

平成 26 年度

理 科 問 題

(物理・化学・生物・地学)

注 意 事 項

- 1 問題冊子は、監督者が「解答始め」の指示をするまで開かないこと。
- 2 問題冊子は、「空白」1 ページ、「物理」6 ページ、「化学」13 ページ、「空白」1 ページ、「生物」8 ページ、「地学」11 ページ、合計40 ページである。解答用紙は、「物理」3 枚、「化学」3 枚、「生物」4 枚、「地学」3 枚である。脱落のあった場合には申し出ること。
- 3 解答用紙の各ページ所定欄に、それぞれ氏名、受験学部、受験番号（最後のページは、左右2か所）を忘れずに記入すること。
- 4 解答は、すべて解答用紙の所定欄に記入すること。
- 5 解答以外のことを書いたときは、該当箇所の解答を無効とすることがある。
- 6 理学部の受験者は、次により解答すること。
 - (1) 数学科・生物学科・地球学科・理科選択を志望する者は、「物理」・「化学」・「生物」・「地学」のうち2科目を選択解答すること。
 - (2) 物理学科を志望する者（第3志望までを含む）は、「物理」と、その他に「化学」・「生物」・「地学」のうちから1科目を選択し、計2科目を解答すること。
 - (3) 化学科を志望する者（第3志望までを含む）は、「化学」と、その他に「物理」・「生物」・「地学」のうちから1科目を選択し、計2科目を解答すること。
- 7 工学部の受験者は、「物理」・「化学」の計2科目を解答すること。
- 8 医学部の受験者は、「物理」・「化学」・「生物」のうちから2科目を選択解答すること。
- 9 生活科学部食品栄養科学科の受験者は、「化学」を解答すること。
- 10 机上に各自の「受験票」と「大学入試センター試験受験票」を出しておくこと。
- 11 問題冊子および選択しない科目の解答用紙は持ち帰ること。

化 学

第 1 問 (33 点)

次の問 1 と問 2 に答えよ。

問 1 次の文章を読み、(1)～(4)の問いに答えよ。

ダイヤモンドと黒鉛は炭素の である。ダイヤモンドの結晶は、1 個の炭素原子を中心に 個の炭素原子が正四面体の頂点方向に次々と した巨大な分子で、きわめて硬い。黒鉛では、1 個の炭素原子が 個の炭素原子と している。それにより、正六角形が平面的につながった構造をつくり、それらが何層にも積み重なっている。層と層の間には、弱い が働いており、黒鉛は、はがれやすく柔らかい。また、黒鉛の炭素原子の のうち 1 個は、平面内を動くことができるので、黒鉛は電気をよく通す。

炭素の酸化物である一酸化炭素と二酸化炭素は、常温、常圧で、無色無臭の気体である。一酸化炭素は、赤熱した炭素と二酸化炭素から得られる。一酸化炭素には還元作用があり、① 一酸化炭素を酸化鉄(Ⅲ)と高温で反応させると、単体の鉄が得られる。 ② 二酸化炭素は、二酸化ケイ素と炭酸ナトリウムの混合物を加熱すると生じる。 二酸化炭素は水に少し溶ける。その溶液は を示す。水酸化カルシウム水溶液(石灰水)に二酸化炭素を通じると、白色沈殿が生じる。③ この白色沈殿を含む水溶液に二酸化炭素をさらに通じると、沈殿が溶ける。その溶液を熱すると、再び白色沈殿が生じる。

(1) ～ に当てはまる最も適当なものを、次の(a)～(m)の中から選び、記号で答えよ。

- (a) イオン結合 (b) 共有結合 (c) 同族体 (d) 配位結合
(e) 電子親和力 (f) ファンデルワールス力 (g) 同素体 (h) 価電子
(i) 金属結合 (j) 水素結合 (k) 塩基性 (l) 中性 (m) 酸性

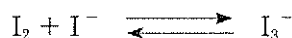
- (2) と に当てはまる整数を記せ.
- (3) 下線部①と②の反応をそれぞれ化学反応式で記せ.
- (4) 下線部③の可逆反応を反応式で記せ.

