

令和 6 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。解答はすべての解答用紙の指定されたところに記入しなさい。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しなさい。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 11 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、監督者に申し出なさい。
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なさい。

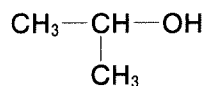
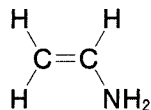
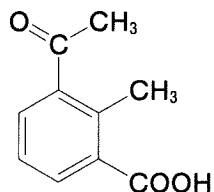
問題の解答に必要ならば、以下の数値を用いなさい。

原子量 $H: 1.0 \quad C: 12.0 \quad O: 16.0$

気体定数 $R = 8.3 \times 10^3 \text{ Pa} \cdot \text{L} / (\text{K} \cdot \text{mol})$

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なさい。

(記入例)



1 次の文章を読み、設問(1)～(8)に答えよ。

① 一般的な分子やイオンよりも大きなサイズの粒子はコロイド粒子とよばれ、コロイド粒子が均一に分散している状態、あるいはその物質をコロイドという。コロイド粒子が分散している溶液をコロイド溶液、または(ア)とよぶ。デンプンやタンパク質などの高分子化合物は分子が大きく、分子1個がコロイド粒子となる。このような粒子が分散したコロイドを(イ)という。また、硫黄のコロイドのように分子が多数集まり、コロイド粒子の大きさになって分散したものを(ウ)という。セッケンなどの界面活性剤を水に溶かすと、ある濃度以上で疎水基を内側、親水基を外側に向けて分子が集まったコロイド粒子ができる。このような粒子が分散したコロイドを(エ)という。コロイド粒子を分散させている物質を分散媒、分散しているコロイド粒子を分散質という。

② コロイドは、分散媒と分散質の組合せによって分類される。特に、分散媒が液体で分散質が固体のコロイドは(オ)とよばれる。また、分散媒が液体で分散質も液体のコロイドは(カ)という。コロイド溶液に横から強い光を当てると、その光の通路が明るく見え、この現象は(キ)とよばれる。

水酸化鉄(Ⅲ)や粘土のコロイド粒子は水との親和性が小さい。これらを含むコロイド溶液を疎水コロイドという。疎水コロイドのコロイド粒子はそれぞれ同種の電荷を帯び、その反発力で水中に分散している。③ 塩化鉄(Ⅲ)の水溶液を沸騰水に加えて生じる水酸化鉄(Ⅲ)のコロイド溶液に硫酸ナトリウム水溶液を少量加えたときに、コロイド粒子が集合して沈殿する現象を〔あ〕という。一方、ミセルやデンプンなどのように水中に安定に分散したコロイドは親水コロイドとよばれる。親水コロイドに多量の電解質を加えたときに、水和水が奪われて集合して沈殿する現象を〔い〕という。

コロイド粒子は半透膜を透過することができない。それを確認するため、図1のように断面積が一定のU字管を半透膜でAとBの区画に仕切り、片側にデンプン水溶液、もう一方に純水を入れて放置する実験を行った。④ AとBの区画を同じ温度に保ち、十分に時間が経過してから観察したところ、 h [cm]の液面の高さの差が生じた。

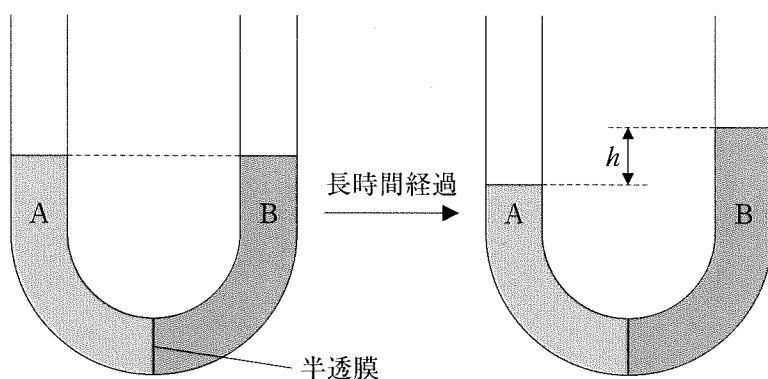


図1 半透膜と浸透圧

- (1) 下線部①について、コロイド粒子のサイズのおおよその範囲として適当なものをひとつ選び、番号で示せ。

1 : $10^{-9} \sim 10^{-6}$ m 2 : $10^{-4} \sim 10^{-1}$ m 3 : $10^1 \sim 10^4$ m 4 : $10^5 \sim 10^9$ m

