

平成24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」11ページ、「空白」1ページ、「生物」10ページ、「地学」12ページ、合計41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」4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～第3問において、必要であれば次の原子量を用いよ。H = 1.0, C = 12.0, O = 16.0, Na = 23.0, Cl = 35.5

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)～(6)の問いに答えよ。

固体のナトリウムでは原子同士は 結合で結びついている。ナトリウムと塩素を反応させると、塩化ナトリウムができるが、その結晶は、 結合でできている。

塩化ナトリウムを水に溶かすと電離する。水分子は、分子を構成している酸素原子と水素原子が 結合で結ばれている。さらに、大気圧の下での氷の結晶では、水分子1個あたりまわりの4個の水分子と 結合し、すき間の多い構造になる。このため、水から氷になると密度は小さくなる。 結合は分子間力の一種であり、 結合、 結合、 結合のような化学結合に比べるとその結合の強さははるかに弱い。また、水分子は極性を持っており、そのため 結合でできている結晶は水によく溶ける。 ② 水に塩化ナトリウムを溶かした希薄溶液では、純粋な水に比べて凍結する温度が変化する。 さらに、 ③ 純水と塩化ナトリウム水溶液を水分子のみを通す半透膜で仕切っておくと、水だけが半透膜を通過して塩化ナトリウム水溶液の方に拡散する。

(1) ～ に当てはまる最も適切な語句を記せ。

(2) 下線部①の化学変化を表わす反応式を記せ。

(3) 下線部②の現象を何というか答えよ。

(4) 1.01×10^5 Pa の大気圧の下で、5.85 g の塩化ナトリウムを 2.00 kg の純水に溶かし、溶液の温度をゆっくり下げていくと -0.185 °C で凍結し始めた。一方、分子式 $C_6H_{12}O_6$ で表されるブドウ糖 28.8 g を 2.00 kg の純水に溶かした。このブドウ糖水溶液が凍結し始める温度を有効数字 2 桁で答えよ。

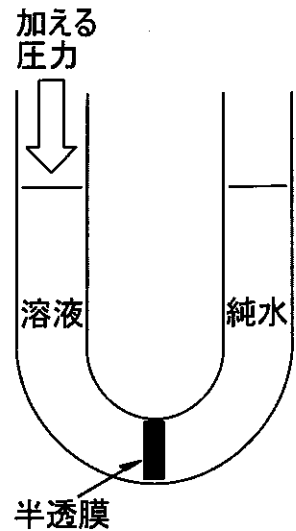
(5) 下線部 ③ の現象を何とよいか答えよ。

(6) 圧力 1.01×10^5 Pa の大気圧の下、温度 17 °C で図のように U 字管を水分子のみを通す半透膜で仕切った。半透膜の左側に (4) で用いた塩化ナトリウム水溶液を入れ、右側に純水を液面が同じ高さになるまで入れた。この状態では、この半透膜を通過して純水側から溶液側へ水分子が移動していく。この水の移動が起こらないようにするには、ある圧力を溶液側に余分に加える必要がある。

希薄溶液では、この余分に加える圧力 Π [Pa]、溶液の体積 V [L]、溶液中の溶質粒子の物質質量 n [mol]、絶対温度 T [K] の間には、気体の状態方程式と同じ形の関係式が成り立つ。これをファンツホッフの法則という。

図に示した溶液側に余分に加える圧力を、ファンツホッフの法則が成り立つとして計算し、有効数字 2 桁で答えよ。

ただし、塩化ナトリウムを水に溶かした際の体積変化は無視できるものとする。また、気体定数は 8.31×10^3 Pa \cdot L/(K \cdot mol) とし、 17 °C の水の密度は 1.00 g/cm³ とする。



図

問2 次の(1)と(2)の問いに答えよ。

(1) 次の文章を読み、～にあてはまる最も適切な語句を記せ。

生成熱とは化合物 1 mol が、成分元素のから生成するときにまたはする熱量をいう。燃焼熱は燃焼する物質 1 mol が、酸素と反応して完全燃焼するときにする熱量をいう。