問2 二種類の溶媒に対するヨウ素の溶解性についての次の文章を読み、(1)～(5)の問いに答えよ。

ヨウ素をテトラクロロメタン（四塩化炭素）、水とともに容器へ入れ、よくかき混ぜると、ヨウ素は全て溶解した。その後、静置すると、溶液は二層に分かれた。このとき、ヨウ素はテトラクロロメタン層と水層のいずれにも I_2 として溶解している。ただし、テトラクロロメタン層と水層は混ざり合わないものとする。テトラクロロメタン層に溶解しているヨウ素 I_2 の濃度と、水層に溶解しているヨウ素 I_2 の濃度の比を次のように K_D で表す。 K_D は 25°C で 89.9 である。

$$K_D = \frac{[I_2]_{\text{テトラクロロメタン層}}}{[I_2]_{\text{水層}}}$$

この二層に分かれた溶液にヨウ化カリウムを加えて、よくかき混ぜた後、静置した。このとき、水層においてヨウ素 I_2 はヨウ化物イオンと反応し、次のように三ヨウ化物イオン I_3^- との平衡となる。



その平衡定数 K は次のように表され、 25°C で 710 L/mol である。

$$K = \frac{[I_3^-]}{[I_2]_{\text{水層}} [I^-]}$$

三ヨウ化物イオン I_3^- は、電荷を持つので水層にのみ存在する。このとき、ヨウ素はテトラクロロメタン層には I_2 として、水層には I_2 および I_3^- として溶解している。テトラクロロメタン層に溶解しているヨウ素 (I_2) の濃度と、水層に溶解しているヨウ素 (I_2 と I_3^-) の濃度の比を、次のように D で表す。

$$D = \frac{[I_2]_{\text{テトラクロロメタン層}}}{[I_2]_{\text{水層}} + [I_3^-]}$$

さらにヨウ化カリウムを加えると、テトラクロロメタン層に溶解しているヨウ素 (I_2) の濃度は ア し、水層に溶解しているヨウ素 (I_2 と I_3^-) の濃度は イ する。

- (1) ヨウ化カリウム水溶液に塩素水を加えると褐色の溶液になった。このときの酸化還元反応を化学反応式で記せ。また、酸化されて生じた化合物を確認する最も適当な溶液を(a)～(d)の中から選び、記号で答えよ。
- (a) フェーリング液 (b) フェノールフタレイン水溶液
(c) 炭酸水素ナトリウム水溶液 (d) デンプン水溶液
- (2) ヨウ化カリウム水溶液に硝酸銀 AgNO_3 の水溶液を加えると、黄色の沈殿 **A** が得られた。**A** の溶解度積は、ある温度で $1.0 \times 10^{-16} \text{ (mol/L)}^2$ であった。同じ温度における、**A** の飽和水溶液の濃度を求めよ。
- (3) ヨウ化カリウム水溶液に 0.10 mol のヨウ素 I_2 を加え、 1.0 L の水溶液とした。十分静置した後、この水溶液中に含まれる三ヨウ化物イオン I_3^- の濃度は 25°C で、 0.090 mol/L であった。このときのヨウ素 I_2 の濃度とヨウ化物イオン I^- の濃度をそれぞれ求めよ。計算式も記せ。
- (4) D を K_D 、 K および $[\text{I}^-]$ を用いて表せ。また、

ア

 と

イ

 に当てはまる最も適当な語句を記せ。
- (5) ヨウ化カリウム水溶液 1.0 L と 0.20 mol のヨウ素 I_2 を含むテトラクロロメタン溶液 1.0 L を混合し、よくかき混ぜてから十分静置した。テトラクロロメタン層に含まれるヨウ素 I_2 の濃度は 25°C で 0.10 mol/L であった。このときの D の値と水層に含まれるヨウ化物イオン I^- の濃度をそれぞれ求めよ。計算式も記せ。

化 学

第 2 問 (33 点)

