

2019年度

B_b 化学問題

注意

1. 試験開始の指示があるまでこの問題冊子を開いてはいけません。
2. 解答用紙はすべてHBの黒鉛筆またはHBの黒のシャープペンシルで記入することになっています。HBの黒鉛筆・消しゴムを忘れた人は監督に申し出てください。(万年筆・ボールペン・サインペンなどを使用してはいけません。)
3. この問題冊子は12ページまでとなっています。試験開始後、ただちにページ数を確認してください。なお、問題番号はI～VIIとなっています。
4. 解答用紙にはすでに受験番号が記入されていますので、出席票の受験番号が、あなたの受験票の番号であるかどうかを確認し、出席票の氏名欄に氏名のみを記入してください。なお、出席票は切り離さないでください。
5. 解答は解答用紙の指定された解答欄に記入し、その他の部分には何も書いてはいけません。
6. 解答用紙を折り曲げたり、破ったり、傷つけたりしないように注意してください。
7. 計算には、この問題冊子の余白部分を使ってください。
8. この問題冊子は持ち帰ってください。

マーク・センス法についての注意

マーク・センス法とは、鉛筆でマークした部分を機械が直接よみとって採点する方法です。

1. マークは、下記の記入例のようにHBの黒鉛筆で枠の中をぬり残さず濃くぬりつぶしてください。
2. 1つのマーク欄には1つしかマークしてはいけません。
3. 訂正する場合は消しゴムでよく消し、消しきらずはきれいに取り除いてください。

マーク記入例：

A	1	2	3	4	5
○	○	●	○	○	○

 (3と解答する場合)

問題を解くにあたって、必要ならば次の値を用いよ。

気体定数： $R=8.31 \times 10^3 \text{ Pa} \cdot \text{L}/(\text{K} \cdot \text{mol})$

ファラデー定数： $F=9.65 \times 10^4 \text{ C/mol}$

原子量： $\text{H}=1.0, \text{C}=12.0, \text{N}=14.0, \text{O}=16.0, \text{Cu}=63.5$

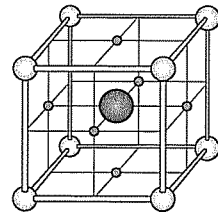
I. 次の設問1～6に答えよ。解答は、それぞれに与えられた a～e から1つずつ選び、その記号を解答用紙の所定欄にマークせよ。

1. 次の記述のうち、正しくないものはどれか。
 - a. Ne, Ar, Kr の最外殻電子の数は等しいが、価電子の数は異なる。
 - b. 不対電子の数は、N, O, F の順に減少する。
 - c. Al, Zn, Sn は全て両性元素である。
 - d. 原子半径は、Si, P, S の順で小さくなる。
 - e. ^1H , ^2H , ^3H は、互いに同位体の関係にある。

2. 次の記述のうち、正しいものはどれか。
 - a. ミセルは流動性を失ったコロイド溶液である。
 - b. 水酸化鉄(Ⅲ)のコロイド溶液に、ゼラチンをいれると析出しやすくなる。
 - c. 親水コロイドは、少量の電解質を加えると析出する。
 - d. シリカゲルは流動性のないコロイドである。
 - e. コロイド粒子は半透膜を通過する。

3. 分子式 $\text{C}_5\text{H}_{10}\text{O}_2$ で表されるカルボン酸には、何種類の構造異性体が存在するか。
 - a. 3種類
 - b. 4種類
 - c. 5種類
 - d. 6種類
 - e. 7種類

