

学部学科適性試験

実施学部	理工学部
実施学科	物質生命理工学科・機能創造理工学科・情報理工学科
試験時間	90分
試験概要	【学部共通試験】化学(化学基礎・化学)

(この問題冊子は18ページ、5問である。)

受験についての注意

1. 試験監督者の指示があるまで、問題冊子を開いてはならない。
2. 試験開始前に、試験監督者から指示があったら、解答用紙1ページ目の左上に氏名と受験番号を記入し、所定のマーク欄をぬりつぶすこと。
3. 試験監督者から試験開始の指示があったら、この問題冊子が、上に記したページ数どおりそろっていることを確かめること。
4. 筆記具は、HかFかHBの黒鉛筆またはシャープペンシルに限る。万年筆・ボールペンなどを使用してはならない。
5. 解答にあたっては3ページの「解答上の注意」をよく読み、その指示に従うこと。
6. マーク式の解答は、解答用紙の各問の選択肢の中から正解と思うものを選んで、そのマーク欄をぬりつぶすこと。
7. マークをするとき、マーク欄からはみ出したり、白い部分を残したり、文字や番号、○や×をつけたりしてはならない。また、マーク箇所以外の部分には何も書いてはならない。
8. 記述式の解答は、各解答欄にていねいに記入すること。
9. 訂正する場合は、消しゴムでていねいに消したうえで、消しきずはきれいに取り除くこと。
10. 解答用紙を折り曲げたり、破ったりしてはならない。
11. 試験監督者の許可なく試験時間中に退場してはならない。
12. 解答用紙を持ち帰ってはならない。
13. 問題冊子、計算用紙は必ず持ち帰ること。
14. この問題冊子の余白を計算用紙として使用してよい。

1 次の文章を読み、各問に答えよ。ただし、数値は有効数字2桁で解答せよ。

水分子のみを透過する半透膜を中央部に取りつけた、内径が等しく左右対称な円筒のU字管(断面積を 2.00 cm^2 とする)を用いて、浸透圧の実験IとIIを行った。
また、セロハン袋を半透膜として用いて、コロイドの透析の実験IIIを行った。

実験 I U字管の左側に 0.200 mol/L の非電解質 X の水溶液を、右側に同体積の質量パーセント濃度 5.00% のスクロース $\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$ 水溶液をそれぞれ注ぎ、浸透が止まるまで放置した。次に、別のU字管を用意し、左側に 0.200 mol/L の X の水溶液を、右側に同体積の 0.100 mol/L の塩化マグネシウム水溶液をそれぞれ注ぎ、浸透が止まるまで放置した。

実験 II U字管の左側に 100 mL の純水を、右側に非電解質 Y 0.385 g を純水に完全に溶かして 100 mL とした水溶液をそれぞれ注ぎ、直後に栓をして気体の出入りを遮断した(図1(a))。このとき、U字管の左右の液面の高さは等しく、栓から液面までの距離は 30.0 cm であり、空気相の圧力はともに $1.01 \times 10^5 \text{ Pa}$ であった。その後、十分な時間放置すると、左右の液面差が 20.0 cm で一定となり、この液面差に相当する Y の水溶液の浸透圧は $7.70 \times 10^4 \text{ Pa}$ であることが分かった(図1(b))。

