

2022年度〈公募制推薦〉

適性検査Ⅱ 100点満点

【問題冊子】（1～8ページ）

（注 意）

1. 試験開始の合図があるまで、この問題冊子を開かないこと。
2. 試験開始後、問題冊子のページ数(1～8ページ)を確認すること。
3. 各ページの余白を下書きに使用してもよい。
4. 試験時間 11：30～12：30
5. 試験終了後、問題冊子は持ち帰ること。

下書き用

【I】 次の記述を読み、問1～5の答を解答冊子の解答欄に記せ。

(33点)

原子は、中心にある原子核と、そのまわりを取り巻くいくつかの〔ア〕からできている。原子核は、さらに〔イ〕と〔ウ〕からなり、この原子核に含まれる〔イ〕の数を原子番号という。また、〔イ〕と〔ウ〕の数の和を質量数という。同じ元素の原子でも質量数が異なるものがあり、それらを互いに同位体とよぶ。(a) 同位体は自然界においてほぼ一定の割合で存在しており、また、化学的性質がよく似ている。

同位体には、原子核が不安定で放射線を放出し、別の原子核に変わる放射性同位体が存在する。炭素 ^{14}C は放射性同位体であり、大気中の窒素 ^{14}N から一定の割合で生成される。植物は、大気中と同じ割合の ^{14}C を含む二酸化炭素を呼吸によって取り入れ、絶えず大気中と同じ ^{14}C の存在比を保っている。しかし、植物が枯れたり伐採されたりすると、 ^{14}C は新たに取り込まれることも生成されることもないため、植物内の ^{14}C は放射線を放出して一定の割合で減少していく。そこで、(b) 木材中に残存する ^{14}C の割合を調べることにより、その植物が活動を停止した年代を推定することができる。

一方、同じ元素からなる単体で、性質の異なるものどうしを互いに〔エ〕であるという。例として、(c) 同じ炭素元素からなるダイヤモンドと黒鉛があり、その性質は大きく異なる。また、結晶構造も異なり、(d) ダイヤモンドの結晶は炭素原子の4つの共有結合でつくられる立体構造をしており、黒鉛の結晶は3つの共有結合でできる平面構造が重なってつくられる。

問1 [ア] ~ [エ] に入る最も適当な語句を記せ。

問2 下線部(a)に関連して、塩素原子には2種類の同位体 (^{35}Cl , ^{37}Cl) が存在することが知られている。それぞれの相対質量を 35.0, 37.0 とし、自然界の塩素の原子量を 35.5 とするとき、 ^{35}Cl の存在比 (原子の数の割合) は何% と考えられるか。答は四捨五入して整数値で記せ。

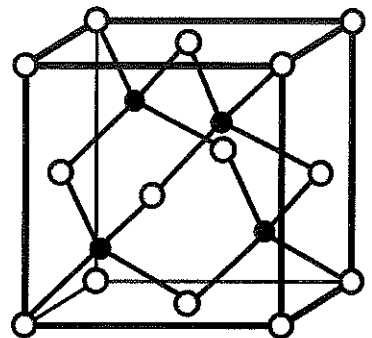
問3 下線部(b)に関連して、遺跡から見つかった木片に含まれる ^{14}C の割合が、大気中に含まれる ^{14}C の 12.5% であった。この木片は、何年前に活動を停止した植物に由来すると考えられるか。答は四捨五入して整数値で記せ。ただし、 ^{14}C の半減期を 5730 年とし、大気中の ^{14}C の割合は年代によらず一定であるものとする。

問4 下線部(c)に関連して、ダイヤモンドと黒鉛において、電気を導く性質を持つのはどちらか。該当する解答欄の名称を○で囲め。また、それが電気を導く理由を簡潔に記せ。

問5 下線部(d)に関連して、次の問に答えよ。

(i) 下図の実線で示す立方体はダイヤモンドの結晶の単位格子を表し、黒丸および白丸は単位格子中の炭素原子の位置を示している。この単位格子あたりに含まれる炭素原子は何個か。答は四捨五入して整数値で記せ。ただし、黒丸は単位格子の立方体の内部に存在しており、白丸は立方体の各頂点または各面の中心に位置しているものとする。

(ii) (i) のとき、炭素の原子量を 12.0 とすると、ダイヤモンドの密度は何 g/cm^3 か。答は四捨五入して小数第1位まで記せ。ただし、ダイヤモンドの結晶の単位格子の一辺の長さは $3.6 \times 10^{-8} \text{ cm}$ とし、 $3.6^3 = 47$ 、アボガドロ定数を $6.0 \times 10^{23} / \text{mol}$ とする。

