

試験問題(記述式) — 理 科(化学)

(注意) 解答はすべて別紙解答用紙の定められた欄に書くこと。

注意事項

- ・ 字数制限のある記述問題については、化合物名を化学式で記してよい。ただし、化学式中の原子は1種類で1文字とする。例えば、NH₃の場合、Nで1文字、H₃で1文字の合計2文字とする。イオンの場合は価数を含めて1文字とする。例えば、Na⁺は1文字とする。化学式以外のアルファベット、数字、句読点、カッコ、記号はすべて1文字とする。
- ・ 計算結果は特に指定のない限り、有効数字3桁とする。
- ・ 圧力に指定のない場合は、大気圧 (1.01×10⁵ Pa) とする。
- ・ 必要があれば、次の数値を使用すること。

水溶液の密度：1 g/mL

温度：0℃ = 273 K

気体定数：8.31×10³ Pa・L/(mol・K)

1 mol の理想気体の標準状態 (0℃, 1.01×10⁵ Pa) における体積：22.4 L

log₁₀ 2 = 0.30 log₁₀ 3 = 0.48

- ・ 必要があれば、次の原子量の値を使用すること。

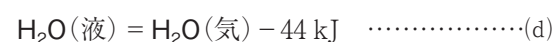
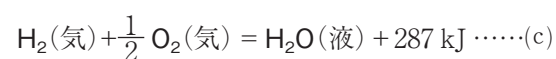
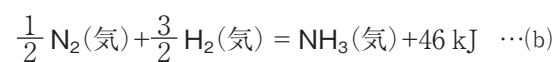
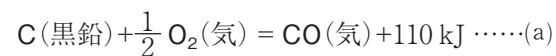
原子量：H = 1.0, C = 12.0, N = 14.0, O = 16.0, Na = 23.0, Cu = 63.5, Ag = 108.0

1

〔I〕 次の文章を読み、各問に答えよ。

次の表は、25℃における気体分子 1 mol 中に含まれるすべての共有結合を切断して、個々の原子に分解するために要するエネルギーを記したものである。表と下記の熱化学方程式(a)~(d)を必要に応じて利用し、問に答えよ。

分子 (気体)	kJ/mol
CO	1075
N ₂	945
NH ₃	1173
H ₂ O	926



問1 熱化学方程式(a)において示す熱量は、どのような反応熱を表しているか。

問2 黒鉛から気体状態の炭素原子を生成する反応の熱化学方程式を記せ。計算過程も書き、熱量は小数点以下を四捨五入して整数で記せ。

問3 標準状態で 33.6 L を占めるメタンとエタンの混合気体を完全燃焼させると、1672 kJ の熱が発生した。この燃焼に使われた酸素は何 mol か。計算過程も記せ。ただし、メタンとエタンの燃焼熱はそれぞれ 891 kJ/mol, 1562 kJ/mol とする。

〔Ⅱ〕 次の文章を読み、各問に答えよ。

なお、25℃の酢酸の電離定数は $2.7 \times 10^{-5} \text{ mol/L}$ 、酢酸ナトリウムの電離度は1、水のイオン積は $1.0 \times 10^{-14} \text{ mol}^2/\text{L}^2$ とする。また、溶液の体積変化、温度変化、および固体の水酸化ナトリウムの潮解はないものとする。

純水に強酸や強塩基を加えると、少量でも pH は大きく変化する。たとえば、pH が 7.0 の純水 100 mL に水酸化ナトリウム 0.200 g を加えると、pH は となる。一方、緩衝液に強酸や強塩基を少量加えても、pH の変化は小さい。たとえば、0.200 mol/L 酢酸水溶液 100 mL に水酸化ナトリウム 0.400 g を加えると、pH が の緩衝液 A となる。緩衝液 A 100 mL に水酸化ナトリウム 0.200 g を加えると、pH は となり、純水に同量の水酸化ナトリウムを加えた場合に比べ、①pH の変化は小さい。緩衝液 A にさらに水酸化ナトリウムを加えると②酢酸と水酸化ナトリウムの中和点に達する。

問4 空欄 ～ にあてはまる数字を記せ。

問5 次の(a)～(e)の混合液のうち、緩衝液に分類できるものはどれか。すべて選んで記号で答えよ。ただし、2成分の物質量は1:1の比で含まれているものとする。

(a) $\text{NaH}_2\text{PO}_4/\text{H}_3\text{PO}_4$ (b) $\text{NH}_4\text{Cl}/\text{NH}_3$ (c) $\text{NH}_4\text{Cl}/\text{HCl}$ (d) NaCl/NaOH (e) $\text{NaHCO}_3/\text{H}_2\text{CO}_3$

問6 下線部①について、緩衝液 A に水酸化ナトリウムを加えた時の pH の変化が小さい理由を、反応式を用いて説明せよ。

問7 下線部②で得られる溶液は弱塩基性を示す。この理由を反応式を用いて説明せよ。

問8 酢酸と水酸化ナトリウム水溶液の中和滴定では、終点を知るために指示薬 X が使われる。X の分子式を HA と表すと、水溶液中では下記のように電離平衡が成立している。