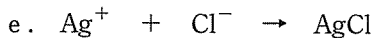
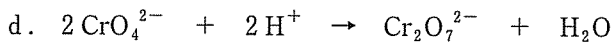
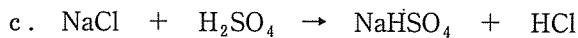
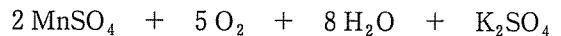
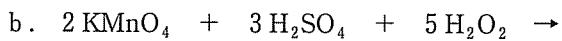
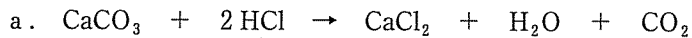
4. 3種類の元素 R, M, X からなり、右図に示す単位格子の結晶構造（ペロブスカイト構造）をもつ物質の組成式はどれか。



○ : R
 ● : M
 ◦ : X

- a. R_2MX
- b. R_3MX
- c. R_2MX_2
- d. R_3MX_2
- e. RMX_3

5. 次の反応のうち、酸化還元反応はどれか。



6. 次のイ～ニのうち、正しくない記述はいくつあるか。

イ. アクリロニトリルを縮合重合させると、ポリアクリロニトリルが得られる。

ロ. ϵ -カプロラクタムに少量の水を加えて加熱すると、開環重合によりナイロン 66 が得られる。

ハ. セルロースとデンプンは多糖類であり、フルクトースとマルトースは単糖類である。

ニ. 1,3-ブタジエンに適量のアクリロニトリルを加えて共重合させると、NBR と呼ばれる合成ゴムが得られる。

- a. 0個 b. 1個 c. 2個 d. 3個 e. 4個

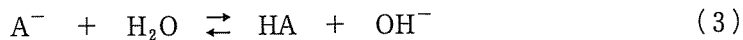
II. 次の文を読み、下記の設問 1～3 に答えよ。解答は解答用紙の所定欄にしるせ。

弱酸 HA とその塩 MA は水溶液中で、それぞれ式(1)と(2)のように電離する。



HA の電離定数は $K_a = 1.0 \times 10^{-5} \text{ mol/L}$ とする。ただし、MA は水溶液中で完全に電離し、 M^+ が加水分解して MOH となる割合は非常に少なく無視できるものとする。また、水のイオン積は $K_w = 1.0 \times 10^{-14} \text{ mol}^2/\text{L}^2$ とする。

1. 0.10 mol/L の HA 水溶液中における HA の電離度 α を求め、有効数字 2 桁でしるせ。
また、水溶液の pH を求め、小数第 1 位までしるせ。
2. 水溶液中で A^- は式(3)のように加水分解する。式(3)の加水分解定数 K_h は式(4)で表される。0.10 mol/L の MA 水溶液の pH を求め、小数第 1 位までしるせ。



$$K_h = \frac{[\text{HA}][\text{OH}^-]}{[\text{A}^-]} \quad (4)$$

3. 0.10 mol/L の HA 水溶液 500 mL と 0.10 mol/L の MA 水溶液 500 mL を混合して緩衝液を作成した。この緩衝液の pH を求め、小数第 1 位までしるせ。

Ⅲ. 次の文を読み、下記の設問 1～4 に答えよ。解答は解答用紙の所定欄にしるせ。

一般に、気体の溶解度は高温になるほど減少する。その理由は、次のように理解できる。気体分子が液体に溶けると、(イ)が著しく低下し、その分が(ロ)に変換される。すなわち、気体の溶解は(ハ)を伴う過程である。ルシャトリエの原理により、温度が上昇するほど(ニ)反応の向きに平衡が移動するので、一定圧力のもとでは、気体の溶解度は高温になるほど減少する。また、気体の液体への溶解度は、気体の種類によって異なる。

いま、1.00 L の水が入った容積 3.93 L の密閉容器に 0.200 mol の二酸化炭素を封入した。この容器の温度を 20 °C に保ち、溶解平衡に到達させたところ、容器内の二酸化炭素の圧力は P [Pa] となった。ただし、20 °C、 1.01×10^5 Pa の二酸化炭素が水 1 L に溶ける体積は、標準状態に換算すると 0.87 L であり、二酸化炭素の水に対する溶解度は、ヘンリーの法則に従うものとする。

