

平成 26 年度 入学 試験 問題

理 科

| | ページ |
|-----|-------|
| 物 理 | 1～10 |
| 化 学 | 11～23 |
| 生 物 | 24～37 |
| 地 学 | 38～46 |

化学については、問題 **1** から問題 **4** までは必ず解答し、問題 **5** と問題 **6** については、どちらか一方を選択して解答すること。

注 意 事 項

試験開始後、選択した科目の問題冊子及び答案用紙のページを確かめ、落丁、乱丁あるいは印刷が不鮮明なものがあれば新しいものと交換するので挙手すること。

1. 試験開始の合図があるまで問題冊子を開かないこと。
2. 解答は、必ず答案用紙の指定されたところに記入すること。
3. 解答する数字、文字、記号等は明瞭に書くこと。
4. 答案用紙は持ち出さないこと。

化 学

(問題 **5** と問題 **6** については、どちらか一方を選択して解答すること。)

必要があれば、次の値を用いよ。原子量：H = 1.0, C = 12.0, N = 14.0, O = 16.0, Na = 23.0, S = 32.0, Cl = 35.5, Ca = 40.0, Br = 79.9。気体はすべて理想気体として取り扱うものとする。

1 次の文章を読み、問1～問5に答えよ。

結晶は、原子・分子・イオンなどの粒子が規則正しく配列した固体のことで、粒子間の結合に基づいていくつかの種類に分類することができる。

イオン結合は、陽イオンと陰イオンが **ア** 力で引きあつてできる化学結合であり、イオン結合でできている結晶をイオン結晶という。

ダイヤモンドのように共有結合だけでできている結晶を共有結合結晶(または共有結合の結晶)という。ダイヤモンドでは、各炭素原子は隣接する炭素原子とそれぞれ共有結合をつくつて **イ** 形の構造をとり、これが繰り返されて結晶全体として大きな分子ができています。ダイヤモンドの同素体の一つである黒鉛は、**ウ** 形を基本とする平面構造を形成し、この層が積み重なってできています。

ドライアイスは無極性分子である二酸化炭素が集まってできています。このように、分子が分子間力で結合して規則正しく配列してできた結晶を **エ** という。ドライアイスは、液体を経由せずに固体から気体へ変化します。この状態変化を **オ** という。

金属原子が規則正しく並んでできた結晶を金属結晶という。多くの金属は、面心立方格子、**カ**、**キ** のいずれかの構造をとる。面心立方格子と**キ** は、原子が最も密に詰まった構造になっている。面心立方格子、**カ**、**キ** の単位格子中にはそれぞれ、**ク**、**ケ**、**コ** 個の原子が含まれている。

問 1 文章中の ア ~ コ に入る適切な語句または数字を記せ。

問 2 イオン結晶に関する正しい記述を、次の(a)~(e)から 2 つ選び、記号で答えよ。

- (a) イオン結晶は、融解すると電気を通す。
- (b) イオン結晶は、延性・展性を示す。
- (c) 自由電子がイオン結晶中を自由に移動する。
- (d) イオン結晶は、一般に融点が低い。
- (e) イオン結晶を水に溶かすと、電離する。

問 3 C—C(ダイヤモンド)の結合エネルギーが 354 kJ/mol, C=O(CO₂)の結合エネルギーが 799 kJ/mol, O=O(O₂)の結合エネルギーが 494 kJ/mol のとき、ダイヤモンドの燃焼熱 [kJ/mol] を求めよ。

問 4 無極性分子を、次の(a)~(h)から 3 つ選び、記号で答えよ。

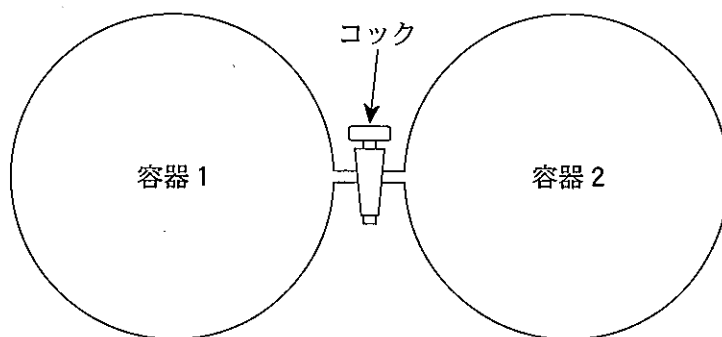
- (a) クロロホルム (b) 一酸化炭素 (c) 安息香酸
- (d) ヨウ素 (e) *p*-キシレン (f) メタノール
- (g) 塩化ナトリウム (h) メタン