- (2) 文中の(ア)～(キ)に最も適した語句を記入せよ。

- (3) 適切な〔 あ 〕と〔 い 〕の組合わせを下記の1～4から選び、番号で示せ。

1 : あ. 凝析, い. 塩析 2 : あ. 塩析, い. 凝析

3 : どちらも凝析 4 : どちらも塩析

- (4) 下線部②について、下記のすべてのコロイドについて、分散媒と分散質の組合せが正しくなるよう、表内の適切な位置に配置せよ。該当するものがない場合は、表は空欄のままでよい。

〔色ガラス, 墨汁, ゼリー, マヨネーズ, セッケンの泡, 煙〕

- (5) 下線部③について、このコロイド粒子は正と負のどちらに帯電しているかを答えよ。また、下記の選択肢に記されたイオンについて、このコロイドを最も沈殿させやすいものを選び。

〔選択肢 : Ca^{2+} , Na^+ , Cl^- , SO_4^{2-} 〕

- (6) 疎水コロイドに一定量以上の親水コロイドを加えると、どのような性質をもつコロイド溶液になるか。40字以内で答えよ。

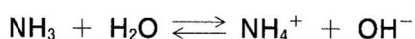
- (7) 図1で、デンプン水溶液が入れられたのは、AとBのどちらの区画か。また、Aの区画の液面が下がり、Bの区画の液面が上昇した理由を、『水』と『デンプン』の語句を用いて40字以内で説明せよ。

- (8) 下線部④について、十分な時間が経過したときの、この液面の高さの差 h [cm] に相当する液柱の圧力は 750 Pa であった。この圧力値はその時点でのデンプン水溶液の浸透圧に等しい。一般に、浸透圧は液面の高さの差と溶液の密度の積に比例することが知られている。水とデンプン水溶液の密度がともに 1.00 g/cm^3 であるとして、液面の高さの差 h [cm] を有効数字2桁の数値で求めよ。なお、大気圧は $1.00 \times 10^5 \text{ Pa}$ とし、その時の水銀柱の高さは 76.0 cm である。水銀の密度は 13.6 g/cm^3 であり、デンプン水溶液は希薄溶液とみなす。

2 次の文章を読み、設問(1)～(6)に答えよ。必要に応じて、 $\sqrt{1.84} = 1.4$ を用いよ。

アンモニア NH_3 は化学肥料の原料として重要な化学物質である。20 世紀初頭に、ドイツのハーバーとボッシュらは、高温・高压条件下で酸化鉄を主成分とする固体触媒を用いると、窒素 N_2 と水素 H_2 から NH_3 を効率良く合成できることを発見した。① N_2 と H_2 は固体触媒の表面に吸着されて反応を起こしやすい状態になり、反応してできた NH_3 は固体触媒表面から離れる。② 1 mol の気体の窒素がすべて気体の水素と反応すると、気体の NH_3 が生成し 92 kJ の熱が発生する。この反応は分子の総数が (ア) する反応である。したがって、(イ) の原理に基づくと、反応温度を (ウ) くするほど、あるいは圧力を (エ) くするほど、 NH_3 の生成率を高めるのに有利となる。

NH_3 は水に溶解すると、その一部は水と反応し電離して次のような平衡状態となる。



25℃における NH_3 の電離定数 K_b を $2.3 \times 10^{-5} \text{ mol/L}$ とする。ここで、未知濃度のアンモニア水 80 mL を、ビュレットを用いて 0.16 mol/L 塩酸 (HCl 水溶液) で滴定した。得られた混合水溶液の pH を測定したところ、③ 図 2 に示す滴定曲線が得られた。