1. 文中の空所(イ)～(ニ)それぞれにあてはまる語句の組み合わせとして、もっとも適当なものはどれか。次の a～h から 1 つ選び、その記号をマークせよ。

	イ	ロ	ハ	ニ
a	活性化エネルギー	結合エネルギー	発熱	吸熱
b	活性化エネルギー	結合エネルギー	吸熱	発熱
c	活性化エネルギー	熱	発熱	吸熱
d	活性化エネルギー	熱	吸熱	発熱
e	運動エネルギー	結合エネルギー	発熱	吸熱
f	運動エネルギー	結合エネルギー	吸熱	発熱
g	運動エネルギー	熱	発熱	吸熱
h	運動エネルギー	熱	吸熱	発熱

2. 文中の下線部の例として、「アンモニアの水への溶解度は、窒素や酸素に比べてはるかに大きい」ことが知られている。その理由を 40 字以内でしるせ。

3. 温度 $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ で溶解平衡に到達させたとき、水に溶解した二酸化炭素の物質量 $[\text{mol}]$ を P を用いてしるせ。ただし、数値部分は有効数字 2 桁でしるせ。
4. 温度 $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ で溶解平衡に到達させたとき、水に溶解した二酸化炭素の質量 $[\text{g}]$ を求め、その値を有効数字 2 桁でしるせ。

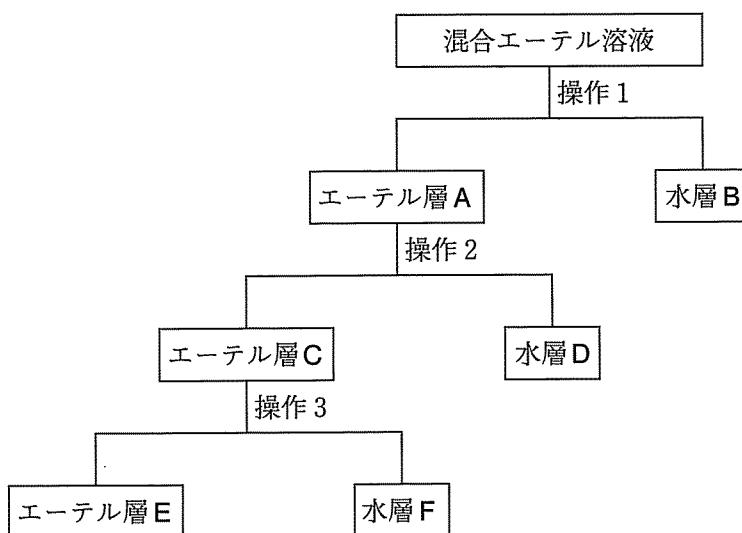
IV. 次の文を読み、下記の設問 1～4 に答えよ。解答は解答用紙の所定欄にしるせ。

黄銅鉱をケイ砂、石灰石、コークスとともに強熱して得られた硫化銅(I)を、さらに転炉で空気を吹き込みながら加熱すると、純度 99 % 程度の粗銅が得られる。粗銅を電解精錬することにより純度 99.99 % の純銅が得られる。単体の銅は熱濃硫酸と反応し、硫酸銅(II)を含む溶液を生成する。硫酸銅(II)の水溶液に少量のアンモニア水を加えると青白色沈殿 A を生じ、さらに過剰にアンモニア水を加えると沈殿 A は再溶解し、錯イオン B を含む深青色の水溶液を生成する。

