

2020年度入学試験問題

化 学

注 意 事 項

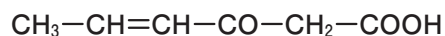
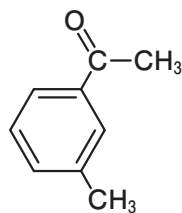
1. この問題冊子は、試験開始の合図があるまで開いてはいけません。
2. 解答用紙は問題冊子とは別になっています。解答は解答用紙の指定されたところに記入下さい。それ以外の場所に記入された解答は、採点の対象となりません。解答用紙は4枚あります。
3. 本学の受験番号をすべての解答用紙の指定されたところへ正しく記入下さい。氏名を書いてはいけません。
4. この問題冊子は、表紙を含めて12ページあります。問題は4ページから10ページにあります。ページの落丁・乱丁及び解答用紙の汚れ等に気付いた場合は、監督者に申し出下さい。
5. 問題冊子の余白等は適宜利用しても構いませんが、どのページも切り離してはいけません。
6. この問題冊子は持ち帰り下さい。

問題の解答に必要なならば、以下の数値を用い下さい。

原子量 H : 1.0 C : 12.0 N : 14.0 O : 16.0 Cl : 35.5 Ca : 40.1 Ag : 107.9

化合物の構造式を答える場合には、記入例にならって示して下さい。

(記入例)



2020年度 入学試験問題（前期日程）  
問題訂正および補足説明  
「化学」

【問題冊子】

■問題訂正

- 7 ページ ② (3) (e) 1行目  
(誤) 「温度を 330°Cとして」  
(正) 「温度を一定として」

■補足説明

- 4 ページ ① (1) (c)  
「ただし、アンモニウムイオンの生成は無視できるものとする。」
- 4 ページ ① (2) (b)  
「なお、この溶液は希薄溶液とみなす。」

1 以下の設問(1), (2)に答えよ。

(1) 次の文章を読み, 問(a)~(d)に答えよ。

溶液の濃度を表すとき, 質量パーセント濃度, モル濃度, 質量モル濃度といった異なる表し方が目的に応じて用いられる。質量パーセント濃度は, (ア)の質量に対する溶質の質量の割合を百分率で表したものである。モル濃度は, 1 Lの(イ)中に溶けている溶質の量を物質量で表したものである。質量モル濃度は, 1 kgの(ウ)中に溶けている溶質の量を物質量で表したものである。

- (a) 空欄(ア)~(ウ)にあてはまる適切な語句を答えよ。
- (b) 上記3種類の濃度の表し方のうち, 濃度の値が温度によって変化するものをすべて答えよ。ただし, 加熱による溶媒の蒸発は無視できるものとする。
- (c) アンモニア水溶液 15.0 mL に水を加えてうすめ, 0.500 L とした。うすめた後の溶液のモル濃度は 0.125 mol/L であった。うすめる前の溶液のモル濃度はいくらか。有効数字3桁で答えよ。
- (d) 市販の濃塩酸(質量パーセント濃度 36.5 %, 密度 1.18 g/cm<sup>3</sup>)を用いて, モル濃度が 0.100 mol/L の塩酸を 2.50 L つくりたい。市販の濃塩酸を何 mL 取ればよいか。有効数字3桁で答えよ。計算過程も記すこと。

(2) 次の文章を読み, 問(a)~(e)に答えよ。

固体の塩化カルシウムは, 吸湿性が強く, ①空気中に放置すると, 空気中の水分を吸収して溶解する。また, 冬季には道路の②凍結防止剤として用いられる。

塩化カルシウム二水和物(CaCl<sub>2</sub>·2H<sub>2</sub>O)を水に溶かし, ③その水溶液に硝酸銀水溶液を加えると, 白色沈殿が生じた。しばらく静置したあと, ④上澄み液に1滴の硝酸銀水溶液を加えても, 沈殿はほとんど生じなかった。白色沈殿をろ過, 洗浄, 乾燥したのち, 質量を測定すると 7.17 g であった。