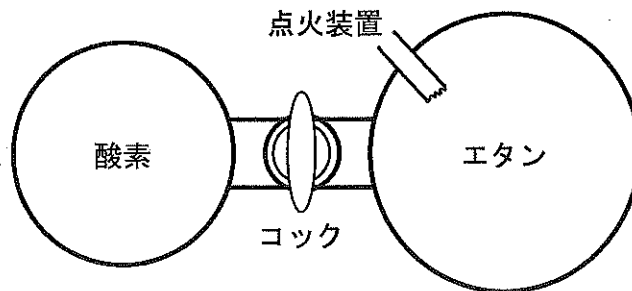


【Ⅱ】次の記述を読み、問1～5の答を解答冊子の解答欄に記せ。ただし、気体は理想気体とし、気体定数 R は $8.3 \times 10^3 \text{ Pa}\cdot\text{L}/(\text{K}\cdot\text{mol})$ 、標準状態における気体 1 mol の体積は 22.4 L とする。水の飽和蒸気圧は 27°C において $3.6 \times 10^3 \text{ Pa}$ とする。原子量は $\text{H}=1.0$ 、 $\text{C}=12.0$ 、 $\text{O}=16.0$ 、 $\text{Cl}=35.5$ 、 $\text{K}=39.0$ とする。(33点)

天然ガスは自然界に広く存在し、今世紀を支えるエネルギー資源として、また、化学工業の原料として期待されている。その主成分はメタンであるが、このほかに (a) エタンやプロパン、ブタンなどの炭化水素が含まれている。

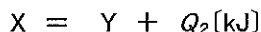
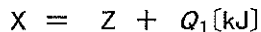
天然ガスを燃焼させることで生成される反応熱は熱エネルギーとして、湯を沸かしたり室内を暖めたりするなど、身の回りの環境に役立つエネルギーへと変換されて広く利用されている。このように燃焼などの物質の変化に伴って生成される反応熱について、(b) ヘスの法則が成り立つことが証明され、測定困難な化学反応における反応熱についても推定可能になった。

天然ガス成分の1つである (c) エタンの燃焼反応について、下図に示す装置を用いて実験をおこなった。容積 3.2 L および容積 5.1 L の容器にそれぞれ、(d) 酸素 0.64 g とエタン 0.15 g を封入した。次にコックを開けて気体を混合し、(e) 点火して完全に燃焼させ、 27°C に冷却し、十分な時間経過後、内部の状態を調べた。コックと連結部分および生じる液体の体積は無視できるものとし、気体は液体に溶解しないものとする。



問1 下線部(a)に関連して、アルカンのように共通の一般式で表される一群の化合物を何とよぶか。その名称を記せ。

問2 下線部(b)に関連して、物質X、YおよびZの変化とそれに伴う反応熱を Q_1 [kJ]、 Q_2 [kJ]、 Q_3 [kJ] とするとき、下記の熱化学方程式が成立する。次の間に答えよ。

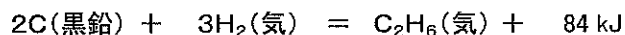
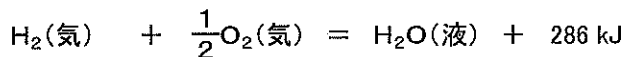
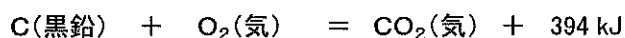
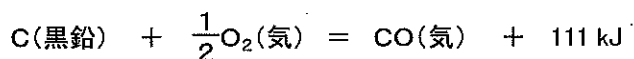


(i) 物質が変化するときの反応熱は、ヘスの法則によるとどのように説明できるか。解答欄の「物質が変化するときの反応熱は、」の書き出しに続けて簡潔に記せ。ただし、下記のキーワードをすべて用いること。

キーワード：最初、最後、経路

(ii) 反応熱 Q_1 は、 Q_2 および Q_3 を用いて表すことができる。解答欄に適切な関係式を記せ。

問3 下線部(c)に関連して、 25°C 、 $1.013 \times 10^5 \text{ Pa}$ において下記の熱化学方程式が成立する。次の間に答えよ。ただし、この条件下、水はすべて液体であるとする。