1. 粗銅には Au, Ag, Fe, Ni などの不純物が含まれる。粗銅の電解精錬に関する記述として正しいものを、次の a～e から 1 つ選び、その記号をマークせよ。
 - a. 陽極で Fe と Ni は酸化されて、 Fe^{2+} や Ni^{2+} になる。
 - b. 陽極で Au や Ag は酸化されて、 Au^+ や Ag^+ になる。
 - c. 陰極で Fe^{2+} や Ni^{2+} は還元されて、Fe や Ni になる。
 - d. 陰極で Au^+ と Ag^+ は還元されて、Au と Ag になる。
 - e. 陰極で Fe と Ni は酸化されて、 Fe^{2+} や Ni^{2+} になる。
2. $1.00 \times 10^3 \text{ A}$ の電流を 9.65 時間通じて 20.0 kg の粗銅を電解精錬したところ、10.0 kg の純銅が得られた。この質量は、消費された電気量が全て Cu^{2+} の還元で使用された場合に得られる銅の質量の何%に相当するか、有効数字 3 桁でしるせ。
3. 文中の下線部の反応の化学反応式をしるせ。
4. 化合物 A の化学式と、錯イオン B のイオン式をしるせ。

V. 芳香族化合物の分離実験に関する次の文を読み、下記の設問1～3に答えよ。解答は解答用紙の所定欄にしるせ。

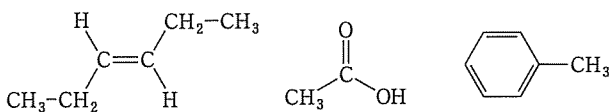
アセチルサリチル酸、サリチル酸メチル、アニリン、アセトアニリドの4つの芳香族化合物のみを含むエーテル溶液がある。この溶液に図に示した操作1～3を行い、4つの芳香族化合物を分離した。操作1では希塩酸、操作2では試薬Z水溶液、操作3では水酸化ナトリウム水溶液を、それぞれ必要量を加えて分液ろうとをよく振って静置した後、エーテル層A, C, Eと水層B, D, Fに分離した。水層Dを適切に処理すると、アセチルサリチル酸のみが得られた。



図

1. アセチルサリチル酸、サリチル酸メチル、アニリン、アセトアニリドの構造式をそれぞれしるせ。ただし、構造式は例にならってしるせ。

(構造式例)



2. 操作2の試薬Zとしてもっとも適当なものを、次のa～eから1つ選び、その記号をマークせよ。

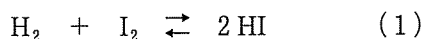
- a. 塩化ナトリウム b. 硫酸 c. 塩化カルシウム
d. 炭酸水素ナトリウム e. メタノール

3. 適切な処理によってサリチル酸メチル、アニリン、アセトアニリドが得られる層を、次のa～cからそれぞれ1つずつ選び、その記号をマークせよ。

- a. 水層B b. エーテル層E c. 水層F

VI. 次の文を読み、下記の設問 1～4 に答えよ。解答は解答用紙の所定欄にしるせ。

H_2 と I_2 は高温で反応し、式(1)で示される平衡に達する。



密閉容器に H_2 と I_2 をモル濃度がそれぞれ 0.014 mol/L 、 0.025 mol/L になるように封入し、高温に保ったところ、 HI のモル濃度が 0.026 mol/L になったところで平衡状態に達した。式(1)の反応における HI の生成速度を $v_1 [\text{mol}/(\text{L}\cdot\text{s})]$ 、その速度定数を $k_1 [\text{L}/(\text{mol}\cdot\text{s})]$ とし、 HI の分解速度を $v_2 [\text{mol}/(\text{L}\cdot\text{s})]$ 、その速度定数を $k_2 [\text{L}/(\text{mol}\cdot\text{s})]$ とする。ただし、 $k_1 = 0.040 \text{ L}/(\text{mol}\cdot\text{s})$ である。