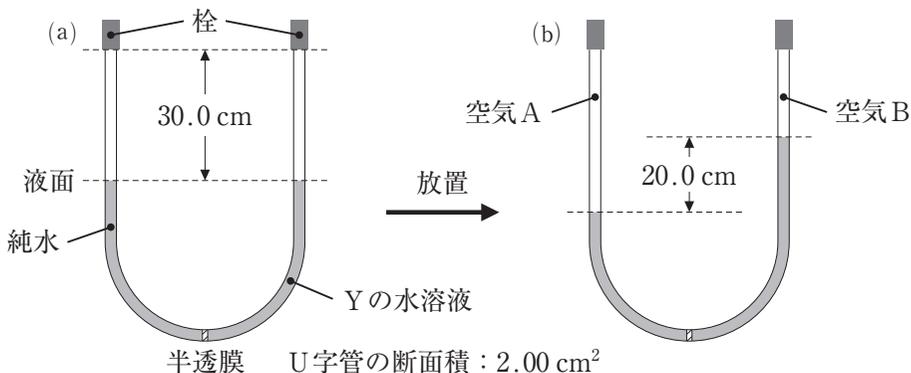


図1 実験IIで行った浸透圧の実験

実験Ⅲ 0.900 mol/L の塩化鉄(Ⅲ) FeCl_3 水溶液 10.0 mL を沸騰水に加えたところ、赤褐色の透明なコロイド溶液 Z が得られ、これを 27℃ まで放冷すると体積が 100 mL となった。次に、Z をすべてセロハン袋に入れて封をし、これを 900 mL の純水の入ったビーカーに完全に浸して透析を行った。すると、ビーカー内の純水に塩化物イオンが溶け込み、袋内外の塩化物イオンの濃度が一定となった。そこで、ビーカー内の溶液を新しい純水 900 mL に入れ替え、この操作を繰り返して Z の精製を行った。

実験Ⅰ～Ⅲは、ことわりのない限り、実験は 27℃ で行い、水溶液や純水の密度は 1.00 g/cm^3 とする。電解質の電離度は 1.00 とし、水溶液の浸透圧はファントホッフの法則に従う。また、水溶液へ空気は溶解せず、水の蒸発や凝縮は無視する。

問 1 実験Ⅰにおいて、非電解質 X の水溶液の液面に比べ、スクロース水溶液および塩化マグネシウム水溶液の水面の位置は、それぞれどのように変化したか。a) 高くなった、b) 低くなった、c) 変わらなかった のいずれかを選べ。ただし、スクロースは非電解質とし、塩化マグネシウムは完全に電離している。また、X はスクロースおよび塩化マグネシウムと反応しない。

問 2 実験Ⅱの図 1(b)の状態において、左側の空気 A および右側の空気 B の圧力はそれぞれ何 Pa か。

問 3 実験Ⅱの Y の分子量を求めよ。

問4 実験Ⅲの下線部(i)に含まれるコロイド粒子1個には、平均して何個の鉄原子が含まれているか。ただし、コロイド溶液Zの浸透圧は 2.493×10^2 Paとし、浸透圧に寄与する物質はコロイド粒子のみとする。また、鉄原子はコロイド粒子の生成にすべて使われ、その生成によって溶液の体積は変わらず、実験途中でのコロイド粒子の損失はない。

問5 実験Ⅲの下線部(ii)の塩化物イオンの濃度を 1.00×10^{-4} mol/L以下にするには、純水に浸す操作を最低何回行えば良いか。1回目に浸した操作も含めて、その回数を次のa)～k)から1つ選べ。ただし、コロイド溶液Zにはコロイド粒子として水酸化鉄のみが生成し、Z内の塩化物イオンはすべて電離している。また、浸透圧によるセロハン袋の体積膨張はなく、袋中の溶液の体積は常に100 mLとする。

- a) 1 b) 2 c) 3 d) 4 e) 5
f) 6 g) 7 h) 8 i) 9 j) 10
k) 11 以上

2

次の文章を読み、各問に答えよ。

あらかじめ真空にしておいた密閉容器に、 n [mol] の気体 A を入れ、容器を温度 T [K]、体積 V [L] に保った。長時間放置したところ、式(1)のように、A は気体 B と C に分解して平衡状態に達し、圧力は p [atm] ($= p$ 気圧) となった。



平衡時の各気体の分圧はそれぞれ、 p_A 、 p_B 、 p_C [atm] となり、A は n_A [mol] となった。このとき、解離度 α は式(2)により定義される。

$$\alpha = \frac{n - n_A}{n} \quad (2)$$

ただし、気体 A、B、C は理想気体の状態方程式に従い、気体定数を R とする。

問 6 平衡時の混合気体中の A の分圧 p_A を表す式として、最も適切なものを次の a) ~ l) から 1 つ 選べ。該当する選択肢がない場合は、z 欄をマークせよ。