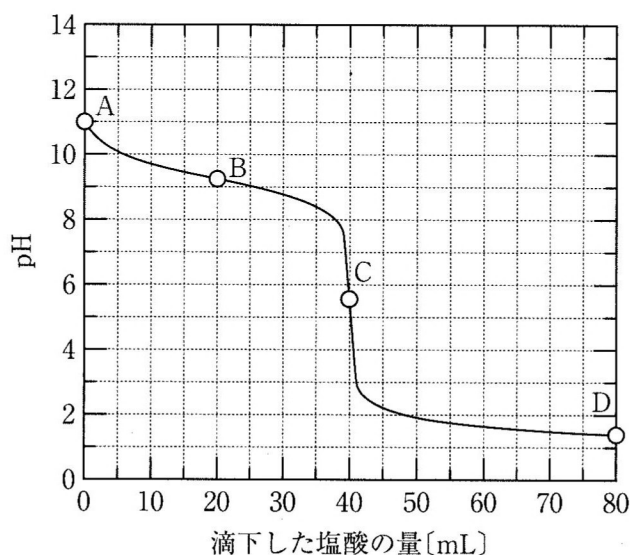


図 2 測定した滴定曲線

グラフの B 点付近では、 NH_3 と塩化アンモニウム NH_4Cl のモル濃度がほぼ等しい混合水溶液となり (オ) 作用を示すため、塩酸を滴下しても水溶液の pH は大きく変化しなかった。一方、④ グラフの C 点は滴定の中和点となり、その前後で pH は大きく変化した。⑤ グラフの D 点は強い酸性を示した。