問 5 ある金属は面心立方格子の結晶構造をとっている。この金属原子の半径が r [cm], 原子量が M , アボガドロ定数が N [/mol] のとき、金属の密度 [g/cm³] を r , M , N を用いて表わせ。ただし、金属原子は硬くて変形しない球と考え、面心立方格子内で隣接する金属原子は、接触して充填していると仮定する。

- 2 次の文章を読み、問1～問6に答えよ。なお、気体は液体の水に溶解せず、液体の水の体積は無視できるものとする。気体定数 R の値は、 $8.3 \times 10^3 \text{ Pa}\cdot\text{L}/(\text{K}\cdot\text{mol})$ を用いよ。

図のように、内容積がともに10.0 Lの容器1と容器2がつながっている。コックを閉じた状態で、容器1には未知量の酸素と2.40 gの炭素(黒鉛)が入っており、容器2には4.20 gの炭化水素Aだけが入っている。これらの容器に対して、以下の操作を順番に行った。

- (操作1) 容器1内の炭素(黒鉛)を燃焼したところ、すべての炭素(黒鉛)が完全に酸化されて二酸化炭素となった。その後、容器1の温度を 27°C にしたところ、容器1内の圧力は $2.49 \times 10^5 \text{ Pa}$ となった。
- (操作2) 容器2の温度を 127°C にしたところ、炭化水素Aは完全に気体となり、容器2内の圧力は $1.66 \times 10^4 \text{ Pa}$ となった。
- (操作3) 両容器の温度を 127°C にしてコックを開け、両容器内の気体を混合し、均一になるまで放置した。
- (操作4) 炭化水素Aを燃焼したところ、完全に酸化されて二酸化炭素と水だけが生成した。その後、両容器の温度を 57°C にしたところ、一部の水が凝縮した。



図

- 問 1 操作 1 の前に、容器 1 に入っていた酸素の物質質量 [mol] を求めよ。解答欄には計算の過程を含めて記入し、有効数字 2 桁で示せ。
- 問 2 操作 1 の後に、容器 1 に存在する混合気体の平均分子量および密度 [g/L] を求め、有効数字 2 桁で示せ。
- 問 3 炭化水素 A の分子量を求めよ。解答欄には計算の過程を含めて記入し、有効数字 2 桁で示せ。ただし、操作 2 で完全に蒸発した炭化水素 A は、 127°C で分子として安定に存在する。
- 問 4 操作 3 の後の二酸化炭素の分圧 [Pa] を求め、有効数字 2 桁で示せ。ただし、炭化水素 A は完全に気体のままで存在し、両容器に存在する気体は混合しても互いに反応しない。
- 問 5 操作 4 の後に、両容器中に存在する酸素、二酸化炭素、水の物質質量 [mol] を求め、有効数字 2 桁で示せ。
- 問 6 操作 4 で凝縮した液体の水の物質質量 [mol] を求めよ。解答欄には計算の過程を含めて記入し、有効数字 2 桁で示せ。ただし、 57°C における水の飽和蒸気圧を $1.73 \times 10^4 \text{ Pa}$ とする。また、液体の水と水蒸気は気液平衡にあるものとする。

3 次の文章を読み、問1～問6に答えよ。必要があれば、次の値を用いよ。
 25℃の水のイオン積 $K_w = 1.00 \times 10^{-14} \text{ mol}^2/\text{L}^2$, $\log_{10} 2 = 0.301$, $\log_{10} 3 = 0.477$, $\log_{10} 5 = 0.699$

酸や塩基を水に溶かすと電離して水素イオンや水酸化物イオンが生じる。同じモル濃度の酸の水溶液でも化合物により電離度が異なるため、水溶液中の水素イオン濃度は異なる。たとえば、 $2.00 \times 10^{-2} \text{ mol/L}$ の塩酸と $2.00 \times 10^{-2} \text{ mol/L}$ の酢酸水溶液を比較すると、水溶液中の水素イオン濃度は塩酸の方が大きい。電離度が1に近い酸を **ア** とよび、電離度が小さい酸を **イ** とよぶ。酸と塩基を混ぜると **ウ** 反応がおり、酸と塩基の性質がたがいに打ち消され塩と水ができる。酸と塩基を過不足なく混ぜると正塩ができるが、正塩の水溶液は必ずしも中性とは限らない。 **イ** とその酸の塩からなる水溶液に、少量の酸や塩基を加えてもpHはほとんど変化しない。このように、pHの値をほぼ一定に保つ水溶液を **エ** という。