1. 反応開始時における HI の生成速度 $v_1 [\text{mol}/(\text{L}\cdot\text{s})]$ は、 I_2 の減少速度 $v_1' [\text{mol}/(\text{L}\cdot\text{s})]$ の何倍か、その値をしるせ。
2. 式(1)の濃度平衡定数 K_c を求め、その値を有効数字 2 桁でしるせ。
3. HI の分解反応の速度定数 $k_2 [\text{L}/(\text{mol}\cdot\text{s})]$ を求め、その値を有効数字 2 桁でしるせ。
4. H_2 のモル濃度が 0.0090 mol/L まで減少した時点における、 HI の生成反応と分解反応の両方を考慮した HI の見かけの生成速度 $[\text{mol}/(\text{L}\cdot\text{s})]$ を求め、その値を有効数字 2 桁でしるせ。

VII. 次の文を読み、下記の設問 1～3 に答えよ。解答は解答用紙の所定欄にしるせ。

1. カルボン酸とアルコールの脱水縮合反応により得られる生成物を (イ) とよび、分子内に (イ) 結合を有している。(イ) に希塩酸などを加えて加熱すると、加水分解反応とその反応処理により、対応するカルボン酸とアルコールが得られる。カルボン酸とアミンの脱水縮合反応により得られる生成物は、分子内に (ロ) 結合を有しており、加水分解反応とその反応処理により、もとのカルボン酸とアミンに戻すことができる。1つの α -アミノ酸のカルボキシ基と、別の α -アミノ酸のアミノ基との脱水縮合により生じる (ロ) 結合を特にペプチド結合とよぶ。グリシン、アラニン、フェニルアラニン各 1 分子からなる鎖状のトリペプチドには (ハ) 種類の構造異性体が考えられる。このとき、次の問 i・ii に答えよ。

i. 文中の空所(イ)・(ロ)それぞれにあてはまる語句をしるせ。

ii. 文中の空所(ハ)にあてはまる数字をしるせ。

2. グリシン (分子量 75.0)、アラニン (分子量 89.0)、フェニルアラニン (分子量 165) 各 1 分子からなる鎖状のトリペプチド 2.93 g を、適切な条件下で加水分解してフェニルアラニンを 1.32 g 得た。得られたフェニルアラニンの質量は、用いたトリペプチドが全て反応し α -アミノ酸になった場合に得られるフェニルアラニンの質量の何%に相当するか、その値を有効数字 2 桁でしるせ。

3. 唐辛子に含まれる辛味をもたらす成分の1つに、化学的にも合成される香辛料Aがあり、その分子式は $C_{17}H_{27}NO_3$ である。適切な条件下でAを加水分解し、その反応処理を行うと、ベンゼンの三置換体（三置換芳香族化合物）Bと脂肪酸C（分子式 $C_9H_{18}O_2$ ）が得られる。Bのベンゼン環の3つの置換基をそれぞれX, Y, Zとし、置換基Xを水素原子に置き換えた化合物をD、置換基Zを水素原子に置き換えた化合物をEとする。以下に示す情報イ～へに基づいて、置換基X, Y, ZおよびBの構造式をそれぞれしるせ。ただし、構造式は例にならしてしるせ。

イ. 置換基X, Y, Zには、炭素と水素だけからなるものはない。

ロ. 置換基X, Y, Zには、メチル基を含むものが1つだけあり、また、Bにはエーテル結合がある。

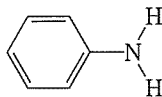
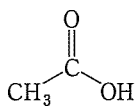
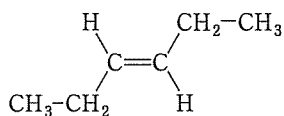
ハ. 置換基Zの^{オルト}o-位は置換基XおよびYではなく、また、置換基Xの^{オルト}o-位は置換基Yである。

ニ. 塩化鉄(Ⅲ)水溶液によりDは呈色しないが、Eでは紫色を呈する。

ホ. Dのベンゼン環の水素原子1つを塩素原子で置換した化合物は4種類存在する。

ヘ. ベンゼンの水素原子1つを置換基Zに置換した化合物は、希塩酸で処理をすると塩酸塩となるが、ニトロベンゼンを還元して得られる化合物ではない。

(構造式例)



(置換基の構造式例)