(1) 空欄 (ア) ～ (オ) にあてはまる適切な語句を答えよ。

(2) 下線部①の NH_3 を合成する反応について、以下の問い(a)～(c)に答えよ。

(a) 図 3 は、触媒がないときの NH_3 生成の反応経路とエネルギーの変化を示す。図中の (あ) にあてはまる適切な語句を答えよ。

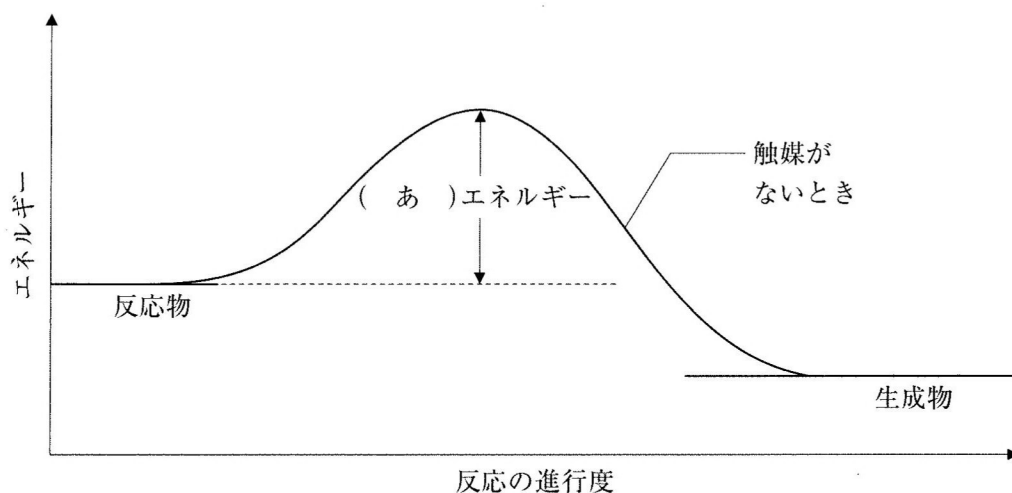


図3 NH_3 を合成する反応におけるエネルギー変化

- (b) 触媒があるとき、 NH_3 を合成する反応の(i)(あ)エネルギー、(ii)反応熱、(iii)平衡状態、(iv)平衡に達するまでの時間がそれぞれどのように変化するか、解答欄中の語句から適切な語句を丸で囲め。
- (c) 容積 $V[\text{L}]$ の反応容器に 5 mol の N_2 と 10 mol の H_2 を封入し、体積と温度を一定に保ちながら反応させたところ、 6 mol の NH_3 が生成し平衡状態に達した。温度を $T[\text{K}]$ 、気体定数を $R[\text{Pa} \cdot \text{L}/(\text{K} \cdot \text{mol})]$ とし、この反応の圧平衡定数 $K_p[\text{Pa}^{-2}]$ を V, R, T を含む数式で示せ。ただし、 $\text{N}_2, \text{H}_2, \text{NH}_3$ はすべて理想気体としてふるまうものとする。計算過程も示せ。
- (3) 下線部②について、この変化を熱化学方程式で表せ。
- (4) 下線部③について、以下の問い(a)と(b)に答えよ。
- (a) 塩酸で滴定したアンモニア水のモル濃度を有効数字2桁の数値で求めよ。計算過程も示せ。
- (b) NH_3 の電離定数を用いて、滴定曲線中のA点の水酸化物イオン濃度を有効数字2桁の数値で求めよ。計算過程も示せ。このとき、 NH_3 の電離度は1に比べて非常に小さいとみなす。
- (5) 下線部④について、滴定曲線中のC点では、中和で生じた正塩が加水分解するため、酸性を示す。この塩の加水分解反応をイオン反応式で表せ。
- (6) 下線部⑤について、滴定曲線中のD点の水素イオン濃度を有効数字2桁の数値で求めよ。計算過程も示せ。ただし、設問(5)における塩の加水分解反応による水素イオン濃度への影響は無視できるものとする。

3 次の文章を読み、設問(1)～(8)に答えよ。

第一級アルコールであるメタノールは、(ア)と水素の反応により合成される。(ア)は、メタンを高温の水蒸気と反応させることで得られる。メタノールを空气中で酸化すると、ホルムアルデヒドが得られる。ホルムアルデヒドは、酸化されると(イ)となる。(イ)に濃硫酸を加えて加熱すると(ア)が得られる。^①

ホルムアルデヒドとフェノールを付加縮合させて製造される樹脂が、日常生活で使用されている。フェノールの合成には様々な方法が知られているが、ここではジアゾニウム塩を経由する方法について述べる。

まず、^②ベンゼンに濃硫酸と濃硝酸の混合物を作用させると化合物Aが生じる。化合物Aをスズと濃塩酸で還元することでアニリン塩酸塩が得られる。アニリン塩酸塩に水酸化ナトリウム水溶液を加えるとアニリンが遊離する。アニリンの希塩酸溶液を冷やしながら、亜硝酸ナトリウム水溶液を加えると、化合物Bが得られる。^③化合物Bは、加熱すると加水分解してフェノールが生じる。

酸触媒を用いて、ホルムアルデヒドとフェノールを付加縮合させると、(ウ)とよばれる中間生成物を生じ、これに硬化剤を加えて加熱すると樹脂になる。一方、塩基触媒を用いて、ホルムアルデヒドとフェノールを付加縮合させると、(エ)とよばれる中間生成物を生じ、これは加熱するだけで樹脂になる。^④これらの樹脂は、フェノールのヒドロキシ基に対して、オルトとパラの位置で付加縮合が起こり、ベンゼン環の炭素原子間をメチレン $-\text{CH}_2-$ で架橋した網目状の立体構造をとる。ただし、フェノールのオルトとパラの位置のすべてが反応するとは限らない。

