

令和 2 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すること。
- ② 試験時間は 90 分です。

必要があれば、以下の値を使うこと。					
原子量 H: 1.00	C: 12.0	N: 14.0	O: 16.0	S: 32.0	Cl: 35.5
Ca: 40.0	Mn: 54.9	Fe: 55.9	Br: 79.9	Sn: 119	I: 127
アボガドロ定数	$6.00 \times 10^{23} / \text{mol}$				

問題 I 次の(1)～(4)に答えよ。

- (1) 実在気体の挙動は、高圧もしくは低温において理想気体の挙動から大きく外れる。その理由を、高圧と低温に分けてそれぞれ説明せよ。
- (2) 容積 93 L の密閉容器に水 0.61 mol が存在する。この容器中の 37°Cにおける水蒸気の圧力 [Pa] を、有効数字 2 桁で求めよ。
ただし、37°Cでの飽和水蒸気圧は $6.3 \times 10^3 \text{ Pa}$ とする。また、 $0 \text{ K} = -273^\circ\text{C}$ 、
気体定数 $R = 8.31 \times 10^3 \text{ Pa} \cdot \text{L} / (\text{K} \cdot \text{mol})$ を用いよ。
- (3) ボルタ電池の起電力は、電池の放電とともに低下する。その理由を述べよ。
- (4) 密閉した容器に水素 4.5 mol とヨウ素 4.5 mol を入れ、ある温度 T に保った。
その結果、ヨウ素は全て気化し、ヨウ化水素が 7.0 mol 生じて平衡状態になった。次の問いに答えよ。
 - i) 気体のヨウ素と水素からヨウ化水素が生じる反応を、反応式で示せ。
 - ii) 水素とヨウ素の反応が平衡状態に達するまでに、正反応と逆反応の速度が時間経過に伴ってどのように変化するか、説明せよ。
 - iii) 温度 T での平衡定数を有効数字 2 桁で求めよ。
 - iv) 温度 T に保ちながら、この反応容器にさらに水素 1.8 mol とヨウ素 1.8 mol を加えたところ、新たな平衡状態に達した。この時のヨウ化水素の物質量を有効数字 2 桁で求めよ。

問題Ⅱ 次の文章を読んで、(1)～(6)に答えよ。

アセチレンは、工業的にはメタンや石油に含まれる炭化水素などを熱分解してつくるが、実験室では^(a)炭化カルシウムに水を加えてつくる。触媒を用いて^(b)アセチレンに酢酸を付加させると、酢酸ビニルが得られる。さらに、酢酸ビニルを付加重合させると^(c)ポリ酢酸ビニルが得られる。^(d)ポリ酢酸ビニルをアルカリ性条件下で加水分解すると、水溶性のポリビニルアルコールが得られる。一方で、^(e)ビニルアルコールを原料に用いてポリビニルアルコールを合成することはできない。

(1) 下線部(a)の反応を化学反応式で示せ。

(2) 下線部(b)に関連して、酢酸と酢酸ビニルを区別するための試薬として最も適したものを以下の選択肢ア～エから選び、記号で答えよ。また、選んだ試薬を酢酸および酢酸ビニルに作用させた際にどのような違いが観察されるか、説明せよ。

ア：さらし粉水溶液

イ：臭素水

ウ：ニンヒドリン水溶液

エ：フェーリング液

(3) 下線部(c)のポリ酢酸ビニルの構造式を示せ。

(4) 下線部(d)に関連して、平均重合度 1000 のポリ酢酸ビニル中に存在するエステル結合の一部を加水分解したところ、平均分子量 5.45×10^4 の水溶性高分子化合物が得られた。全体の何%のエステル結合が加水分解されたと考えられるか、有効数字 2 桁で求めよ。計算過程も示すこと。

(5) 下線部(e)の理由を説明せよ。

(6) 以下の高分子化合物ア～オの中から付加重合とは異なる重合方法で合成されるものを全て選び、記号で答えよ。また、選んだ高分子化合物の原料となる単量体を、構造式で示せ。

ア：ナイロン6

イ：ポリアクリロニトリル

ウ：ポリエチレン

エ：ポリエチレンテレフタレート

オ：ポリ塩化ビニル

問題Ⅲ 次の文章を読んで、(1)～(4)に答えよ。

金属元素は様々な酸化数をとることから、多様な酸化還元反応を示す。例えば、(a)過マンガン酸カリウムは非常に強い酸化剤であり、硫酸酸性水溶液中でシュウ酸と反応させることで二酸化炭素を生じる。一方、(b)単体のスズは塩酸酸性条件下でニトロベンゼンを還元し、アニリン塩酸塩を与える。また、(c)単体の鉄も比較的酸化されやすく、硫酸と反応することで鉄(II)イオンを生じる。鉄(II)イオンの水溶液に(ア)の水溶液を加えると、ターンブルブルーと呼ばれる濃青色の沈殿を生じる。

(1) 下線部(a)に関して、次の問いに答えよ。

- i) 硫酸酸性の 0.10 mol/L 過マンガン酸カリウム水溶液 20 mL を濃度不明のシュウ酸水溶液で滴定したところ、反応の終点までに 25 mL を要した。シュウ酸水溶液の濃度を有効数字 2 桁で求めよ。
- ii) i) の滴定実験で、終点までに生じる二酸化炭素の物質量を有効数字 2 桁で求めよ。
- iii) 過マンガン酸カリウムの水溶液を酸性にする場合、一般に硫酸をもちいる。塩酸がこの用途に適さない理由を説明せよ。
- iv) 気体の二酸化炭素、一酸化炭素、アンモニアを捕集する方法として、最も適切なものをそれぞれ以下の(a)～(c)から選び、記号で答えよ。
(a) 上方置換 (b) 下方置換 (c) 水上置換

(2) 下線部(b)の反応で、1.0 mol のニトロベンゼンを還元するのに理論上必要なスズの物質量を有効数字 2 桁で求めよ。

(3) 下線部(c)に関連して、次の問いに答えよ。

- i) 鉄に亜鉛をメッキしたトタンはさびにくい。さらに、傷がついて鉄が露出した場合でもさびを防止する効果がある。これらの理由を説明せよ。
- ii) 下線部(c)の反応で生成する無色の気体を、化学式で記せ。
- iii) 単体の銅に濃硫酸を加えて加熱すると、無色の気体が生じる。この反応を化学反応式で表せ。

(4) (ア) にあてはまる最も適切な化合物を化学式で示せ。また、(ア) の水溶液中に存在する錯イオンの立体構造を図示せよ。