HA、 A^- の濃度比が 0.1 以上 10 以下の範囲にあるときに、色の変化が肉眼で確認できると仮定する。この pH 指示薬 X の色の変化が肉眼でわかる pH の値の範囲を有効数字 2 桁で求めよ。計算過程も示せ。なお、指示薬 X の電離定数は $3.2 \times 10^{-10} \text{ mol/L}$ とする。

2

〔I〕 次の炭素に関する文章を読み、各問に答えよ。

炭素は周期表 14 族に属し、原子は 個の価電子をもつ。炭素の単体には性質の異なる として、室温では電気伝導性を示さない無色透明な結晶である 、電気伝導性を示す黒色結晶である黒鉛や、あるいは黒鉛の微小結晶が不規則に集まった などが存在する。最近では、分子式 C_{60} などの球状分子である の性質が注目され、その応用展開が期待されている。

炭素の酸化物のひとつである一酸化炭素は、①熱したコークスに高温の水蒸気を送ることにより工業的につくられている。高濃度の一酸化炭素の吸入により中毒症状があらわれるため、②人体にとって猛毒な気体とされる。高温では、より安定なもうひとつの酸化物である③二酸化炭素に変わる性質がある。二酸化炭素は、生物の呼吸などでも生成し、大気中にも含まれる。工業的には、④石灰石を強熱することにより得られる。二酸化炭素の固体は、 と呼ばれ、室温では容易に し、周囲から熱を奪う性質をもつことから冷却剤などに利用されている。

問 1 空欄 ～ にあてはまる最も適切な語句あるいは数字をそれぞれ記せ。

問 2 下線部①を化学反応式で記せ。

問 3 下線部②の理由を 50 字以内で記せ。

問 4 下線部③の性質を工業的に利用した例として、鉄の精錬が挙げられる。関連する以下の問に答えよ。

4-1 一酸化炭素を用いた鉄の精錬を 1 つの化学反応式で表せ。

4-2 現在、鉄の精錬を含む製鉄過程に排出される温室効果ガスを削減する取り組みが行われている。鉄の精錬過程における排出ガスを削減するためには、どのような化学反応を用いるとよいか。100 字以内で記述せよ。

問 5 下線部④を化学反応式で記せ。

〔Ⅱ〕 次の文章を読み、各問に答えよ。

化合物⑦～⑩はいずれも異なる化合物であり、正塩もしくは酸性塩で、複塩ではない。また、以下の2つの元素群に示す元素をそれぞれ含み、元素群1からは1種類ずつ、元素群2からは1種類あるいは複数種類を組合せた組成式をもつ。化合物⑨以外は結晶水を含まない。

室温において、～はいずれも異なる気体分子であり、元素群2に示す元素のうち1種類あるいは複数種類を組合せた化学式をもつ。

〈元素群1〉 Li Na Mg Ca Mn Cu Zn Ag Pb

〈元素群2〉 H C N O S Cl

化合物⑦の水溶液に①硝酸銀水溶液を加えると白色沈殿として化合物④が生成した。化合物④はアンモニア水を過剰に加えると溶解した。洗浄した白金線の先端を化合物⑦の水溶液に浸したのち、バーナーの炎で加熱すると炎色反応がみられ、炎は橙赤色を示した。また、化合物⑦は、二水和物である化合物⑨にの水溶液を加えることにより生成した。このとき、1 molの化合物⑨に対して4 molのが反応し、1 molの化合物⑦と2 molのが発生した。

化合物④と同じ金属イオンをもつ化合物⑤を、単体金属を濃硫酸中で加熱することにより得た。この化合物⑤の生成過程には、が発生した。化合物⑤の水溶液に化合物⑦の水溶液を過剰に加えると、②白色沈殿が生じた。化合物⑤の水溶液に化合物④を加えても白色沈殿は生成した。化合物④の炎色反応の色は黄色であった。また、化合物④の固体に濃硫酸を加えて穏やかに加熱するとが発生し、化合物⑨が主生成物として得られた。

化合物⑦の水溶液にを通じると、酸性・塩基性いずれの条件下においても沈殿は得られなかった。一方、化合物⑩の水溶液にを通じると、③酸性条件下では沈殿は生成しないが、塩基性条件下では淡桃色の沈殿が生成した。

化合物⑩は、化合物⑦の陽イオンと同周期に属する金属のイオンを含む。この金属の酸化物は乾電池の正極活物質として使われており、の水溶液と反応し、の発生とともに化合物⑩を生成する。また、の水溶液は弱酸性を示し、に対して還元剤として作用する。

問6 化合物⑦～⑩の組成式をそれぞれ記せ。

問7 空欄～にあてはまる気体の名称をそれぞれ記せ。

問8 下線部①の沸点上昇度は1.04 Kであった。溶液の質量モル濃度を求めよ。ただし、水溶液中の物質は変化しないものとし、水のモル沸点上昇は0.52 K・kg/mol、水溶液中のイオンは完全に電離しているものとする。

