

(解答はすべて解答用紙に記入すること)

第 1 問 イオン結合物質である「塩(えん)」に関する次の文章を読み、下の問い(問 1~3)に答えよ。

酸の水素イオンを他の陽イオンに置換した化合物が塩であり、すべての水素イオンを置換した塩を(ア)といい、一部のみ置換した塩を(イ)という。また、塩基の水酸化物イオンの一部を他の陰イオンで置換した塩を(ウ)といい、塩はこれら 3 種類に分類される。炭酸水素ナトリウム₍₁₎は(エ)酸と(オ)塩基からできた塩なので、その水溶液は(カ)性を示し、硫酸ナトリウム₍₂₎は(キ)酸と(ク)塩基からできた塩であるため、その水溶液は(ケ)性を示す。水と反応して酸を生じるような酸化物を[コ]、また水と反応して塩基を生じるような酸化物を[サ]という。また、酸に対しては塩基として、塩基に対しては酸として働き、いずれの場合にも塩を生じる酸化物を[シ]といい、これと同様な性質の水酸化物を[ス]という。

問 1 (ア)~(ケ)に最も適当な語句を入れよ。

問 2 下線(Ⅰ)と(Ⅱ)の塩について正しいものを、下のうちから 1 つ選んで記号で答えよ。

- (A) 下線(Ⅰ)と(Ⅱ)の塩はともに加水分解する。 (B) 下線(Ⅰ)の塩は加水分解するが、(Ⅱ)の塩は加水分解しない。
(C) 下線(Ⅰ)と(Ⅱ)の塩はともに加水分解しない。 (D) 下線(Ⅰ)の塩は加水分解しないが、(Ⅱ)の塩は加水分解する。

問 3 [コ]~[ス]に該当する物質はどれか。それぞれ下のうちからすべて選んで化学式で答えよ。ただし、該当する物質がない場合は「なし」と答えよ。

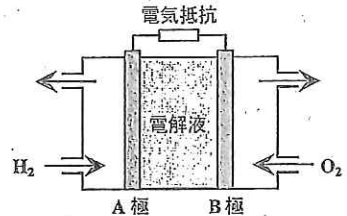
- 酸化ナトリウム 酸化バリウム 酸化亜鉛 水酸化カルシウム 水酸化銅(Ⅱ) 一酸化炭素
二酸化炭素 水酸化アルミニウム 二酸化硫黄 アンモニア 五酸化ニリン

第 2 問 次の文章を読み、下の問い(問 1~6)に答えよ。

(原子量は水素=1.00、酸素=16.0、リン=31.0、カリウム=39.0、ファラデー定数=9.65×10⁴ C/mol とする)

燃料の燃焼時に放出されるエネルギーを電気エネルギーとして取り出す装置を燃料電池という。

右図は、白金を添加した多孔質電極を用いた水素-酸素燃料電池の模式図である。



問 1 電解質にリン酸水溶液を用いたときの A 極と B 極で起こる変化を、それぞれ電子 e⁻を含むイオン反応式で書け。

問 2 電解質に水酸化カリウム水溶液を用いたときの A 極と B 極で起こる変化を、それぞれ電子 e⁻を含むイオン反応式で書け。

問 3 酸素の供給源として空気をういると副反応が生じて起電力が著しく低下していくのは、電解液が (ア)リン酸水溶液 (イ)水酸化カリウム水溶液 のどちらであるときか記号で答えよ。また、生じる副反応の化学反応式を書け。

問 4 燃料電池をある時間運転させたところ 9.00 kg の水が発生した。この電池が消費した水素と同量の水素を完全燃焼させたときに得られる熱エネルギーは何 kJ か求めよ。なお、水素の燃焼熱は 286 kJ/mol とする。

問 5 問 4 の条件で燃料電池を運転させたときの平均電圧は 0.800 V であった。この電池から得られた電気エネルギーは何 kJ か求めよ。ただし、1J=1C×1V とする。

問 6 問 4 と問 5 の結果から、燃料電池のエネルギー変換効率(燃焼で得られる熱エネルギーのうち電気エネルギーに変換された割合)は何%か求めよ。(小数点以下第 2 位を四捨五入して、小数点以下第 1 位まで求めよ)