(i) 一酸化炭素の燃焼熱は何 kJ/mol か。答は四捨五入して整数値で記せ。

(ii) エタンの完全燃焼を表す化学反応の反応式を記せ。

(iii) エタンが完全燃焼したときの燃焼熱は何 kJ/mol か。答は四捨五入して整数値で記せ。

問4 下線部(d)に関連して、酸素は触媒を用いて塩素酸カリウムを加熱分解することで生成された。次の間に答えよ。

(i) この触媒を化学式で記せ。また、その化学反応の反応式を記せ。

(ii) 生成した酸素は 0.96 g であった。このとき必要な塩素酸カリウムは最低何 g か。答は四捨五入して小数第1位まで記せ。

問5 下線部(e)について、次の間に答えよ。ただし、エタンの燃焼反応以外の化学反応は進行しないものとする。

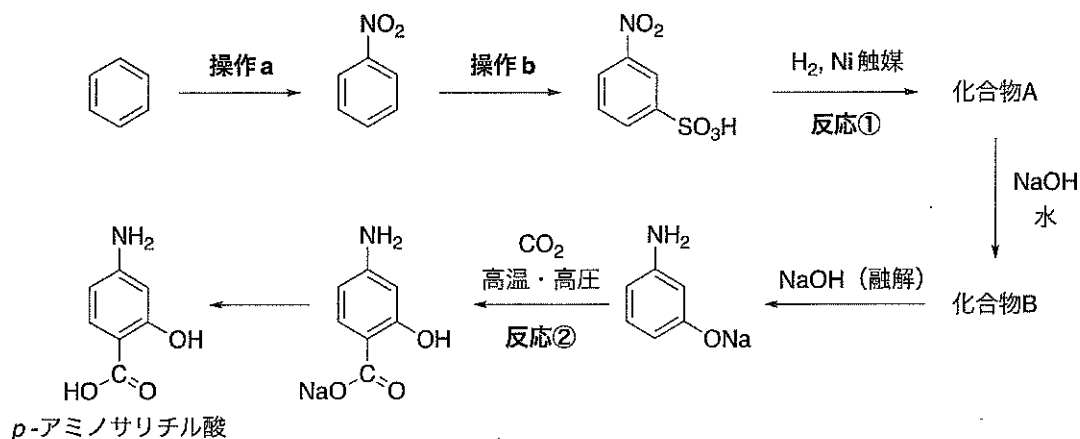
(i) 容器内部で液体として存在する水は何 g か。答は四捨五入して小数第2位まで記せ。

(ii) このとき容器内の全圧は $P \times 10^3$ [Pa] になった。P に当てはまる数値を四捨五入して小数第1位まで記せ。

【Ⅲ】 次の記述を読み、問1～7の答を解答冊子の解答欄に記せ。ただし、原子量はH=1.0, C=12.0, N=14.0, O=16.0, Na=23.0, S=32.0とする。有機化合物の構造式は解答冊子の解答欄の上に示す例にならって記せ。(34点)

スウェーデンの化学者レーマンは、安息香酸やサリチル酸が結核菌の呼吸作用に影響を与えるという報告にヒントを得て、結核菌の発育を阻止する化合物を探す研究を行い、*p*-アミノサリチル酸が結核菌の呼吸作用を抑制してその発育を阻止することを発見した。サリチル酸と *p*-アミノサリチル酸はいずれもベンゼン環の炭素原子に直接結合したヒドロキシ基をもち、このような化合物を総称して〔ア〕類とよぶ。〔ア〕類のヒドロキシ基はアルコールのヒドロキシ基と異なり、水溶液中で〔イ〕性を示す。

p-アミノサリチル酸はベンゼンを原料として以下の合成経路により合成することができる。



問1 〔ア〕に入る最も適当な語句を記せ。また、〔イ〕に入る適当な語句として、該当する解答欄の語句を○で囲め。

問2 操作 a および b の記述として、最も適当なものは次の (A) ~ (F) のどれか。それぞれ1つ選び記号で記せ。

- (A) 濃塩酸を加えて加熱する。
- (B) アンモニア水を加える。
- (C) 濃硫酸と濃硝酸との混合物(混酸)を加えて加熱する。
- (D) 氷冷しながら、塩酸と亜硝酸ナトリウム水溶液を加える。
- (E) 硝酸銀水溶液とアンモニア水を加えて加熱する。
- (F) 濃硫酸を加えて加熱する。

問3 反応①の化学反応の反応式を記せ。ただし、有機化合物については構造式で記せ。

問4 化合物Bの構造式を記せ。

問5 反応②により、*p*-アミノサリチル酸のナトリウム塩を 525 g 合成するために必要な二酸化炭素は 0°C, 1.013×10^6 Pa で最低何 L か。答は四捨五入して小数第 2 位まで記せ。なお、気体はボイル・シャルルの法則に従うものとする。また、標準状態は 1.013×10^5 Pa, 絶対零度 0 K は -273°C とし、標準状態における気体 1 mol の体積は 22.4 L とする。

問6 合成した *p*-アミノサリチル酸の構造を確認するために、以下の実験①および②を行った。

実験① *p*-アミノサリチル酸を試験管にとり、水を加えて振り混ぜたが溶けにくかった。薄い塩酸を加えると溶けやすくなった。

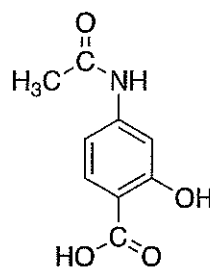
実験② *p*-アミノサリチル酸を試験管にとり、塩化鉄(III)水溶液を加えて振り混ぜると、呈色した。

(i) 実験①において、薄い塩酸を加えることにより水に溶けやすくなったのは、*p*-アミノサリチル酸のどの官能基の性質によるものか。その官能基の名称を記せ。

(ii) 実験②において呈色した色は次の (A) ~ (D) のどれか。最も適当なものを1つ選び記号で記せ。

(A) 黄色 (B) 赤紫色 (C) 淡緑色 (D) 黒色

問7 結核の治療のために服用された *p*-アミノサリチル酸の約 50% は、体内で右図の構造に変化することが知られている。この化合物を試験管内で *p*-アミノサリチル酸から合成するとき用いる薬品として最も適当なものは次の (A) ~ (E) のどれか。1つ選び記号で記せ。



- (A) 炭酸水素ナトリウム水溶液
- (B) 濃硝酸
- (C) 酸性の二クロム酸カリウム水溶液
- (D) 無水酢酸
- (E) 氷酢酸

下書き用