次の問 1 と問 2 に答えよ。

問 1 次の文章を読み、(1)～(4)の問いに答えよ。ただし、温度は 25 °C で、電離定数および水のイオン積はすべて 25 °C での値である。必要であれば次の値を用いよ。
 $\sqrt{1.8} = 1.34$, $\log_{10} 1.34 = 0.127$, $\log_{10} 1.8 = 0.255$

水に溶けたアンモニアの電離平衡は、次式のように表される。



この電離定数 K_b は次式のように表され、その値は $1.8 \times 10^{-5} \text{ mol/L}$ である。

$$K_b = \frac{[\text{NH}_4^+][\text{OH}^-]}{[\text{NH}_3]}$$

0.10 mol/L のアンモニア水溶液 10 mL に 0.10 mol/L の塩酸を加えたときの pH 変化を、下の図に示す。中和点付近では、pH が急激に変化するため、この pH 変化の範囲に変色域をもつ指示薬を用いると、中和点を知ることができる。

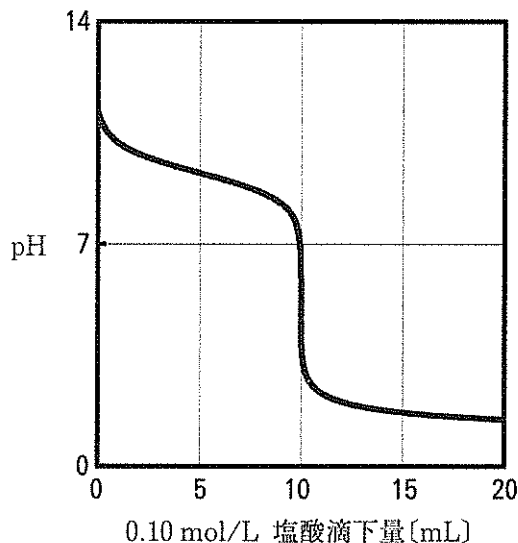


図 中和滴定曲線

(1) 0.10 mol/L のアンモニア水溶液の電離度と pH を有効数字 2 桁で求めよ。水のイオン積は、 $1.0 \times 10^{-14}(\text{mol/L})^2$ である。ただし、電離度は 1 に比べて十分に小さいものとする。

(2) 左ページの図で塩酸滴下量が 5.0 mL に達したとき、 NH_3 と NH_4^+ の濃度は等しくなっている。このとき、溶液の pH はいくらか、有効数字 2 桁で答えよ。

(3) 次の文章を読み、(i) と (ii) の問いに答えよ。

2 つの指示薬 HX と HY は、水溶液中でそれぞれ次のように電離している。



HX と HY の電離定数はそれぞれ $1.0 \times 10^{-10} \text{ mol/L}$ および $1.0 \times 10^{-5} \text{ mol/L}$ である。指示薬 HX は、HX と X^- の色が異なり、HX と X^- の濃度の比 $[\text{HX}]/[\text{X}^-]$ が 10 付近で色の変化を確認できる。 $[\text{HX}]/[\text{X}^-] = 10$ のとき、pH は である。また、指示薬 HY も HY と Y^- の色が異なり、HY と Y^- の濃度の比 $[\text{HY}]/[\text{Y}^-]$ が 10 付近で色の変化を確認できる。 $[\text{HY}]/[\text{Y}^-] = 10$ のとき、pH は である。

(i) と に当てはまる整数を答えよ。

(ii) 左ページの図の中和点を知るために用いる指示薬についての記述として最も適切なものを (a) ~ (d) の中から 1 つ選び、記号で答えよ。

- (a) 指示薬 HX を用いることができる。
- (b) 指示薬 HY を用いることができる。
- (c) どちらも指示薬として用いることができる。
- (d) どちらも指示薬として用いることができない。

(4) 次の (a) ~ (e) の中から正しいものをすべて選び、記号で答えよ。

- (a) 酸とは、水素イオンを与える物質である。
- (b) 弱酸を強塩基で中和して得られる溶液は塩基性になる。
- (c) 水の電離は吸熱反応であるため、温度を下げると水のイオン積は大きくなる。
- (d) pH が 10 から 8 へ変化すると、水素イオンの濃度は 2 倍になる。
- (e) 酸の強さは酸の価数によってのみ決まる。