分子中に含まれる水素原子のうち、電離して水素イオンになることができる水素原子の数を酸の価数とよぶ。シュウ酸は2価の酸であり、その水溶液は次の式1と式2のように2段階の電離平衡が成り立つ。



シュウ酸は電離度が小さく、水溶液中でその一部の分子が電離し、残りの大部分は分子のままで溶けている。水溶液中に含まれるシュウ酸の全量の濃度 $[\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4]_{\text{total}}$ は式3のように表わすことができ、 $[\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4]_{\text{total}}$ は、シュウ酸水溶液を調製する際に用いたシュウ酸が電離しないと仮定した濃度に等しい。通常、2価の酸では2段階目の電離で生じる2価の陰イオンの濃度は小さな値となる。



問 1 文章中の ア ~ エ に入る適切な語句を記せ。

問 2 次の化合物(a)~(e)の水溶液 (1.00×10^{-2} mol/L) について、pH の小さい順にならべ、記号で答えよ。

- (a) 酢酸ナトリウム (b) 硝酸 (c) 塩化ナトリウム
(d) 水酸化カルシウム (e) 酢酸

問 3 2.00×10^{-2} mol/L の塩酸の pH を求め、有効数字 3 桁で示せ。

問 4 25℃ における 2.00×10^{-2} mol/L の酢酸水溶液について、次の(1)~(3)の値を求めよ。ただし、25℃ における電離定数 K_a は 1.80×10^{-5} mol/L とする。解答欄には計算の過程を含めて記入し、有効数字 3 桁で示せ。

- (1) この酢酸水溶液の電離度 α
(2) この酢酸水溶液の水素イオン濃度 $[H^+]$
(3) この酢酸水溶液の pH

問 5 25℃ における 2.00×10^{-2} mol/L の水酸化ナトリウム水溶液の pH を求めよ。解答欄には計算の過程を含めて記入し、有効数字 3 桁で示せ。

(問題は、次ページに続く。)

問 6 シュウ酸水溶液について次の(1)~(3)に答えよ。

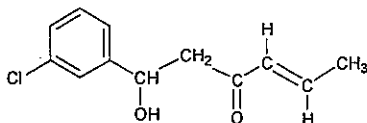
- (1) 式 1, 式 2 の電離定数をそれぞれ K_{a1} , K_{a2} として, 水溶液中のシュウ酸の全量の濃度 $[H_2C_2O_4]_{total}$ を, K_{a1} , K_{a2} , $[H^+]$ および $[C_2O_4^{2-}]$ を用いて表わせ。
- (2) 25 °C において, 1.00×10^{-2} mol/L のシュウ酸水溶液の pH は 2.00 であった。この溶液中の $C_2O_4^{2-}$ の濃度を求め, 有効数字 3 桁で示せ。ただし, 25 °C における式 1 と式 2 の電離定数は, $K_{a1} = 5.00 \times 10^{-2}$ mol/L, $K_{a2} = 5.00 \times 10^{-5}$ mol/L とする。
- (3) (2)のシュウ酸水溶液に水酸化ナトリウムを入れると, 溶液中の $C_2O_4^{2-}$ の濃度はどうなるか, 次の(a)~(c)から選び, 記号で答えよ。ただし, 溶液の体積は変化しないものとする。
- (a) 小さくなる (b) 大きくなる (c) 変化しない

4

次の文章Ⅰおよび文章Ⅱを読み、問1～問5に答えよ。解答で構造式を示す場合

には例にならって記せ。

(例)



(文章Ⅰ)

$C_{14}H_{24}O_4$ の分子式をもつ化合物 A を完全に加水分解したところ、化合物 B と化合物 C が物質質量比 1:2 で生成した。

化合物 B は $C_4H_4O_4$ の分子式をもつジカルボン酸 (2 価カルボン酸) であり、臭素と反応し、不斉炭素原子をもつ化合物 D を生じた。また、化合物 B を $160\text{ }^\circ\text{C}$ に加熱したところ、分子内で脱水反応が起こり化合物 E を生じた。化合物 B にはシストランス異性体 (幾何異性体) F があるが、F は $160\text{ }^\circ\text{C}$ に加熱しても分子内で脱水反応を起こさなかった。また、化合物 B と F それぞれに、①触媒を用いて水素を付加すると、同一の化合物を生じた。