- (1) 空欄(ア)～(エ)にあてはまる適切な語句を答えよ。
- (2) 次のメタンに関する(あ)～(う)の記述について、正しいものには「○」、間違っているものには「×」を記入せよ。
- (あ) メタンのすべての水素原子は同一平面上にある。
- (い) メタンは玉ねぎの腐ったような臭いのする気体である。
- (う) メタンと塩素の混合気体に光を当てると、塩化水素とクロロメタンを含む有機化合物が生じる。
- (3) 以下の問い(a)と(b)に答えよ。
- (a) メタンの完全燃焼を化学反応式で示せ。
- (b) メタンの燃焼熱を有効数字3桁の数値で答えよ。計算過程も示せ。ただし、C(黒鉛)の燃焼熱は 394 kJ/mol 、水素 H_2 の燃焼熱は 286 kJ/mol とする。また、メタンの生成熱は、 74.9 kJ/mol とする。ただし、燃焼反応で生じる水はすべて液体であるとする。
- (4) 標準状態(0°C , $1.013 \times 10^5 \text{ Pa}$)におけるメタン 1 mol とアンモニア 1 mol の体積は、それぞれ 22.37 L と 22.09 L である。メタンよりもアンモニアの方が 1 mol あたりの体積が小さくなる理由を40字以内で説明せよ。

(5) 次の(イ)の性質に関する(あ)～(う)の記述について、正しいものには「○」、間違っているものには「×」を記入せよ。

(あ) 極性が大きく、水によく溶ける。

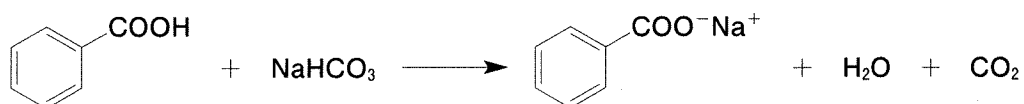
(い) 常温・常圧下で刺激臭をもつ無色の気体である。

(う) 還元性と酸性の両方を示す。

(6) 下線部①を化学反応式で示せ。

(7) 次の例にならって、下線部②③の化学反応式を示せ。

例)



(8) 下線部④について、フェノール 800 g とホルムアルデヒド 300 g とが過不足なく完全に反応した場合、何 g の樹脂が得られるか、有効数字 3 桁の数値で答えよ。

4 次の文章を読み、設問(1)～(8)に答えよ。

デンプンは多数の α -グルコースが脱水縮合し、(ア)結合で連なった高分子化合物である。デンプンには、直鎖状のアミロースと、枝分かれ構造を含むアミロペクチンの2種類の成分がある。^① デンプンの鎖状部分は、らせん構造をとる。^②

タンパク質は α -アミノ酸が脱水縮合し、(イ)結合で多数連なったポリペプチドである。 α -アミノ酸どうしの(イ)結合を特に、ペプチド結合という。タンパク質のポリペプチド鎖は、らせん状に巻いた(ウ)構造などの二次構造に折りたたまれ、次いで三次構造とよばれる立体構造が形成される。触媒作用をもったタンパク質は酵素とよばれ、^③ 酵素はそれぞれに決まった物質にのみ作用する(エ)という性質をもつ。

デオキシリボ核酸(DNA)は、塩基と糖とリン酸が結合したヌクレオチドが脱水縮合し、重合した直鎖状の高分子化合物である。^④ DNAの4種類の塩基のうちアデニン(A)はチミン(T)と、グアニン(G)はシトシン(C)と水素結合による塩基対を形成し、^⑤ これにより2本のDNA鎖による二重らせん構造が形成される。

生ゴムの主成分はポリイソプレンであり、イソプレンが(オ)した高分子化合物である。生ゴムのポリイソプレンでは、イソプレン単位ごとに(カ)形の二重結合が1個存在するため、生ゴムは弱い弾性をもつが、^⑥ 空气中に放置すると弾性を失う。^⑦ そのため、生ゴムに(キ)を数%加えて加熱することで架橋構造を生じさせ、ゴムの弾性や強度、耐久性を向上させている。