問2 次の(1)～(2)の問いに答えよ。

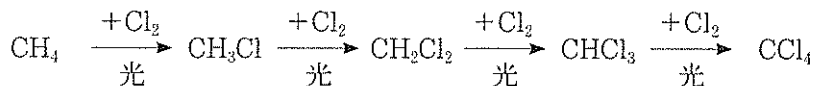
(1) 次の(i)～(iii)の問いに答えよ。

(i) 次の文章を読み、ア～エにあてはまる最も適当な語句を記せ。

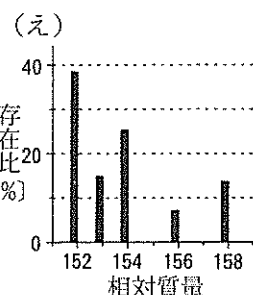
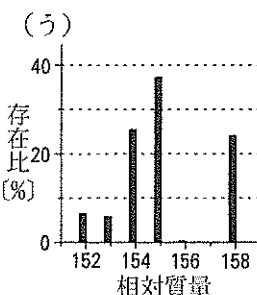
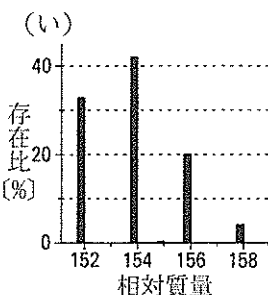
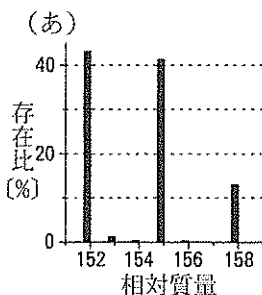
原子はアと電子から構成されている。アはイとウから成り立っている。イの数が同じでウの数が異なる原子を互いにエという。地球上に存在する塩素のエには ^{35}Cl と ^{37}Cl の2つがある。

(ii) ^{12}C の質量を12としたときの ^{35}Cl と ^{37}Cl の相対質量はそれぞれ34.97および36.97であり、塩素分子には相対質量の異なる $^{35}\text{Cl}_2$ 、 $^{35}\text{Cl}^{37}\text{Cl}$ 、 $^{37}\text{Cl}_2$ が存在する。地球上におけるそれぞれの割合は57.44%、36.70%、5.86%である。地球上にある ^{35}Cl の存在比は何%か、有効数字3桁で答えよ。計算式も記せ。ただし、分子の相対質量はその分子を構成する各原子の相対質量の和で表されるものとする。

(iii) メタンと塩素の混合気体に光を当てると、次のようにメタンの水素原子は次々と塩素原子に置きかわり、最終的には、テトラクロロメタン（四塩化炭素）になる。



塩素分子と同様に、テトラクロロメタンには相対質量の異なるものが複数存在する。相対質量と存在比〔%〕の関係を示すグラフとして最も適当なものを、下の(あ)～(え)の中から1つ選び、記号で答えよ。ただし、 ^{12}C の質量を12としたときの ^{13}C の相対質量は13.00であり、 ^{12}C と ^{13}C の存在比はそれぞれ98.9%および1.1%である。



(2) 次の文章を読み、(i)と(ii)の問いに答えよ。

鉄5.641 gを酸素で酸化して酸化鉄(Ⅲ) 8.065 gを得た。酸素の原子量を16.00とし、鉄は全て酸化鉄(Ⅲ)に変化したものとする。

(i) この反応に使われた酸素の体積は、標準状態(0℃, 1.01×10^5 Pa)の体積に換算すると何Lになるか、有効数字2桁で答えよ。ただし、酸素は理想気体であるとする。

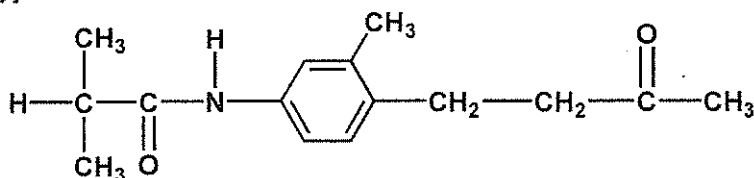
(ii) 鉄の原子量はいくらか、有効数字3桁で答えよ。計算式も記せ。

化 学

第 3 問 (34 点)