化合物 C は不斉炭素原子を 1 個もつ分子量 88 のアルコールであった。化合物 C を酸化剤を用いておだやかに酸化すると化合物 G が得られ、この化合物 G をアンモニア性硝酸銀溶液に加えておだやかに加熱すると金属銀が析出した。

(文章Ⅱ)

ベンゼンを濃硫酸 (発煙硫酸) とともに加熱すると ア を生じる。さらに ア のナトリウム塩を水酸化ナトリウムとともに融解すると、イ が生成する。イ の水溶液に二酸化炭素を通じると、フェノールが遊離する。② ウ の白色沈殿が生じる。

ベンゼンに濃硝酸と濃硫酸の混合物を作用させると、エ が生じる。エ を塩酸と オ で還元した後、水酸化ナトリウム水溶液を加えるとアニリンが得られる。③ アニリンの希塩酸溶液に、 $0\sim 5\text{ }^\circ\text{C}$ で亜硝酸ナトリウム水溶液を加えると、染料の原料としても用いられる カ が生じる。

問1 文章Ⅰの化合物A～Gの構造式を記せ。ただし、光学異性体は区別しなくてよい。

問2 文章Ⅰの下線部①の反応の触媒としてよく用いられる金属元素を2つ、元素記号で記せ。

問3 文章Ⅰについて、3.48 gの化合物Bを用い下線部①の反応を行った。この反応で消費された水素の標準状態での体積[mL]を求めよ。解答は有効数字3桁で示せ。

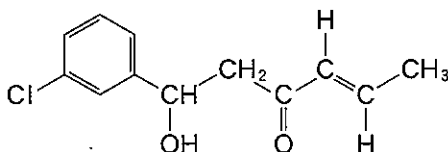
問4 文章Ⅱの ～ に入る適切な物質名を記せ。

問5 文章Ⅱの下線部②および③の反応を、化学反応式で記せ。

(5 と 6 のどちらか一方を選択して解答せよ。 5 を選択した場合は、
 答案用紙の 5 の下のマーク欄に○を記入せよ。)

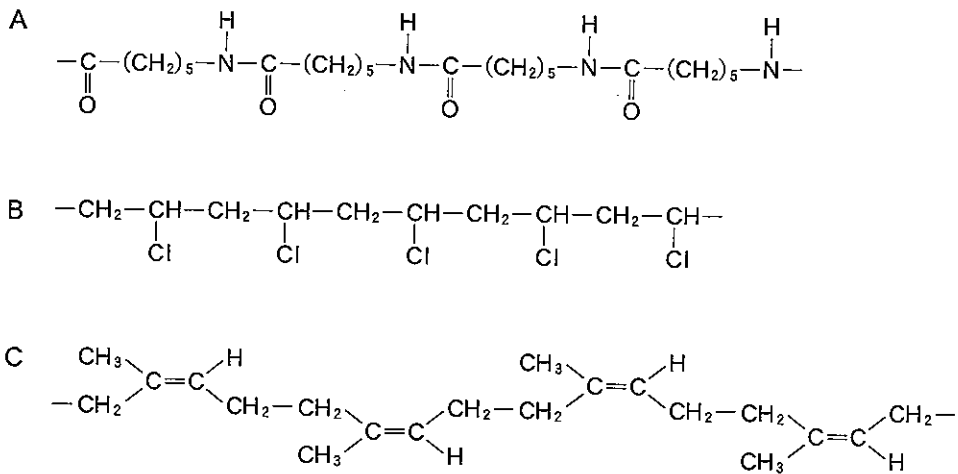
5 次の文章を読み、問1～問5に答えよ。解答で構造式を示す場合には例にならって記せ。

(例)



高分子化合物は生物が生産した天然高分子化合物と、人間がつくり出した合成高分子化合物に分類でき、単量体が重合してつながった巨大分子である。合成高分子化合物は、加工法の違いによって合成繊維と合成樹脂をつくり分けることもある。糸状の繊維は、天然繊維と化学繊維に大別され、衣料などに用いられる。