- (1) 空欄(ア)～(キ)にあてはまる適切な語句を答えよ。
- (2) 下線部①に関して、枝分かれ構造を含むアミロペクチンの部分的な構造式は図4のように示すことができる。アミロペクチンの枝分かれの数はグルコース間の結合に関与しない $-\text{OH}$ (ヒドロキシ基)を変換した後、分解して得られる単糖を分析することで推定できる。アミロペクチンのすべての $-\text{OH}$ を $-\text{OCH}_3$ (メトキシ基)に変換した後、酸で完全に加水分解すると3種類の単糖 A ($-\text{OCH}_3$ が2つ)、B ($-\text{OCH}_3$ が3つ)、C ($-\text{OCH}_3$ が4つ)が得られた。Aは0.624 g、Bは15.3 g、Cは0.712 gであった。なお、アミロペクチン中の末端のグルコース単位のうち、還元性を示す1位炭素については、 $-\text{OCH}_3$ への変換につづく酸加水分解後に $-\text{OH}$ になるものとする。また、グルコースの分子量は180とする。以下の問い(a)と(b)に答えよ。

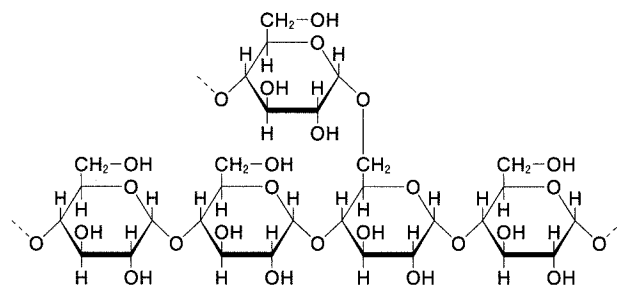


図4 アミロペクチンの構造式

- (a) 単糖 A～C の構造式を図4にならって示せ。
- (b) このアミロペクチンは、グルコース単位が何個ごとに1個の枝分かれをもつかを、有効数字2桁の数値で求めよ。計算過程も示せ。

- (3) 下線部②の性質を利用したデンプンの検出方法にヨウ素デンプン反応がある。下記の(a)~(c)にヨウ素ヨウ化カリウム水溶液を加えた際に呈色する色として最適なものを下記の選択肢から選んで答えよ。なお、呈色しない場合は「変化しない」を選べ。

- (a) デンプン水溶液
 (b) (a)にアミラーゼとマルターゼを加えて十分に反応させたもの
 (c) (a)を 80℃ 以上まで加熱したもの

選択肢：黒色，黄色，青紫色，赤褐色，変化しない

- (4) 下線部③に関して，ある酵素の各反応温度における反応速度は，図5のようになった。酵素では，ある温度を超えると反応速度が急激に低下する。その理由を 40 字以内で説明せよ。

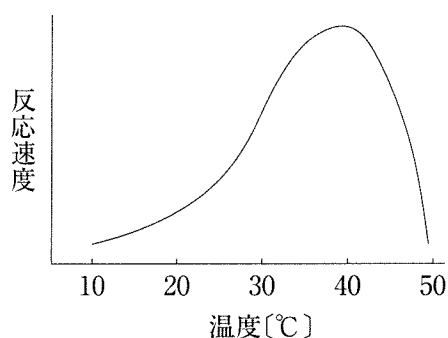
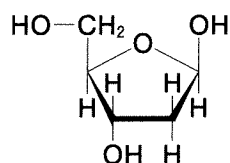


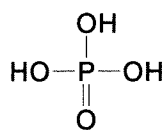
図5 酵素の反応速度と温度との関係

- (5) 下線部④に関して，ヌクレオチドであるデオキシアデノシンーリン酸の構造式を下記の糖(デオキシリボース)，リン酸，塩基(アデニン)の構造式を参考にして示せ。

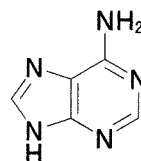
糖
(デオキシリボース)



リン酸



塩基
(アデニン)



- (6) 下線部⑤に関して，A と T および G と C の塩基対の間に形成される水素結合の数をそれぞれ答えよ。
 (7) 下線部⑥に関して，イソプレンからポリイソプレンが合成される際の化学反応式を，重合度を n として構造式で示せ。
 (8) 下線部⑦に関して，生ゴムが弾性を失う理由を 40 字以内で説明せよ。