- a) $(1 - \alpha)p$ b) $\frac{p}{1 - \alpha}$ c) αp d) $\frac{1}{\alpha}p$
- e) $\frac{\alpha}{2}p$ f) $\frac{2}{\alpha}p$ g) $\frac{2 - 2\alpha}{2 + \alpha}p$ h) $\frac{2 + \alpha}{2 - 2\alpha}p$
- i) $\frac{2\alpha}{2 + \alpha}p$ j) $\frac{2 + \alpha}{2\alpha}p$ k) $\frac{\alpha}{2 + \alpha}p$ l) $\frac{2 + \alpha}{\alpha}p$

問7 式(1)の圧平衡定数 K_p を表す式として、最も適切なものを次の a) ~ j) から1つ選べ。該当する選択肢がない場合は、z 欄をマークせよ。

- a) $\frac{(1-\alpha)^2 p}{\alpha(2+\alpha)}$ b) $\frac{\alpha(2+\alpha)}{(1-\alpha)^2 p}$ c) $\frac{\alpha^2 p}{(1-\alpha)(2-\alpha)}$
d) $\frac{(1-\alpha)(2-\alpha)}{\alpha^2 p}$ e) $\frac{\alpha^3 p}{(1-\alpha)^2(2+\alpha)}$ f) $\frac{(1-\alpha)^2(2+\alpha)}{\alpha^3 p}$
g) $\frac{8(1-\alpha)^2 p}{\alpha(2+\alpha)}$ h) $\frac{\alpha(2+\alpha)}{8(1-\alpha)^2 p}$ i) $\frac{\alpha^3 p}{2(1-\alpha)^2(2+\alpha)}$
j) $\frac{2(1-\alpha)^2(2+\alpha)}{\alpha^3 p}$

問8 式(1)の濃度平衡定数 K_c と圧平衡定数 K_p の関係を式(3)に示す。 ア
および イ にあてはまる式を、 p_A , p_B , p_C , R , T のうち必要なものを用いてそれぞれ表せ。また、式(3)の K_c の単位を答えよ。単位がない場合は、「なし」と書け。

$$K_c = \boxed{\text{ア}} \times \boxed{\text{イ}} = K_p \boxed{\text{イ}} \quad (3)$$

問9 温度 2300 K とした体積 191 L の容器に、1.00 mol の水 H_2O を入れた。温度と体積を一定に保ち、長時間放置したところ、式(4)に示される平衡状態に達し、圧力は 1.00 atm となった。式(1)および(2)に基づき、 H_2O の解離度 α を有効数字 2 桁で求めよ。ただし、圧平衡定数 K_p は 4.00×10^{-6} atm であり、 $1 \pm \alpha \doteq 1$ および $2 \pm \alpha \doteq 2$ の近似を用いること。



3 次の文章を読み、各問に答えよ。

古代より薬として利用されていたヤナギの樹皮は、解熱鎮痛作用をもつサリシンを含む。サリシンは加水分解されて、グルコースとサリチルアルコールになり、サリチルアルコールの酸化により、サリチル酸が得られる。サリチル酸は解熱鎮痛作用を示すが、胃腸障害を引き起こすため、この副作用を抑えた解熱鎮痛薬として、化合物Aが開発された。

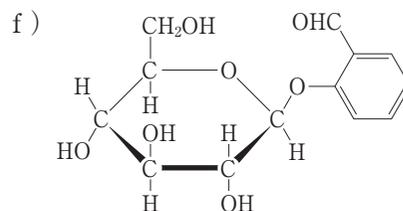
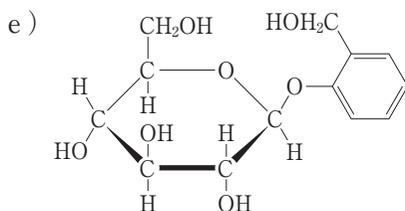
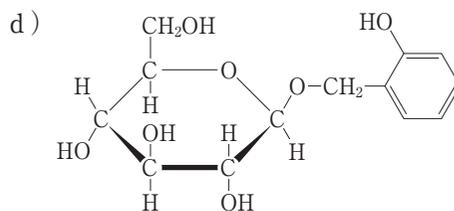
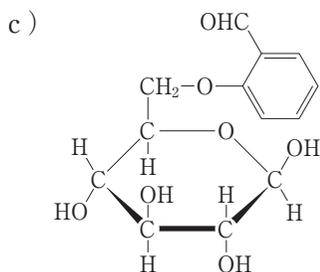
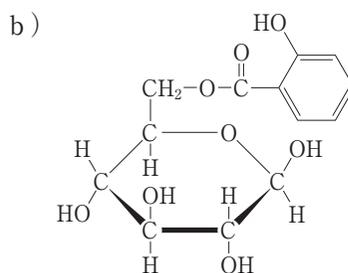
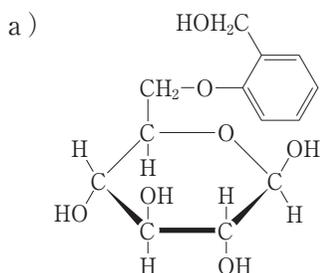
化合物Aは化学合成にて製造される。高温高压の条件下、フェノールに対して水酸化ナトリウムと二酸化炭素を順次反応させて得られる化合物Bを硫酸で処理すると、サリチル酸が得られる。サリチル酸に無水酢酸と濃硫酸を反応させると、化合物Aが得られる。