(2) 次の文章を読み、①～③の問いに答えよ。

冬の寒い日に風呂に入ろうとしたところ湯が冷めていたので温め直すことにした。湯を沸かすには液化石油ガス（主成分はプロパン）や、都市ガス（主成分はメタン）が用いられる。これらの気体は理想気体であり、完全燃焼するものとする。燃焼によって得られる熱量は全て水の温度上昇に使われるとする。水 1 g の温度を 1℃ 上げるのに必要な熱量は 4.18 J、水の密度は 1.00 g/cm³ とする。

① プロパンの燃焼を示す熱化学方程式を記せ。ただし、二酸化炭素（気体）、水（液体）およびプロパン（気体）の生成熱はそれぞれ 394 kJ/mol、286 kJ/mol および 104 kJ/mol である。

② 30.0℃ の水 200 L の温度を 42.0℃ に上げるのに必要なプロパンの物質質量は何 mol か、有効数字 2 桁で答えよ。計算式も示せ。

③ 30.0℃ の水 200 L の温度を 42.0℃ に上げるのに、プロパンのかわりにメタンを用いた。必要な酸素の物質質量はプロパンを用いた場合に比べて何倍だったか、有効数字 2 桁で答えよ。ただし、メタン（気体）の燃焼熱は 890 kJ/mol である。計算式も示せ。

(空 白)

化 学

第 2 問 (33点)

次の問1と問2に答えよ。

問1 次の①～⑦の文章を読み、(1)～(6)の問いに答えよ。文章中の ～
 にあてはまる化合物はすべて異なり、常温・大気圧で気体である。

- ① ギ酸に濃硫酸を加えて加熱すると が発生する。
- ② 空気中で に点火すると、青白い炎を出して燃え、二酸化炭素になる。
- ③ 銅を希硝酸に溶かすと、おもに が発生する。
- ④ 硫化鉄(II)に希硫酸を加えると が発生する。
- ⑤ 硝酸銅(II)水溶液に を通じると黒色沈殿が生じる。
- ⑥ 硝酸銅(II)水溶液にアンモニア水を加えていくと青白色沈殿が生じるが、さらにアンモニア水を加えると沈殿は溶けて深青色の水溶液となる。
- ⑦ オストワルト法は、アンモニアを酸化して硝酸をつくる方法である。まず、アンモニアと空気(a)の混合気体を、白金を触媒として反応させると、 が生成する。次に、 を空気中の酸素で酸化して とする。最後に を水(b)に吸収させると硝酸になり、同時に が生成する。

(1) ①および③の反応を化学反応式で記せ。

(2) 次の(あ)～(お)の中から、二酸化炭素とアンモニアのそれぞれに対する記述として適切なものをすべて選び、記号を記せ。同じ記号を重複して選んでもよい。

- (あ) 水溶液が塩基性を示す。
- (い) 空気より軽い。
- (う) 無色・無臭である。
- (え) 両性酸化物である。
- (お) 尿素をつくる原料として使われる。

- (3) 色がついている気体を ～ の中から一つ選び、記号で答えよ。また、その気体の名称を記せ。
- (4) ⑤ の反応で生じる黒色沈殿の名称を記せ。
- (5) ⑥ の反応で生じ、深青色を示す錯イオンをイオン式で記せ。
- (6) ⑦ の文章中の下線部 (a) および (b) の反応を化学反応式で記せ。

問2 次の文章を読み、(1)～(5)の問いに答えよ。必要であれば次の値を用いよ。

アボガドロ定数 $6.0 \times 10^{23}/\text{mol}$, $\sqrt{3} = 1.73$

結晶格子の最小の繰り返し単位を単位格子という。主な単位格子の構造に、図1に示した面心立方格子がある。ダイヤモンドの結晶は図2に示す単位格子をもつが、この単位格子は面心立方格子をつくる炭素原子に、4個の炭素原子が黒色で示した位置に加わった構造である。1つの炭素原子は、最も近接した4つの炭素原子と化学結合している。すべての炭素原子が4つの化学結合をもっているが、図2では、単位格子の内側の化学結合だけを棒で表示している。黒色で示した位置にある炭素原子とそれに結合した4つの炭素原子に着目すると、それらは図3に示す立方体の中心および頂点に位置しており、正四面体を形づくっている。