次の問 1 と問 2 に答えよ。ただし、化合物の構造式は次の例にならって記せ。

例

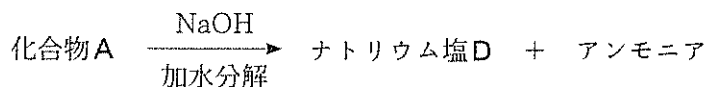


問 1 次の文章を読み、(1)～(2)の問いに答えよ。

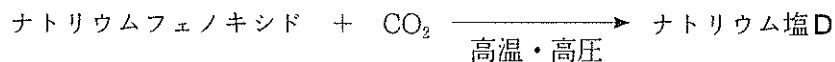
化合物 A, B, C は、いずれも $C_7H_7NO_2$ の分子式をもつ芳香族化合物であり、ベンゼンの水素原子 2 個が原子団 (基) によって置換されている。化合物 A～C についてわかっていることは、次のとおりである。

【化合物 A】

- 化合物 A に、水酸化ナトリウム水溶液を作用させたところ、ナトリウム塩 D とアンモニアが得られた。



- ナトリウムフェノキシドに、二酸化炭素を高温・高圧下で反応させたところ、ナトリウム塩 D が得られた。



【化合物 B】

- 化合物 B に、二クロム酸カリウム ($K_2Cr_2O_7$) あるいは過マンガン酸カリウム ($KMnO_4$) を作用させたところ、原子団の 1 つが酸化された化合物 X が得られた。X に、金属スズと塩酸を反応させたところ、化合物 C の位置異性体である化合物 Y が得られた。



2. 化合物 B のベンゼン環に結合した水素原子の 1 つを，臭素原子に置きかえた化合物には，2 つの位置異性体が存在しうる。

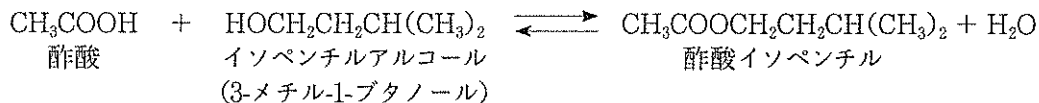
【化合物 C】

1. 化合物 C に，希塩酸と亜硝酸ナトリウムを反応させると，化合物 E が得られた。E にジメチルアニリンを反応させたところ，化合物 F (メチルレッド) が得られた。F が得られる反応は置換反応であり，ジメチルアニリンの○で示した水素が置換された。



2. 化合物 C の原子団の 1 つを，カルボキシ基 (カルボキシル基) に置換した化合物を加熱すると，分子内で脱水反応がおこり，化合物 Z が得られた。
- (1) 化合物 A ~ F の構造式を記せ。
- (2) 化合物 Z の水素原子の 2 つを臭素原子に置換した化合物には，位置異性体がいくつ存在するか，整数で答えよ。

問2 次のエステル化の実験に関する文章を読み、(1)～(7)の問いに答えよ。



【実験】

1. フラスコに酢酸 6.0 g (5.7 mL, 0.10 mol) とイソペンチルアルコール (3-メチル-1-ブタノール) 6.2 g (7.6 mL, 0.070 mol) を量りとった。
2. この混合物に濃硫酸 2.2 g (1.6 mL, 0.023 mol) をゆっくりと加えたところ、濃硫酸がフラスコの底にたまった。そこで、フラスコを軽く振り混ぜて均一な溶液にした。
3. フラスコに沸騰石を入れ、図1に示す装置を組み立て、おだやかに加熱した。