第 3 問 次の(Ⅰ)~(Ⅴ)の文章を読み、単体の金属片 A~E にあてはまる元素を、それぞれ下のうちから 1 つずつ選んで化学式で答えよ。

- (Ⅰ) 金属片を磨くと、A と B は他の金属片と色が違った。 (Ⅱ) 密度を測定すると、A が最大で C が最小であった。
(Ⅲ) C と D は濃硝酸に溶解しないが、希硝酸に溶解した。 (Ⅳ) B と E は希硫酸に溶解しないが、熱濃硫酸に溶解した。
(Ⅴ) (Ⅲ)の希硝酸溶液を中和した後、それぞれに硫化水素を通じると D の溶液で黒色沈殿が生じた。

- 亜鉛 アルミニウム 銀 金 鉄 銅 鉛

第 4 問 次の文章の(ア)~(エ)、(カ)、(ソ)には最も適当な語句または数値を、(オ)、(キ)、(ク)には示性式にならって最も適当なイオン式を、(ケ)~(セ)には最も適当な式を入れよ。

タンパク質を加水分解すると約(ア)種類のα-アミノ酸を生じる。α-アミノ酸は一般に示性式で R-CH(NH₂)COOH (R は種類によって異なる側鎖)と表される、酸と塩基の両方の性質を示す化合物である。α-アミノ酸は(イ)以外はすべて不斉炭素原子をもち、(ウ)が存在するが、タンパク質を構成するα-アミノ酸はすべて(エ)型である。結晶中や水溶液中では、α-アミノ酸は(オ)と表される、分子内に正・負の両電荷をもつ(カ)イオンとして存在している。しかし、α-アミノ酸の水溶液は、酸性にすると(キ)と表されるイオンが増加し、塩基性にすると(ク)と表されるイオンが増加する。つまり、α-アミノ酸の水溶液では(オ)、(キ)、(ク)が平衡状態にあり、pH の変化によってその組成が変わる。そして、「これらの平衡混合物の電荷が全体としてゼロ」になっているときの pH を等電点という。ではここで、(イ)の等電点を求めてみたい。(イ)の(オ)、(キ)、(ク)に相当するイオンをそれぞれ A[±]、A⁺、A⁻に簡略化して表すと、(イ)水溶液中では(式 1)、(式 2)のような電離平衡が成り立っている。



(式 1)と(式 2)の電離定数をそれぞれ K_{a1}、K_{a2} とすると、各イオンのモル濃度を[]を用いて表すとして、K_{a1}=(ケ)、K_{a2}=(コ)となる。次に K_{a1}、K_{a2}の逆数の対数を取り、それをそれぞれ pK_{a1}、pK_{a2} と定義すると(式 3)、(式 4)となる。

$$(式 3) \quad pK_{a1} = \log_{10} \frac{1}{K_{a1}} = (サ) \quad (式 4) \quad pK_{a2} = \log_{10} \frac{1}{K_{a2}} = (シ)$$

等電点においてはイオン濃度に関して(ス)の関係が成り立っているため、(式 3)と(式 4)により、等電点は pH=(セ)と表される。なお、(イ)では pK_{a1}=2.40、pK_{a2}=9.70 であることが実験的に知られているので、(イ)の等電点は(ソ)となる。

第 5 問 次の文章を読み、下の問い(問 1~4)に答えよ。(原子量は水素=1.00、炭素=12.0、酸素=16.0、銅=64.0 とする)

デンプンは(ア)型のグルコースが縮合重合してできた多糖類で、直鎖状のアミロースと枝分かれ構造の(イ)からなっており、希酸や酵素によって加水分解される。アミロースは酵素(ウ)によって(エ)に加水分解され、さらに酵素(オ)によってグルコースに加水分解される。

デンプンをアミロースと(イ)とに分離し、アミロースを希酸で加水分解し重合体 A のみを分離した。30.0 g の A をフェーリング液と反応させたところ 6.49 g の赤褐色の沈殿物₍₁₎が得られた。また、20.0 g の A を完全に加水分解し、得られたグルコースをすべて完全燃焼したところ 340 kJ の熱が発生した₍₂₎。

問 1 (ア)~(オ)に最も適当な語句を入れよ。

問 2 下線(Ⅰ)の沈殿物を化学式で書け。

問 3 A は何個のグルコースが縮合重合したものか整数で求めよ。

問 4 下線(Ⅱ)よりグルコースの燃焼反応を熱化学方程式で書け。ただし、燃焼熱は四捨五入して整数で表すこと。