

令和6年度第3年次編入学選抜 化学問題冊子

注意事項

1. 監督者の指示があるまで、この問題冊子を開いてはいけない。
2. 解答用紙には、必ず本学部の受験番号を所定の場所に記入すること。
3. 解答は、問題番号に対応する解答用紙に記入すること。
4. 解答用紙の中の※印欄には記入しないこと。
5. 試験終了後、問題冊子は持ち帰ること。

化学 問題

1 次の文章を読み、以下の問1～問4に答えなさい。

カルノーサイクルでは、熱機関への熱の流入と排出に伴う4つの可逆過程（等温膨張過程（ $A \rightarrow B$ ）、断熱膨張過程（ $B \rightarrow C$ ）、等温圧縮過程（ $C \rightarrow D$ ）、断熱圧縮過程（ $D \rightarrow A$ ））を通して熱エネルギーが仕事に変換される。

問1 カルノーサイクルを解答用紙の P - V 図（ P は圧力、 V は体積）上に示しなさい。なお、各状態 $A \sim D$ を黒丸をつけて、4つの可逆過程、熱機関が放出する熱量 q_1 および受け取る熱量 q_2 を、矢印をつけて図示すること。また、このカルノーサイクルが $ABCD$ の順に一巡した時にする仕事 W に相当する領域を、 P - V 図上に斜線で示しなさい。

問2 カルノーサイクルが $ABCD$ の順に一巡した時、このカルノーサイクルの熱効率 γ は $\gamma = 1 - q_1 / q_2$ で表すことができる。その理由を答えなさい。

問3 図1の複合機関は、可逆機関と不可逆機関の2つの熱機関からなり、可逆機関では仕事 W を受けることによる低温熱源から高温熱源への熱の移動が、また、不可逆機関では高温熱源から低温熱源への熱の移動により生成される仕事 W' を表している。

カルノーの定理によれば、不可逆機関の熱効率 γ' は、必ず可逆機関の熱効率 γ を下回る。図1の複合機関を用い、複合機関の全仕事を W^* 、低温熱源に与えられる全熱量を Q^* として、これを証明しなさい。ただし、 $Q_2' = Q_2 > 0$ とする。

問4 カルノーの定理によれば、可逆機関の最大効率は、作業物質にはよらず、2つの熱源の温度のみで決定される。図1の複合機関の2つの熱機関が共に可逆機関であると仮定することで、これを証明しなさい。

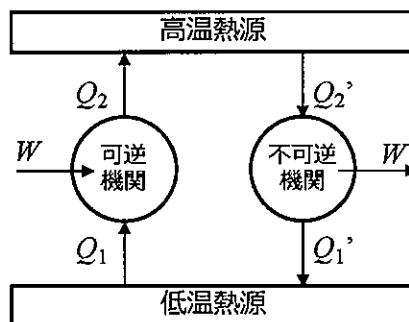


図1. 可逆機関と不可逆機関の2つの熱機関からなる複合機関。
 Q_1, Q_2, Q_1', Q_2' は熱量を、 W, W' は仕事を表す。

化学 問題

2 次の文章を読み、以下の問1～問7に答えなさい。

(a)銅(II)を含む水溶液に過剰のヨウ化カリウムを加えると、銅(II)は還元されて銅(I)となり、ヨウ素が生じる。この生じたヨウ素を還元剤で滴定すれば、銅(II)を定量することが可能であり、この滴定では(b)還元剤としてチオ硫酸ナトリウム($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$)を用いる。この滴定の(c)指示薬は最初から加えるのではなく、終点が近くなってから加える。なお、(d)チオ硫酸イオンは、酸性溶液中で不均化が促進され、亜硫酸水素イオンと硫黄になるため、(e)水溶液を調製する際には注意が必要である。

問1 滴定における当量点と終点について、それぞれ説明しなさい。

問2 下線部(a)について、硫酸銅(II)とヨウ化カリウムとの化学反応式を書きなさい。

問3 下線部(b)について、ヨウ素とチオ硫酸イオンとのイオン反応式を書きなさい。なお、チオ硫酸イオンは、この反応で $\text{S}_4\text{O}_6^{2-}$ に酸化される。

問4 下線部(c)について、使用される指示薬を書きなさい。また、終点が近くなってから加える理由を書きなさい。

問5 下線部(a)について、ヨウ化カリウムを加える量が当量よりも少なかった場合、どのようなことが起きると予測されるか、書きなさい。

問6 下線部(d)のイオン反応式を書きなさい。

問7 下線部(e)について、水溶液を調製する際には精製した水を使用するが、しばらく保管してあった精製水を使用する場合には、溶液を調製する前に行うべき操作がある。どのような操作を行えばよいか、理由とともに書きなさい。

化学 問題

3 以下の問1と問2について答えなさい。

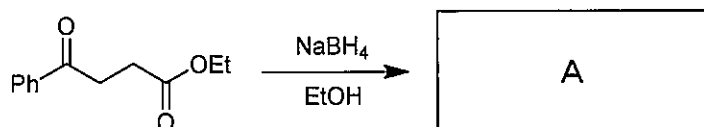
問1 Friedel-Crafts 反応について、以下の(1)～(5)に答えなさい。

- (1) ベンゼンにクロロエタンと塩化アルミニウム(III)を作用させたところ、二置換体が得られた。主生成物(複数の可能性もある)の構造式を示すとともに、その化合物が主として得られる理由を簡潔に説明しなさい。
- (2) ベンゼンに塩化アセチルと塩化アルミニウム(III)を作用させたところ、二置換体が得られた。主生成物(複数の可能性もある)の構造式を示すとともに、その化合物が主として得られる理由を簡潔に説明しなさい。
- (3) ベンゼンにクロロエタンと塩化アルミニウム(III)を作用させた場合、あるいはベンゼンに塩化アセチルと塩化アルミニウム(III)を作用させた場合、一置換体を容易に得られるのはどちらの場合かを、その理由とともに答えなさい。
- (4) ベンゼンに1-クロロプロパンと塩化アルミニウム(III)を作用させたところ、一置換体が得られた。主生成物の構造式を示すとともに、その化合物が主として得られる理由を簡潔に説明しなさい。
- (5) ベンゼンから *m*-プロピルベンゼンを合成したい。効率的な合成方法のスキームを簡潔に示しなさい。

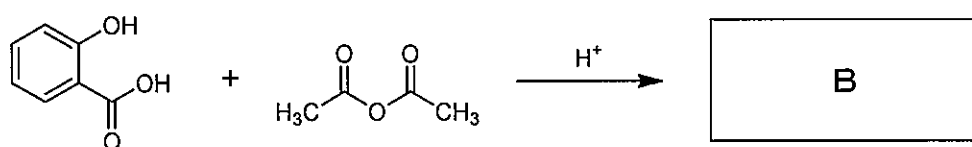
化学 問題

問 2 以下の (1) ~ (3) の各反応の主生成物 A~C の構造式を, 必要があれば立体が明らかとなるように答えなさい。また, その構造の化合物が得られる理由を簡潔に説明しなさい。

(1)



(2)



(3)

