

令和4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。

必要があれば、次の値を使うこと。

原子量	H: 1.00	C: 12.0	N: 14.0	O: 16.0	F: 19.0	Ne: 20.2
	Na: 23.0	Al: 27.0	S: 32.0	Cl: 35.5	Mn: 54.9	Fe: 55.9
アボガドロ定数	$6.00 \times 10^{23} / \text{mol}$					
気体定数	$8.31 \times 10^3 \text{ Pa} \cdot \text{L} / (\text{K} \cdot \text{mol})$					

問題 I 次の(1)～(5)に答えよ。

- (1) ネオン (Ne) の主な同位体には質量数が 20 と 22 のものがある。これら 2 種類の同位体を比較し、何が同じで何が異なるか説明せよ。
- (2) 質量数が 20 と 22 のネオンの同位体だけを考慮して、それらの存在比を計算し、整数の比で答えよ。
- (3) フッ素原子、ネオン原子、ナトリウム原子をイオン化エネルギーの順に並べ、そう考えた理由を説明せよ。
- (4) ネオンの原子半径は 0.15 nm である。以下の(i), (ii)に答えよ。
 - (i) ネオンの結晶は面心立方格子構造である。原子が接していると考えて密度を有効数字 2 桁で求め、計算過程も含め答えよ。
 - (ii) 1 気圧、27 °Cにおけるネオンでは、ネオン原子の間隔が平均で原子半径の何倍程度になっているか、有効数字 2 桁で、計算過程も含め答えよ。

問題 II 次の文章を読んで、(1)～(6)に答えよ。

(a) ベンゼン環を含む分子式 C_8H_{10} の芳香族炭化水素には 4 つの異性体 (以下、化合物 A, B, C, D とする) が存在する。 化合物 A, B, C, D, およびそれらの誘導体について以下の実験を行った。

実験 1

化合物 A, B, C にそれぞれ過マンガン酸カリウム水溶液を加えて加熱すると、化合物 A, B, C の ア 反応が起こり 2 価カルボン酸 E, F, G がそれぞれ得られた。一方、同じ条件で化合物 D の ア 反応を行うと 1 価カルボン酸 H が生成した。

実験 2

化合物 E を $230\text{ }^{\circ}\text{C}$ に加熱すると、分子内で脱水反応が起こり化合物 I が生成した。

実験 3

化合物 A, B, C をそれぞれ濃硫酸とともに加熱すると、ベンゼン環上の 1 つの水素が イ 基で ウ された化合物が生成した。化合物 A, B からはそれぞれ複数の異性体を含む混合物が生じたのに対し、化合物 C からは化合物 J のみが生成した。化合物 J を水に溶かすと、強い酸性を示した。

実験 4

化合物 J を固体の水酸化ナトリウムとともに $300\text{ }^{\circ}\text{C}$ で融解し、その反応混合物に塩酸を加えて酸性にすると化合物 K が析出した。化合物 K はほとんど水に溶けないが、(b) その希薄な水溶液に塩化鉄(III)水溶液を加えると青～紫色にわずかに呈色した。

実験 5

化合物 C に濃硫酸と濃硝酸の混合物 (混酸) を作用させると、ベンゼン環上の 1 つの水素が エ 基で ウ された化合物 L が生成した。化合物 L は酸性水溶液にも、アルカリ性水溶液にもほとんど溶けなかった。

実験 6

化合物 L に濃塩酸とスズを加えて加熱すると、 エ 基の オ 反応が進行して化合物 L の油滴が消失した。これに水酸化ナトリウム水溶液を加えてアルカリ性になると、 エ 基が カ 基に変化した化合物 M が遊離した。

- (1) 下線部(a)について4つの異性体の構造式を答えよ。化合物A, B, C, Dは区別しなくて良い。
- (2) , , にあてはまる適切な語句を答えよ。
- (3) , , にあてはまる適切な官能基の名称を答えよ。
- (4) 下線部(b)の呈色反応で検出できる有機化合物の構造的特徴を答えよ。
- (5) 化合物H, I, Lの構造式を答えよ。
- (6) 実験6において、水酸化ナトリウム水溶液を加える前は、化合物Mが反応溶液に溶けていた理由を説明せよ。

問題 III 次の文章を読んで、(1)～(6)に答えよ。

(a)鉄は、地殻中で4番目に多い元素であり、様々な用途に利用されてきた。しかし、単体の鉄は、湿った空気中に放置すると容易に酸化され、(b)赤さびを生じる。

単体の鉄を用いて、以下の実験を行った。単体の鉄に希硫酸を加えると、気体を発生しながら溶解し、水溶液 A が得られた。水溶液 A の一部に、アンモニア水を加えると(c)沈殿を生じた。また水溶液 A の別の一部に、十分な量の過酸化水素水を加えたところ、溶液の色が黄褐色に変化した。この(d)黄褐色の溶液に、さらに(e)過酸化水素水を加えたところ、気体が多量に発生した。

- (1) 下線部(a)に関して、鉄よりも地殻中に質量比で多く存在する元素3つを元素記号で記せ。
- (2) 下線部(b)の鉄を含む化合物に、アルミニウム粉末を混合して、点火した際に起こる反応を、化学反応式で示せ。
- (3) 水溶液 A 10 mL に、硫酸を加えてから、0.10 mol/L の過マンガン酸カリウム水溶液を滴下していったところ、6.4 mL で滴定の終点に達した。以下の(i), (ii)に答えよ。
 - (i) この滴定実験の水溶液中で起こっている反応を、化学反応式で示せ。
 - (ii) 滴定の結果を基に、水溶液 A 中に溶けている鉄イオンの濃度を、有効数字2桁で求め、計算過程も含め答えよ。
- (4) 下線部(c)の沈殿は何か、化学式で示せ。また沈殿の色を記せ。
- (5) 下線部(d)の水溶液中にある鉄イオンを検出するのに用いられる試薬として、最も適切なものを、以下の(ア)～(エ)から1つ選び、記号で答えよ。また、その試薬を加えた時に観察される現象を記せ。

(ア) 希硝酸

(イ) チオシアン酸カリウム

(ウ) 塩化ナトリウム

(エ) 二酸化マンガン

(6) 下線部(e)に関して、以下の(i), (ii)に答えよ。

- (i) この反応を、化学反応式で示せ。またこの反応における鉄イオンの役割を記せ。
- (ii) この反応で発生した気体を捕集するのに適した方法を、気体の性質に関連づけて説明せよ。