で温度を上げる。 (D) 温度一定で圧力を下げる。

(あ) ヨウ化水素が生成する方に移動する。

(い) ヨウ化水素が分解する方に移動する。

(う) 平衡は移動しない。

- (2) 下の表は様々な温度における水の蒸気圧を示している。蒸気圧が温度とともに変化するの、温度が上がると液体中の分子の が激しくなり、蒸発する分子の割合が増すためである。また、気体になるときは という熱を吸収する。

真空にした体積 0.83 l の密閉容器内に水 0.18 g を注入し、温度を 30 °C に保つと、水と水蒸気との平衡状態に達した。この平衡状態を一般に という。この密閉容器内の温度を徐々に 100 °C まで上げたところ、容器内の ^(a) 圧力が次第に高くなった。

水の蒸気圧

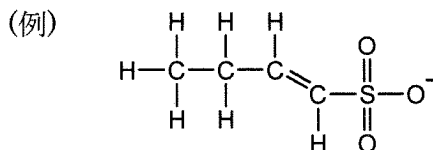
温度 [°C]	蒸気圧 [kPa]
50	12
60	20
70	31
80	47
90	70

問 4 文章中の ~ に当てはまる最も適切な語句を記入せよ。

問 5 下線部(a)の実験について、以下の問に答えよ。ただし、容器の熱膨張による体積変化は無視できるものとし、水蒸気は理想気体とみなす。

- (i) 50 °C および 100 °C における容器内の圧力 [kPa] を、それぞれ有効数字 2 桁で答えよ。
- (ii) 温度 50~100 °C での容器内の圧力変化を、解答用紙のグラフに実線で図示せよ。なお、グラフ作成に用いたすべての点を黒丸で明示せよ。
- (iii) 容器内の水は何 °C 以上ですべて気体になるか。その温度 [°C] を(ii)のグラフから読み取り、整数で答えよ。

〔Ⅲ〕 次の文章(1)と(2)を読み、問1～問5の答えを解答欄に記入せよ。ただし、構造式は、例にならって結合や電荷を省略せずにすべて記せ。



- (1) 化合物 **A**、**B** および **C** は分子式 C_3H_n (n は自然数) で表され、いずれも水にほとんど溶けない鎖式化合物である。化合物 **A** と **B** は、どちらもニッケル触媒の存在下で水素分子と反応するが、1 mol の **A** が反応する水素分子の量は、1 mol の **B** が反応する水素分子の量の2倍であった。**C** は同じ条件で水素分子と反応しなかった。化合物 **A** の水素原子一つをメチル基で置換した場合には、二種類の異性体がある。
- (2) 化合物 **D** と **E** は分子式 $\text{C}_3\text{H}_8\text{O}$ で表され、化合物 **D** は金属ナトリウムと反応し水素分子を発生したが、化合物 **E** は反応しなかった。化合物 **D** を二クロム酸カリウムの硫酸酸性水溶液と反応させると化合物 **F** が得られ、さらに酸化すると化合物 **G** が生成した。化合物 **G** は水によく溶け、その水溶液は弱酸性を示した。化合物 **G** 中のある水素原子一つをアミノ基で置換すると、不斉炭素を有した化合物 **H** となる。

問 1 化合物 **A**、**C** および **F** の構造式を記せ。

問 2 化合物 **B** 中の水素原子一つをメチル基で置換した場合、立体異性体(光学異性体と幾何異性体)と構造異性体をあわせていくつの異性体が存在するか。またそのうち光学異性体は何組あるか。それらの数を記せ。

問 3 化合物 **D** と **E** のうち沸点が高いのはどちらか。その化合物名を記し、また、その理由を20字以内で答えよ。

問 4 化合物 G の 0.10 mol/l 水溶液中の水素イオン濃度 $[\text{H}^+]$ は 0.0011 mol/l である。この水溶液 100 ml を常温において 1.0 mol/l の水酸化ナトリウム水溶液で中和滴定した。

- (i) 滴定前における、この水溶液中の化合物 G の電離度を有効数字 2 桁で求めよ。
- (ii) 水酸化ナトリウム水溶液を 5.0 ml 加えたときの水素イオン濃度 $[\text{H}^+]$ を有効数字 2 桁で求めよ。
- (iii) 滴定による水酸化物イオン濃度 $[\text{OH}^-]$ の変化を、滴定開始点から水酸化ナトリウム水溶液を 20 ml 加えたときまでの範囲で、解答用紙のグラフに実線で図示せよ。ただし、縦軸には適切な数値を記入すること。

問 5 化合物 H の強酸性水溶液中 ($\text{pH} = 1$) での構造式を記せ。不斉炭素原子の右上に * の記号をつけて示すこと。

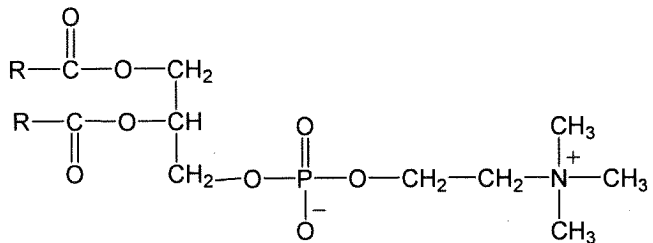
〔IV〕 選択問題：

次の〔IV-a〕あるいは〔IV-b〕のいずれか一つを選択し解答せよ。解答用紙の問題選択記入欄に、選択した番号を示せ。

〔IV-a〕 次の文章を読み、問1～問4の答えを解答欄に記入せよ。

脂質は水に溶けにくく有機溶媒に溶けやすい生物学的に重要な有機分子である。脂質は細胞の中でエネルギーの貯蔵物質であるとともに、細胞膜などの生体膜の構成成分でもある。生体膜を構成する主な分子であるリン脂質は ア の部分と イ の部分とからできており、生体膜ではリン脂質は ア の部分どうしが向かい合った二重層構造をしている。生体膜はリン脂質以外にコレステロールなどその他の脂質やタンパク質などから構成されており、酸素分子^(a)を用いた酸化反応など重要な生体反応の場でもある。