市販の解熱鎮痛薬の錠剤に含まれる化合物Aの量を調べるため、以下の実験IとIIを行った。

実験I 任意の濃度の同じ水酸化ナトリウム水溶液をビーカーXとYにそれぞれ20.0 mL 入れ、ビーカーXにのみ錠剤1錠をすり潰した粉末を加えて加熱した。その後、室温まで放冷した。

実験II ビーカー内の溶液をそれぞれ0.250 mol/Lの希硫酸にて滴定すると、ビーカーXの溶液は11.2 mL、ビーカーYの溶液は18.0 mLの希硫酸をそれぞれ加えたところで、指示薬のフェノールフタレインの色が無色となった。

問10 サリシンをフェーリング液に加えて加熱しても酸化銅(I)の沈殿は生じず、塩化鉄(III)水溶液に加えても呈色しない。サリシンの構造式としてふさわしいものを、次のa)～f)から1つ選べ。



問11 グルコースの鎖状構造に存在する不斉炭素原子はいくつか。次のa)～h)から1つ選べ。

- a) 0 b) 1 c) 2 d) 3
e) 4 f) 5 g) 6 h) 7以上

問12 化合物Bの構造式を示せ。

(次のページにつづく)

問13 化合物Aは水酸化ナトリウムと反応させると、化合物Bとなる。実験Iで使用した錠剤1錠に含まれる化合物Aは何gか。有効数字2桁で答えよ。ただし、フェノールフタレインの変色域はpH8.0~9.8であり、錠剤中に化合物A以外に水酸化ナトリウムと反応する物質はない。

4 次の文章を読み、各問に答えよ。

ヒマラヤ山脈に生息する植物より、炭素原子、水素原子、酸素原子から構成される分子量 206 の天然有機化合物 A が抽出・単離された。元素分析装置を用いて 2.06 mg の化合物 A を完全燃焼させたところ、塩化カルシウム管は 1.62 mg、ソーダ石灰管は 5.72 mg、それぞれ質量が増加した。化合物 A を水酸化ナトリウム水溶液で加水分解して得られる混合物に、ジエチルエーテルを加えて抽出操作⁽ⁱ⁾を行った。水層に希塩酸を加えると化合物 B が生じ、エーテル層からは炭素数 8 のベンゼン環をもつ化合物 C が得られた。

化合物 B に炭酸水素ナトリウム水溶液を加えると、気体 D が発生した。また化合物 B には、不斉炭素原子がなく、かつメチレン(−CH₂−)基を 1 つもつことが分かった。化合物 C を硫酸酸性の二クロム酸カリウム水溶液で処理すると、化合物 E が得られた。化合物 C、E とともに、ヨードホルム反応を示した。

問14 下線部(i)の実験操作や様子を示すものとして適切なものを次の a) ~ e) からすべて選べ。

- a) ビュレットを用いて、水層を滴下した。
- b) リービッヒ冷却器を用いて、エーテル層を分離した。
- c) 分液漏斗^{ろうと}の上層にエーテル層、下層に水層が分離した。
- d) クロマトグラフィーを用いて、混合溶液を分離した。
- e) ホールピペットを用いて、エーテル層を取り出した。