- (a) 下線部①の現象を何というか答えよ。
- (b) 下線部②と関連して, 凝固点が -3.70 °C となる塩化カルシウム水溶液の質量モル濃度はいくらか。有効数字3桁で答えよ。ただし, 水のモル凝固点降下は 1.85 K·kg/mol とし, 塩化カルシウムは完全に電離するものとする。
- (c) 下線部③の沈殿を生じる化学変化を, 化学反応式で示せ。
- (d) 下線部④の操作のあと, 上澄み液中の銀イオンのモル濃度は  $1.0 \times 10^{-3}$  mol/L であった。白色沈殿の溶解度積が  $1.8 \times 10^{-10}$  (mol/L)<sup>2</sup> のとき, 上澄み液中の塩化物イオンのモル濃度を有効数字2桁で答えよ。
- (e) 水に溶かした塩化カルシウム二水和物の質量を有効数字3桁で答えよ。白色沈殿は全量が回収できたものとせよ。上澄み液に残った塩化物イオンは無視してよい。計算過程も記すこと。

2 次の文章を読み、設問(1)～(5)に答えよ。

窒素は生物に必須の元素の一つである。空気中の窒素は窒素原子同士が強く化学結合しているため、直接アミンなどの含窒素化合物に転換することは困難である。そのため、人工肥料や医薬品等の合成に利用するときには、①窒素を一度②アンモニアに転換している。工業的には、鉄系触媒を用いて③アンモニアは窒素と水素から合成される。この化学反応のエネルギー変化は下図のように表される。

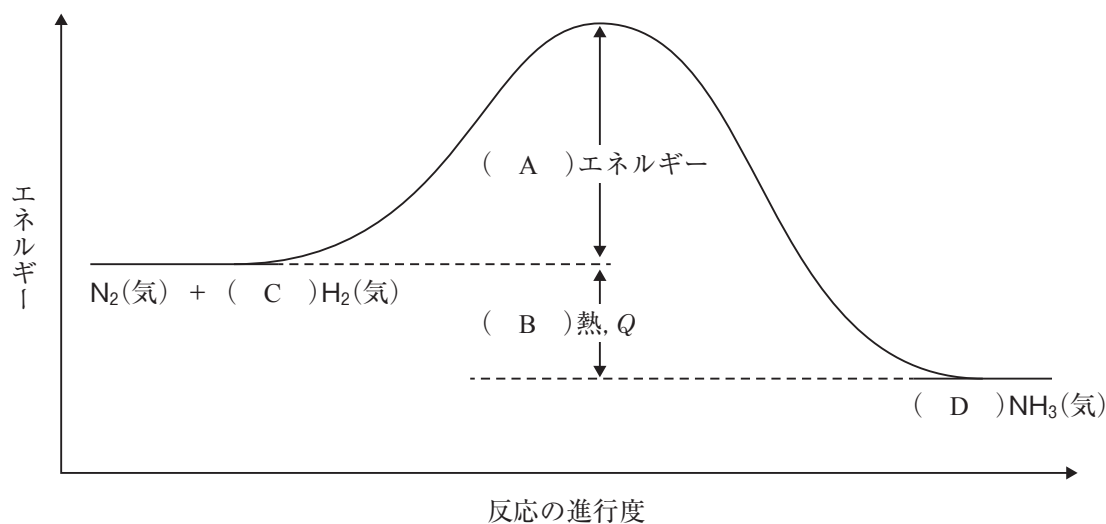


図. アンモニア合成反応におけるエネルギー変化

この反応は、分子の総数が減少する反応であり、かつ(ア)熱反応である。したがって、アンモニアの収率を高くするためには、(イ)の原理に基づくと、圧力を(ウ)くし、温度を(エ)くすればよい。

アンモニアは水に溶解すると、(オ)性を示す。少量のアンモニア水を硫酸銅(Ⅱ)水溶液に加えると、④青白色の沈殿が生じる。さらに、アンモニア水を多量に加えると⑤沈殿は再び溶解する。

- (1) 下線部①と②の分子の電子式を示せ。
- (2) 文章中の(ア)～(オ)にあてはまる適切な語句を答えよ。
- (3) 下線部③について以下の問(a)～(e)に答えよ。
  - (a) 図中の( A ), ( B )にあてはまる適切な語句, ( C ), ( D )にあてはまる適切な数字を答えよ。
  - (b) H—H, N—H の結合エネルギーをそれぞれ 436 kJ/mol, 391 kJ/mol とする。また、窒素 1 mol あたりの  $Q$  を 92 kJ とする。このとき、ヘスの法則を用いて窒素分子の結合エネルギーを計算せよ。計算過程も記すこと。