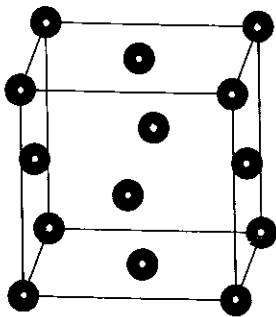


図1

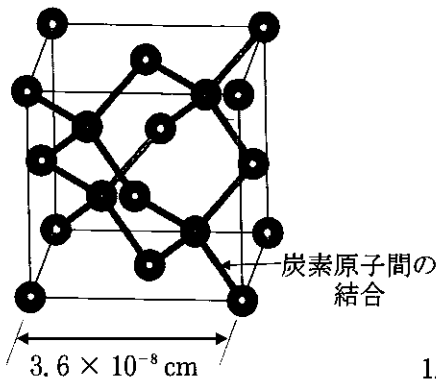


図2

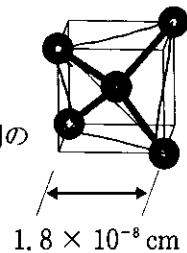


図3

(1) 次の中から炭素の同素体をすべて選び、記号で答えよ。

a. 黒鉛 b. 石英 c. フラーレン d. アセチレン e. ベンゼン f. メタン

(2) ダイヤモンドの単位格子に含まれる炭素原子の数を記せ。

(3) ダイヤモンドの単位格子は1辺の長さが $3.6 \times 10^{-8} \text{ cm}$ の立方体である。ダイヤモンドの結晶の密度は何 g/cm^3 であるか、有効数字2桁で答えよ。

(4) 化学結合した炭素原子の中心間の距離は何 cm であるか、有効数字 2 桁で答えよ。

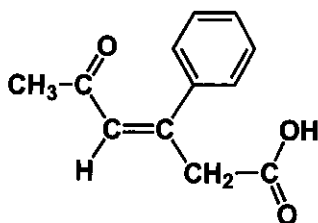
(5) 炭素と同族であるケイ素の結晶には、ダイヤモンドと同じ結晶構造をもつものがあり、その単位格子の一辺の長さは 5.4×10^{-8} cm である。この結晶における最も近接したケイ素原子の中心間の距離は、ダイヤモンドにおける化学結合した炭素原子の中心間の距離に比べて何倍となるか、有効数字 2 桁で答えよ。

化 学

第 3 問 (34点)

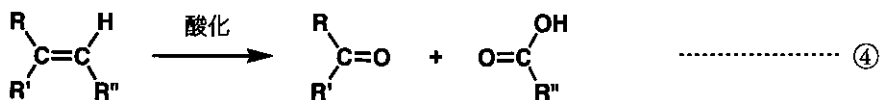
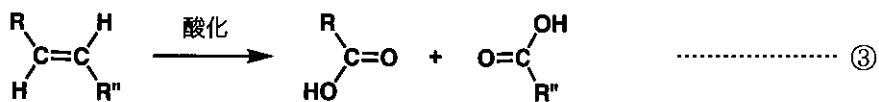
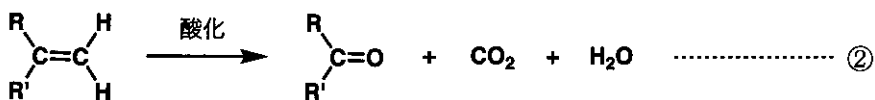
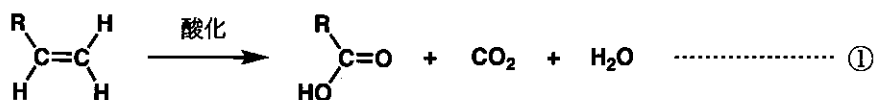
次の問1と問2に答えよ。ただし、構造式は次の例にならって記せ。

