

令和5年度

理工学群化学類
私費外国人留学生入試

小論文
試験問題

注意事項

- ① 問題Ⅰ～Ⅲは別々の解答用紙に日本語で解答しなさい。
- ② 試験時間は90分です。

問題 I 次の(1)~(5)に答えよ。数値を計算する問題では、計算過程も記すこと。

- (1) モル濃度 1.0×10^{-1} mol/L の塩酸水溶液の pH を求めよ。
- (2) モル濃度 1.0×10^{-1} mol/L の酢酸水溶液の pH を求めよ。ただし、酢酸のモル濃度 $[\text{CH}_3\text{COOH}]$ [mol/L]、酢酸イオンのモル濃度 $[\text{CH}_3\text{COO}^-]$ [mol/L]、水素イオンのモル濃度 $[\text{H}^+]$ [mol/L] の値から次のように求められる値 K_a は、一定の値 1.0×10^{-5} mol/L であるとする。

$$\frac{[\text{CH}_3\text{COO}^-][\text{H}^+]}{[\text{CH}_3\text{COOH}]} = K_a \text{ [mol/L]}$$

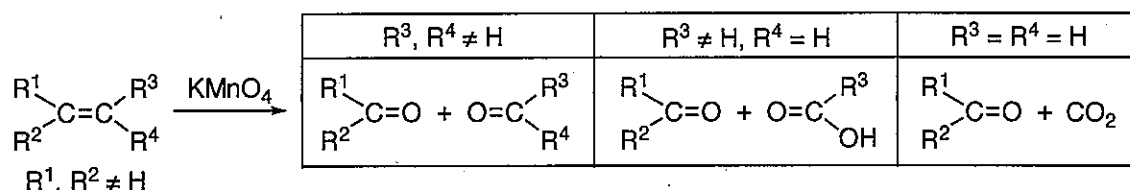
- (3) 酢酸ナトリウム水溶液は弱塩基性を示す。その理由を述べよ。
- (4) MgCO_3 と BaCO_3 の溶解度積をそれぞれ 1.0×10^{-5} mol²/L²、 8.1×10^{-9} mol²/L² とする。 Mg^{2+} と Ba^{2+} をともに 1.0×10^{-2} mol/L 含む水溶液に CO_3^{2-} を徐々に加えていく。このとき、溶液の体積に変化はないものとする。
 Ba^{2+} だけをできるだけ多く沈殿させるのに必要な CO_3^{2-} のモル濃度 [mol/L] と、 Mg^{2+} が沈殿し始めるときの Ba^{2+} のモル濃度 [mol/L] を求めよ。
- (5) メタン、シクロブタン、ホルムアルデヒドの混合気体がある。その混合気体 60 mL をとり、酸素を混ぜて全体積を 400 mL とした。その後、点火し完全燃焼させた後、残った気体を乾燥させ水を除去したところ、体積は 290 mL となった。つぎに、この気体を KOH 水溶液に通すことで気体中のある分子のみを完全に除去した。その後、気体を再び乾燥させ水を除去すると体積は 200 mL となった。ただし、上記の体積は標準状態での値であり、気体はすべて理想気体の状態方程式に従うとする。次の(i)~(iii)に答えよ。
- (i) メタン、シクロブタン、ホルムアルデヒドの燃焼の化学反応式を示せ。
- (ii) KOH 水溶液を通すことによって、除去された分子を答えよ。
- (iii) はじめの気体に含まれるメタン、シクロブタン、ホルムアルデヒドの物質量の比を求めよ。

(次ページに問題Ⅱがあります。)

問題Ⅱ 次の文章を読んで、(1)～(7)に答えよ。なお、幾何異性体は区別するものとする。また、計算に必要ならば、次の数値を用いよ。

原子量：H = 1.00, C = 12.0, O = 16.0, Cl = 35.5, Br = 80.0

アルケンを硫酸酸性の過マンガン酸カリウム水溶液を加えて加熱すると、以下に示す反応が起こる。



化合物A, B, C, Dは、いずれも分子式 C_6H_{12} で表され、二重結合を1つもつ。これらの化合物について以下の実験を行った。

実験 1

化合物 A, B, C, D それぞれに対して、硫酸酸性の過マンガン酸カリウム水溶液を加えて加熱した。化合物 A からは二酸化炭素および枝分かれのない炭素鎖をもつ化合物 E が生成した。化合物 B からは一種類の化合物 F のみが生成した。また、化合物 C からは二酸化炭素および不斉炭素原子をもつ化合物 G が生成し、化合物 D からは化合物 H および I が生成した。