- (c) 図中のアンモニア合成反応について考える。窒素, 水素, アンモニアの分圧をそれぞれ  $p_{\text{N}_2}[\text{Pa}]$ ,  $p_{\text{H}_2}[\text{Pa}]$ ,  $p_{\text{NH}_3}[\text{Pa}]$  とするとき, アンモニア生成の圧平衡定数  $K_p$  を表す式を示せ。単位も記すこと。
- (d) 反応容器の容積と温度を一定に保ちながら, 窒素 11.5 mol と水素 8.5 mol を反応させた。平衡状態に達した時の圧力は反応開始時の圧力の 0.75 倍になった。このときの窒素の分圧は水素の分圧の何倍になるか計算せよ。有効数字 2 桁で答えよ。ただし, 窒素, 水素, アンモニアはすべて理想気体としてふるまうものとする。計算過程も記すこと。
- (e) 上記(d)の条件で温度を 330 °C として平衡に達するまで放置したところ, 反応容器中の水素の分圧は  $1.0 \times 10^6 \text{ Pa}$  となった。このときのアンモニア生成の圧平衡定数  $K_p$  の値を計算せよ。有効数字 2 桁で答えよ。計算過程, 単位も記すこと。
- (4) 下線部④の沈殿が生じる変化を, イオン反応式で示せ。
- (5) 下線部⑤の変化を, イオン反応式で示せ。

**3** 次の文章を読み、設問(1)～(4)に答えよ。

ベンゼンの一置換体  $C_6H_5-X$  に置換反応をさらに行う場合、置換基  $-X$  の種類によって次の置換反応の起こりやすい位置が決まる。たとえば、 $-X$  がアルキル基やヒドロキシ基である場合はオルト位とパラ位に置換反応が起こりやすく、 $-X$  がカルボキシ基やニトロ基である場合はメタ位に置換反応が起こりやすい。このような性質を配向性という。

常温でトルエンに①混酸(濃硝酸と濃硫酸の混合物)を加えると、構造異性体である化合物 A および化合物 B がおもに得られた。化合物 A および B のベンゼン環の水素原子 1 個を塩素原子で置換すると、それぞれ化合物 A からは 4 種、化合物 B からは 2 種の異性体を得られる。化合物 A にスズと濃塩酸を加え加熱すると化合物 C が得られた。化合物 C に水酸化ナトリウム水溶液を加えると化合物 D が遊離した。化合物 D を希塩酸に溶かし、氷冷しながら亜硝酸ナトリウム水溶液を加えた。その後、温度を上げると窒素および塩化水素が生じ、化合物 E が得られた。化合物 B に②過マンガン酸カリウム水溶液を加えて加熱した後、希硫酸を作用させると化合物 F が得られた。

- (1) 化合物 A の名称を答えよ。
- (2) 化合物 A, B, C, D, E, F の構造式を示せ。
- (3) トルエンに最初下線部②の操作を行い、次に加熱しながら下線部①の操作を行うと、1 種類の生成物 G がおもに得られた。生成物 G の名称および構造式を示せ。
- (4) 化合物 B, D, E, F を溶解したジエチルエーテル溶液がある。分液ろうとを用いて図のように分離操作を行った。化合物(ア)～(エ)は化合物 B, D, E, F のいずれか。それぞれ記号で答えよ。