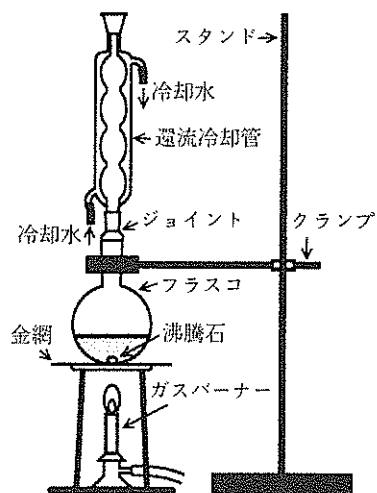


図1

4. 室温まで冷却したのち、分液漏斗に反応溶液を移し、水 15 mL を加えた。
5. コックの開閉をこまめに行いながら、分液漏斗をよく振り混ぜた。空気孔をあけて分液漏斗を静置すると、二層に分離した。水層をビーカーに取り分けた。
6. 分液漏斗に残った有機層に水 15 mL を加え、もう一度、5 と同じ操作を繰り返した。

7. 分液漏斗の有機層に飽和炭酸水素ナトリウム水溶液 10 mL を加えたところ、気体が発生した。コックの開閉をこまめに行い、分液漏斗内に発生した気体を逃がしながら分液漏斗を振り混ぜた。空気孔をあけて、分液漏斗を静置すると二層に分離した。水層を別のビーカーに取り分け、アルカリ性であることを確認したのち、有機層を三角フラスコに移した。
8. 有機層を入れた三角フラスコに無水硫酸ナトリウム 2 g を加え、軽く振り混ぜたのち、しばらく放置した。ろ過をして固形物を取り除いた。
9. 得られたろ液をフラスコに移し、沸騰石を入れ、酢酸イソペンチル（分子量 130、沸点 142 °C）を蒸留してあつめた。

③

- (1) 下線部①において、濃硫酸がフラスコの底にたまった理由を記せ。
- (2) 反応が完全に進行したとして、酢酸イソペンチルは何g 得られるか、答えよ。
- (3) この実験では、触媒として濃塩酸ではなく濃硫酸を用いている。「脱水作用」と「揮発性」という 2 つのキーワードを用いて、その理由を記せ。
- (4) 酢酸、イソペンチルアルコール、硫酸、酢酸イソペンチルの中から、下線部②の水層により多く含まれるものを 2 つ選び、化合物名で答えよ。
- (5) メタノール CH_3OH と水は任意の割合で混ざり合うが、イソペンチルアルコールは水と混ざり合わない。この理由を記せ。

- (6) 下線部③の蒸留を行うために、実験装置を図2のように組み立てた。温度計の先端を
 図2の位置にする理由を記せ。また、図2には適切ではないところが1つある。正しく
 はどこをどのようにすればよいかを記せ。

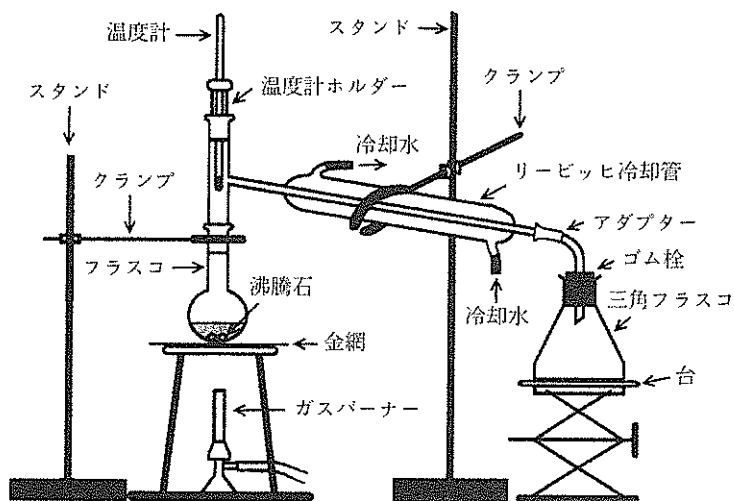


図2

- (7) アルコールXはイソペンチルアルコールの異性体である。Xを酸化して得られるカル
 ボン酸Yには、不斉炭素原子が1つあるので、 異性体が存在する。 に
 当てはまるもっとも適切な語句を記せ。また、カルボン酸Yの構造式を記せ。なお、不
 斉炭素原子には下の例にならって*印をつけよ。

例