図は、高分子化合物A～Cのくり返し構造の一部を表わしている。高分子化合物Aは単量体Dが開環重合して、高分子化合物BおよびCは、それぞれ単量体Eおよびイソプレンが付加重合してできる。単量体Eとアクリロニトリルを付加重合させてできる繊維は燃えにくく、防火カーテンなどに用いられる。高分子化合物Cに質量で数%の 1 を加えて加熱すると、弾性が増し、溶媒にも溶けにくくなる。一方、質量で30～40%の 1 を加えて長時間加熱すると 2 という黒くて硬い物質が得られる。



図

問 1 天然繊維について表中の ア ~ エ に適切な語句を記せ。

表

| 繊維名 | 由来生物 | 主成分の名称 | 主成分の分類 |
|-----|---|---|---|
| 木綿 | ワタ | ア | イ |
| 羊毛 | 羊 | ウ | タンパク質 |
| 絹 | エ | フィブロイン | タンパク質 |

問 2 文章中の 1 と 2 に入る適切な物質名を記せ。

問 3 下線部のように、2種類以上の単量体が重合する反応の名称を記せ。

問 4 単量体DとEの分子式は、それぞれ $\text{C}_6\text{H}_{11}\text{NO}$ と $\text{C}_2\text{H}_3\text{Cl}$ である。単量体DとEの名称ならびに構造式を記せ。

問 5 平均分子量 2.72×10^4 の高分子化合物Cの平均重合度を求め、有効数字2桁で示せ。

(5 と 6 のどちらか一方を選択して解答せよ。 6 を選択した場合は、
答案用紙の 6 の下のマーク欄に○を記入せよ。)

6 次の文章Ⅰと文章Ⅱを読み、問1～問5に答えよ。

(文章Ⅰ)

生物の体内でおこる化学反応のほとんどに、酵素が関与している。現在では、トリプシンなどの消化酵素をはじめとして、3000種類以上の酵素が知られている。酵素が作用を及ぼす物質(基質)は、それぞれの酵素によって決まっているが、この性質を酵素の **ア** という。酵素がこの性質を示すのは、酵素には特有の立体構造をした **イ** があり、その立体構造に一致した基質だけが結合できるからである。基質は、酵素と結合して **ウ** をつくり、酵素の作用を受け、生成物に変化する。酵素が触媒としてはたらく反応では、反応速度が最大になる最適温度がある。多くの場合、最適温度以上になると、温度の上昇に伴って反応速度は低下する。^①

(文章Ⅱ)

生物の細胞には核酸という高分子化合物が存在しており、遺伝情報伝達の中心的な役割を果たしている。核酸にはDNA(デオキシリボ核酸)とRNA(リボ核酸)^②の2種類がある。DNAは、分子内にアデニン、グアニン、シトシン、チミンの4種類の塩基をもつポリヌクレオチドで、特定の塩基間で **エ** 結合をつくり **オ** 構造を形成している。RNAの塩基も4種類であるが、チミンの代わりに **カ** が入っている。

タンパク質を合成するときは、まずDNAの情報がRNA(mRNA)に転写されることで、アミノ酸の結合順序が決定する。このとき、RNAの **A** つの塩基が並ぶ順序が、1種類のアミノ酸を指定する。その順序は64通りあるため、タンパク質を構成する約 **B** 種類のアミノ酸を指定するには充分である。

問 1 文章Ⅰと文章Ⅱの ～ に入る適切な語句を記せ。

問 2 トリプシンの所在, 生成物の組み合わせとして適切なものを, 表の(a)~(f)から1つ選び, 記号で答えよ。

表

| 記号 | 所在 | 生成物 |
|-----|-----|-----------|
| (a) | 胃液 | マルトース |
| (b) | 胃液 | 脂肪酸+グリセリン |
| (c) | すい液 | ペプチド |
| (d) | すい液 | 脂肪酸+グリセリン |
| (e) | 腸液 | マルトース |
| (f) | 腸液 | ペプチド |

問 3 文章Ⅰの下線部①の理由を 35 字以内で記せ。

問 4 文章Ⅱの と に入る適切な数字を記せ。

問 5 文章Ⅱの下線部②の DNA について, ある DNA の塩基組成を調べたところ, グアニンのモル分率は 0.28 であった。チミンのモル分率を答えよ。