レシチンと呼ばれるリン脂質は右図に示すような構造をしている。ここでRは炭化水素鎖を表している。いま、Rの長さや形がそろった、あるレシチンについて考える



レシチン

ことにする。このレシチンをリパーゼにより40℃で加水分解した。この反応溶液を酸性にした後、エーテルで抽出すると化合物Aが得られた。この化合物Aは、植物中に存在する油脂をリパーゼで完全に加水分解して得られる化合物の一つと一致した。化合物Aの分子量を測定すると282であった。

問1 文章中の ア および イ に最も適する語句を以下の①～⑦から選び、番号で答えよ。

- ① 酸性 ② 親水性 ③ 陽性 ④ 陰性
 ⑤ 放射性 ⑥ アルカリ性 ⑦ 疎水性

問 2 下線部(a)は、生体膜に酸素分子が溶け込みやすいことを示している。この理由を「極性」という言葉を用いて 40 字以内で説明せよ。

問 3 化合物 A の分子式を記せ。

問 4 リパーゼに関する以下の文章を読み、 ～ に適切な語句を記入せよ。

リパーゼは、加水分解機能をもったタンパク質であり、約 300 個の がアミド結合してできている。このアミド結合を特に 結合という。一般にタンパク質は、らせん構造である 構造や波板状の構造である β -シート構造を部分的にとっているものが多い。これらの構造は種々の環境因子の影響を受けやすいので、タンパク質水溶液を加熱したり、酸を加えたりすると、タンパク質の立体構造が変化し、もとの構造に戻らなくなることがある。これをタンパク質の という。

〔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。

プラスチック、ゴム、繊維などの原料である合成高分子は、分子量により特性が大きく異なる。ここでは、両末端に官能基をもつアジピン酸とヘキサメチレンジアミンから縮合重合で合成される6,6-ナイロンを例に、分子量を制御する方法を考えよう。

重合開始前のアジピン酸分子の数を n_A 個、ヘキサメチレンジアミン分子の数を n_B 個とし、 $n_A \geq n_B$ のときを考える。この場合、反応度 p は、

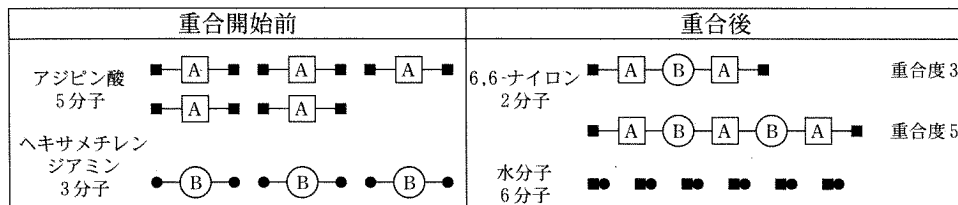
$$p = \frac{\text{重合(アミド結合)に使われたアミノ基の数}}{\text{重合開始前の全アミノ基の数}} \quad \text{①}$$

で定義される。縮合重合では、数平均重合度 \overline{DP} は、

$$\overline{DP} = \frac{\text{重合開始前の反応し得る官能基の総数}}{\text{重合後に残る反応し得る官能基の総数}} = \frac{2n_A + 2n_B}{\boxed{\text{あ}} + \boxed{\text{い}}} \quad \text{②}$$

で表される。このことから重合開始前のアジピン酸とヘキサメチレンジアミンの数の割合および反応度 p を調整することにより、6,6-ナイロンの分子量を制御できることがわかる。

下図を例に具体的に調べてみよう。5分子のアジピン酸と、3分子のヘキサメチレンジアミンを縮合重合させ、重合度が3と5の6,6-ナイロン分子が合成されたとする。この場合、重合開始前のカルボキシル基の数は $\boxed{\text{ア}}$ 、アミノ基の数は $\boxed{\text{イ}}$ であり、重合後に残った反応し得る官能基はカルボキシル基のみで、反応度 p は $\boxed{\text{ウ}}$ となる。したがって、数平均重合度 \overline{DP} は $\boxed{\text{エ}}$ となる。



問 1 合成高分子について、次の記述のうち、正しいものに○、正しくないものに×を記入せよ。

- (1) ポリエチレン、ポリエチレンテレフタレート、アクリル樹脂はいずれも加熱により軟化し、冷却すると固まる。
- (2) ポリビニルアルコールは、ビニルアルコールの付加重合で合成される。
- (3) 天然ゴムは、イソプレン単位ごとにトランス形の二重結合があり、ゴム弾性を示す。

問 2 文章中の , に当てはまる整数を、 , に当てはまる有効数字 2 桁の数値を、それぞれ記入せよ。

問 3 式②について、次の(i)と(ii)の間に答えよ。

- (i) 重合で生成したアミド結合の数を、 n_B と p で表せ。
- (ii) には、重合後に残るカルボキシル基の数、 には、重合後に残るアミノ基の数が入る。それぞれに適切な数式を、 n_A 、 n_B および p を用いて表せ。

問 4 反応度 $p = 0.990$ で 116.0 kg のヘキサメチレンジアミンを反応させ、数平均重合度 $\overline{DP} = 100$ の 6,6-ナイロンを合成する。重合開始前のアジピン酸の質量[kg]を、有効数字 2 桁で求めよ。ただし、アジピン酸の分子量は 146.0、ヘキサメチレンジアミンの分子量は 116.0 であるとする。

このページは白紙である。