例



問1 次の文章を読み、(1)～(5)の問いに答えよ。

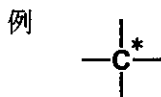
アルケンを酸性の条件のもとで過マンガン酸カリウム水溶液で酸化すると、反応①～④に示す様に炭素間の二重結合が切れ、ケトンやカルボン酸などを生じる。ただし、R、R'、R''はアルキル基を表す。幾何異性体はこの酸化反応により同じ生成物を生じる。



分子式 C_5H_{10} で表されるアルケン A, B, C を酸性の条件のもとで過マンガン酸カリウム水溶液で酸化した。アルケン A からは化合物 D とともに二酸化炭素と水が生じた。アルケン B からは化合物 E とともに二酸化炭素と水が生じた。アルケン C からは二酸化炭素は生成せず、化合物 F と化合物 G が得られた。化合物 E あるいは化合物 G に水酸化ナトリウム水溶液とヨウ素を加えて温めると、② いずれも特有の臭気をもつ黄色結晶が得られた。

アルケン A, B, C に水素を付加させたところ、アルケン B と C からは同一の飽和炭化水素 H が得られ、アルケン A からは H とは異なる飽和炭化水素 I が得られた。化合物 F に十酸化四リン (P_4O_{10}) を加え加熱することにより、有機化合物 J が得られる。③ 有機化合物 J はエチルアルコールと反応して、酢酸エチルと化合物 F を生じる。化合物 F あるいは酢酸エチルに水酸化ナトリウム水溶液とヨウ素を加えて温めたが、いずれも特有の臭気をもつ黄色結晶は得られなかった。

- (1) 下線部 ② の反応の名称を答えよ。
- (2) 下線部 ③ の反応を表す化学反応式を記せ。
- (3) 飽和炭化水素 H と I の構造式を記せ。
- (4) アルケン A, B, C の構造式を記せ。ただし、立体異性体が考えられる場合にはいずれか一つを記せ。
- (5) アルケン C に臭素を反応させて得られる化合物の構造式を記せ。
ただし、光学異性体は区別しなくてもよい。不斉炭素原子には下の例にならって * 印を付けよ。



問2 次の文章を読み、(1)～(6)の問いに答えよ。

フェノールは、工業的にはベンゼンとプロピレンを原料として合成されている。この合成法の最初の段階で得られる を酸素で酸化すると化合物Aが生成する。化合物Aを希硫酸で分解することによりフェノールが生産される。このとき も一緒に生産される。このフェノール合成法は 法と呼ばれ の工業的製法でもある。フェノールはベンゼンから別の方法によっても合成できる。ベンゼンに鉄粉を加え、塩素を作用させるとクロロベンゼンが生成する。クロロベンゼンを高温・高圧のもとで水酸化ナトリウム水溶液と反応させるとナトリウムフェノキシドが生成する。ナトリウムフェノキシドの水溶液に二酸化炭素を通じるとフェノールが得られる。

ナトリウムフェノキシドの水溶液を の水溶液に加えると、橙赤色の化合物Bが得られる。アニリンの希塩酸溶液に0～5℃で亜硝酸ナトリウム水溶液を加えると、 の水溶液が得られる。 は5℃以下の水溶液中では安定であるが、温度が高いと分解してフェノールを生成する。

- (1) と に当てはまる化合物の名称を答えよ。
- (2) と同じ分子式をもつ化合物のうち、環状構造をもたない異性体の構造式をすべて記せ。ただし、二重結合をつくる炭素原子にヒドロキシ基が直接結合した異性体と は除く。
- (3) 化合物Aと化合物Bの構造式を記せ。
- (4) 下線部②の反応では、鉄粉と塩素から生じた化合物Cが触媒としてはたらいている。サリチル酸に化合物Cの水溶液を加えると赤紫色を呈する。化合物Cの化学式を記せ。
- (5) 下線部③の反応を化学反応式で記せ。
- (6) 下線部④の反応を化学反応式で記せ。