実験 2

化合物 E~I それぞれに対して、水酸化ナトリウム水溶液とヨウ素を加えて加熱すると、化合物 F, H からは (a) 黄色結晶を生じた。

実験 3

化合物 E~I それぞれに対して、炭酸水素ナトリウム水溶液を加えると、化合物 E, G, I からは気体を生じた。

実験 4

化合物 C, D それぞれを白金触媒の存在下で水素と反応させると、いずれも化合物 J が生成した。

実験 5

化合物 A に対して、適切な条件のもとで X を付加させると、化合物 K が生成した。化合物 K について元素分析を行ったところ、質量パーセントは、炭素が 59.8%、水素が 10.8%であった。

実験 6

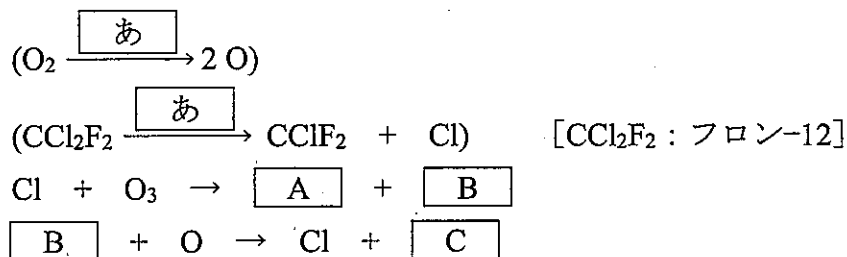
化合物 A をある条件のもとで付加重合させると、平均分子量 2.10×10^5 の高分子化合物 L が生成した。

- (1) 下線部(a)について、黄色結晶を分子式で答えよ。
- (2) 化合物 F, I をそれぞれ化合物名で答えよ。
- (3) 化合物 A, B, C をそれぞれ構造式で答えよ。また、不斉炭素原子が存在する場合には不斉炭素原子に*印をつけよ。
- (4) 化合物 D として考えられるものを全て構造式で答えよ。
- (5) 実験 4 について、化合物 C から 43.0 mg の化合物 J が生成したとすると、反応した水素の標準状態における体積[mL]を、有効数字 2 桁で求めよ。ただし、水素は理想気体とする。
- (6) X は以下の①～④のいずれかである。適切なものを①～④から 1 つ選び、番号で答えよ。
① Br₂ ② Cl₂ ③ HCl ④ H₂O
- (7) 高分子化合物 L の平均重合度を、有効数字 2 桁で求めよ。

問題 III 次の文章を読んで、(1)～(6)に答えよ。

自然界に存在する気体は、地球環境に大きな影響を与えている。(a)オゾンは、地上 20~40 km 付近にオゾン層として存在しており、生物にとって有害な太陽光線中の あ を吸収し、地表に届くのを防いでいる。フロンガスは、エアコンや冷蔵庫の冷媒などに使われてきた物質であるが、(b)オゾンの分解を促進している。現在、フロンガスの使用量を削減する努力が続けられてきた結果、オゾン層が修復され回復の見込みが発表されている。一方、(c)二酸化炭素は、大気中に 0.04% 含まれているが、太陽光によって暖められた地表面から放射される い を吸収するため、(d)地球温暖化の原因となっている。そのため、持続可能な社会の実現のために、(e)二酸化炭素排出量の削減が急務となっている。

- (1) 文中の あ と い にあてはまる語句を答えよ。
- (2) 下線部(a)に関して、以下の i), ii)に答えよ。
i) オゾンの同素体を化学式で記せ。
ii) ヨウ化カリウム水溶液にオゾンを通じたときに起こる反応を化学反応式で表せ。
- (3) 下線部(b)に関して、オゾンの分解は以下の反応式で連鎖的に起こる。式中の A、B、C にあてはまる物質を化学式で答えよ。



- (4) 下線部(c)に関して、二酸化炭素は、水にわずかに溶ける。20 °Cにおいて、 2.02×10^4 Pa の二酸化炭素に接している 500 mL の水がある。この水に溶解している二酸化炭素は標準状態に換算すると何 L か求めよ。ただし、20 °Cにおいて、 1.01×10^5 Pa の二酸化炭素は、水 1 L に 3.89×10^{-2} mol 溶けるものとする。

- (5) 下線部(d)に関して、地球温暖化の原因となっている温室効果ガスを以下の中からすべて選び、記号で答えよ。

(ア) Ar

(イ) N₂

(ウ) CH₄

(エ) NO₂

(オ) O₂

(カ) Ne

- (6) 下線部(e)に関して、二酸化炭素排出量の削減の観点から燃料電池が注目されている。燃料電池のしくみを説明し、二酸化炭素排出量を削減できる理由を答えよ。