問9 下線部②に含まれるすべての化合物を組成式で記せ。

問10 下線部③の現象が起こる理由を100字以内で記述せよ。

3

〔I〕 グルコースが脱水縮合した糖 X を使った次の実験に関する文章を読み、各問に答えよ。

なお、この実験に用いた α -グルコシダーゼ及び β -グルコシダーゼは、糖の鎖長に関係なく、それぞれ α -グリコシド結合および β -グリコシド結合を加水分解するものとする。

実験1 糖 X 5.04 mg を完全に燃焼させたところ、二酸化炭素 7.92 mg、水 2.88 mg が得られた。

実験2 糖 X を 13.4 g 溶かした水溶液 300 mL の浸透圧を測定すると、27℃で 2.21×10^5 Pa であった。

実験3 糖 X のすべての -OH 基の水素をメチル化 (-OH 基を -OCH₃ 基にする) したのち、希硫酸でグリコシド結合と、グルコースの 1 位の炭素に結合した -OCH₃ 基を加水分解した。その結果、グルコースの 2, 3, 4, 6 位の炭素に -OCH₃ 基が結合した化合物と、2, 3, 6 位の炭素に -OCH₃ 基が結合した化合物が得られた。

実験4 糖 X に①フェーリング液を加えて加熱すると、赤色沈殿が生じた。また、②酸化銀をアンモニア水で溶解した無色透明な液体に糖 X を加えて穏やかに加熱すると、容器の内壁が鏡のようになった。

実験5 糖 X を穏やかに酸化したのち、 α -グルコシダーゼで加水分解すると、糖の誘導体 A と糖 B が生成した。糖の誘導体 A に炭酸水素ナトリウムを加えると③気体が発生した。

実験6 糖 X を穏やかに酸化したのち、 β -グルコシダーゼで加水分解すると、糖の誘導体 C と糖 D が生成した。糖の誘導体 C に炭酸水素ナトリウムを加えると、実験 5 と同様に③気体が発生した。

実験7 糖の誘導体 A の分子量は糖の誘導体 C の分子量より大きかった。

問1 糖 X の組成式を記せ。計算過程も記せ。

問2 実験2より糖 X の分子量を求めよ。計算過程も記せ。

問3 下線部①, ②の反応について, イオン反応式を完成させよ。ただし, 解答欄の () 内の指示に従って a 群, b 群, c 群に示す物質が反応するものとする。必要があれば係数を記入すること。選択肢は何回使ってもよい。R は糖 X の主要部分とする。

選択肢

〈a 群〉 Cu^{2+} Cu^+ Ag^+ H^+ R-COO^- R-O^- $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]^+$ $[\text{Ag}(\text{CN})_2]^-$ $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$ $[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{3-}$ $[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{4-}$

〈b 群〉 R-CHO R-COOH R-OH NH_3 NO_2

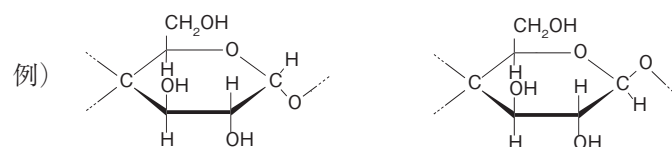
〈c 群〉 CuO Cu_2O Ag Ag_2O AgNO_3 FeCl_3 AgCl

問4 糖 B, 糖 D の名称を記せ。

問5 下線部③の化学式を記せ。

問6 糖 X 2.0 mg を α -グルコシダーゼで一部加水分解してフェーリング液を加えて加熱したところ, 赤色沈殿が 0.82 mg 生じた。糖 X の何 % が分解されたか。

問7 糖 X の構造式を記せ。グリコシド結合は α , β がわかるように書け。ただし, 糖の骨格は例のように記せ。



〔Ⅱ〕 ビニロンに関する次の文章を読み、各問に答えよ。

ビニロンは綿とよく似た性質をもつ合成繊維で、次のような工程で合成される。

工程 1 酢酸ビニルを 重合させてポリ酢酸ビニルとし、これを水酸化ナトリウム水溶液で加水分解すると、ポリビニルアルコール（略称 PVA）が得られる。

工程 2 PVA の水溶液を細孔から飽和硫酸ナトリウム水溶液中に押し出すと、 が起こって繊維状に固まる。

工程 3 この繊維をホルムアルデヒドで処理することにより、ビニロンが得られる。

問 8 空欄 , にあてはまる語句をそれぞれ記せ。

問 9 工程 1 で PVA の合成を直接ビニルアルコールから行わない理由を 50 字以内で記せ。

問 10 ポリ酢酸ビニルから PVA を合成する過程を、構造式を用いた化学反応式で記せ。ただし、重合度には n を用いること。

問 11 工程 3 では何という反応が起きているか。また、この反応が必要な理由を 100 字以内で記せ。