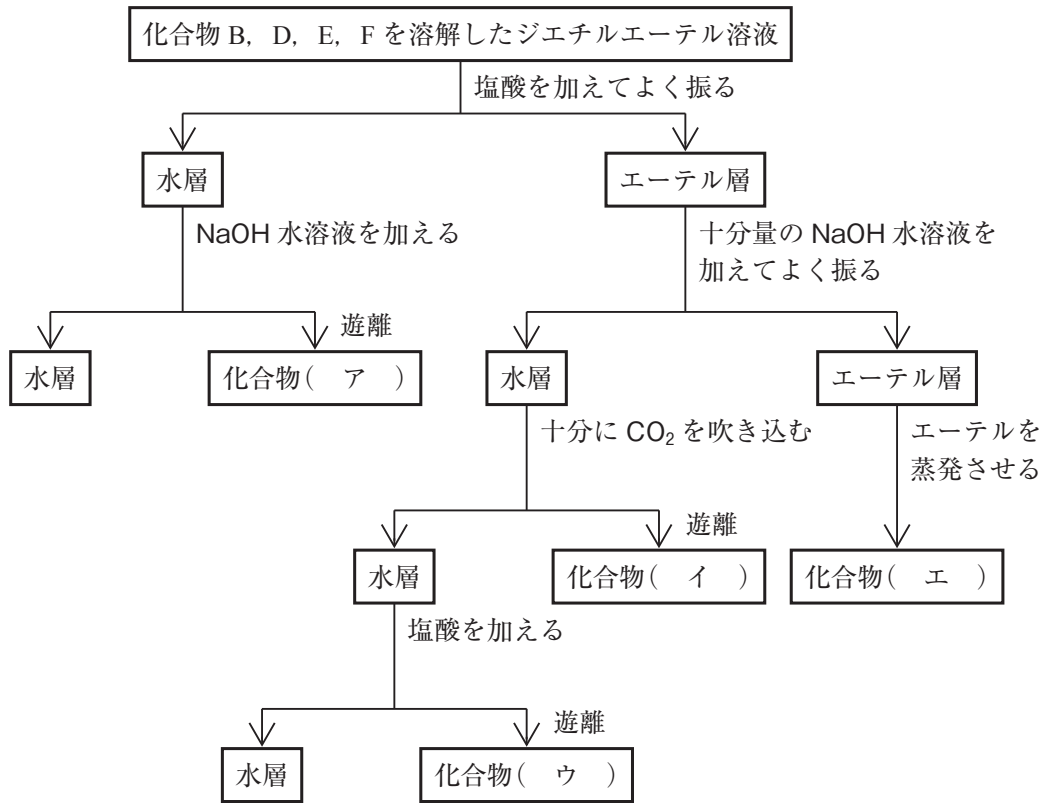


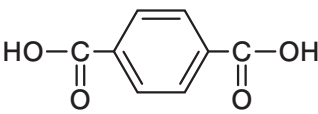
図. 分離操作

4 次の文章を読み、設問(1)～(8)に答えよ。

芋などに含まれるデンプンは、炭水化物の代表的な天然高分子化合物である。デンプンは単糖類の(ア)を単位として(イ)によって連結した重合体である。一方で、(ウ)の重合体は植物の細胞壁を構成している(エ)である。(ア)と(ウ)は互いに立体異性体である。①デンプンはヒトの体内にある酵素によって分解されるが、(エ)はヒトの酵素では分解されない。

食品には微生物による発酵を用いてつくられるものがある。たとえば、つけ物の製造では②乳酸菌の働きで糖類から乳酸ができ、酒類の醸造では③酵母の働きで糖類からエタノールができる。近年、乳酸やエタノールは多方面での用途が期待されている。たとえば、乳酸を重合させることで④ポリ乳酸が得られる。ポリ乳酸は、⑤生分解性(自然界の酵素による分解性)があるため、⑥合成高分子化合物のPET(ポリエチレンテレフタレート)に代わる食品トレイとして利用されている。

- 空欄(ア)～(エ)にあてはまる適切な語句を答えよ。
- 下線部①について、デンプンをアミラーゼによって分解すると二糖が得られる。この二糖の構造式を示せ。
- 下線部②は乳酸発酵とよばれる。デンプンを構成する単量体 1 mol から 2 mol の乳酸が生成する反応を、化学反応式で示せ。
- 下線部③はアルコール発酵とよばれる。デンプンを構成する単量体を原料としたアルコール発酵を、化学反応式で示せ。
- 下線部④の構造式を示せ。なお、重合度は  $n$  と表記せよ。
- 下線部④に関して、あるポリ乳酸の分子量が 8010 であった。このポリ乳酸の重合度を整数で答えよ。
- 乳酸には L-乳酸と D-乳酸の鏡像異性体がある。下線部⑤に関して、L-乳酸のみを重合したポリ乳酸は、D-乳酸のみを重合したポリ乳酸よりも酵素によって分解されやすい。その理由を 60 字以内で説明せよ。
- 下線部⑥に関して、PET、ナイロン 66、ビニロンの各合成繊維の原料として適切な化合物の組み合わせを下記 A～Fの中から答えよ。なお、一つの記号を 2 回以上選べないものとする。

A	B	C
	$\text{H}_2\text{C}=\text{CH}-\text{O}-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{CH}_3$	$\text{HO}-(\text{CH}_2)_2-\text{OH}$
D	E	F
$\text{H}_2\text{N}-(\text{CH}_2)_6-\text{NH}_2$	$\text{H}-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{H}$	$\text{HO}-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-(\text{CH}_2)_4-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{OH}$