問15 気体Dの性質についてふさわしいものを次のa)～f)からすべて選べ。

- a) 水に溶解すると塩基性を示す。
- b) 冷却してできた固体は昇華しやすく，電気伝導性を示す。
- c) 分子の形は折れ線形であり，無極性分子である。
- d) 光合成により水と反応してグルコースを生成する。
- e) 石灰石を強熱すると得られる。
- f) 空気よりも軽い。

問16 化合物Eの構造式を示せ。不斉炭素原子がある場合は，*印をつけよ。

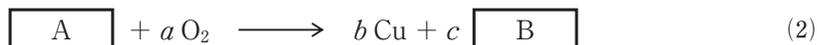
問17 化合物Bの分子式 $C_aH_bO_c$ の a ， b ， c を，それぞれ1～19の整数で答えよ。

20 以上の場合は，z欄をマークせよ。

問18 化合物Aの構造式を示せ。不斉炭素原子がある場合は，*印をつけよ。

- 5 次の文章を読み、各問に答えよ。ただし、ことわりのない限り、数値は有効数字2桁で解答せよ。 $a \sim j$ は係数である。

銅 Cu は、天然鉱石から得られる粗銅の電解精錬により製造されている。例えば、式(1)のように黄銅鉱 CuFeS_2 を空気とともに強熱すると $\boxed{\text{A}}$ が生じ、さらに、 $\boxed{\text{A}}$ を式(2)のように空気とともに加熱すると粗銅が得られる。



粗銅の電解精錬では、粗銅を板状に加工した電極を陽極、ステンレス板の電極を陰極として使い、硫酸酸性の $\boxed{\text{C}}$ 水溶液中において低電圧で電気分解が行われる。このとき、陽極では銅が水溶液中に銅(II)イオンとして溶解し、陰極では水溶液中の銅(II)イオンが銅の金属結晶として析出する。また、陽極の粗銅に含まれる不純物は、水溶液中に溶出するか、陽極泥として沈殿する。結果として、陰極の表面には高純度の銅が析出する。

粗銅を得る際の副生成物である $\boxed{\text{B}}$ の気体は、反応後に回収して濃硫酸の製造に利用できる。すなわち、触媒を用いて $\boxed{\text{B}}$ を空気中の酸素と反応させて $\boxed{\text{D}}$ へと酸化し、 $\boxed{\text{D}}$ を濃硫酸へ吸収させて発煙硫酸とした後、これを希硫酸で薄めることで濃硫酸が得られる。

硫酸は、粗銅の電解精錬に用いられる $\boxed{\text{C}}$ の原料である。空気中で銅を加熱して得られた黒色の $\boxed{\text{E}}$ を希硫酸と反応させることで、式(3)のように $\boxed{\text{C}}$ を副生成物の水 H_2O とともに合成できる。



また、熱濃硫酸と銅を反応させることでも、式(4)のように $\boxed{\text{C}}$ を得ることができ、同じ物質量の $\boxed{\text{C}}$ を得るために $\frac{g}{d}$ 倍の硫酸が必要となる。



□ C □ の水溶液からは、□ C □ の五水和物の結晶が得られる。この結晶は加熱すると徐々に結晶水を失い、最終的には無水物の □ C □ の結晶となる。

問19 文中の □ A □ ~ □ E □ にあてはまる化合物を化学式で記せ。

問20 式(2)中の $a \sim c$ にあてはまる数値を1桁の整数で答えよ。

問21 下線部(i)について、陰極に電気量 $7.72 \times 10^6 \text{ C}$ に相当する電流を流して電解精錬を行った後、析出した銅をすべて回収して厚さ 0.1204 mm の銅箔(図1)へと加工した。得られる銅箔の平面積は最大で何 m^2 か。ただし、加工後の金属箔の厚さは均一であり、これに含まれる銅は完全に緻密な金属結晶(結晶構造：面心立方格子)である。電解精錬中に粗銅と水溶液中の □ C □ は枯渇せず、下線部(i)と(ii)のみが起こる。また、銅の原子半径は $1.28 \times 10^{-10} \text{ m}$ とし、必要に応じて $\sqrt{2} = 1.41$, $\sqrt{3} = 1.73$, $(1.28)^2 = 1.64$, $(1.28)^3 = 2.10$ の値を使用せよ。

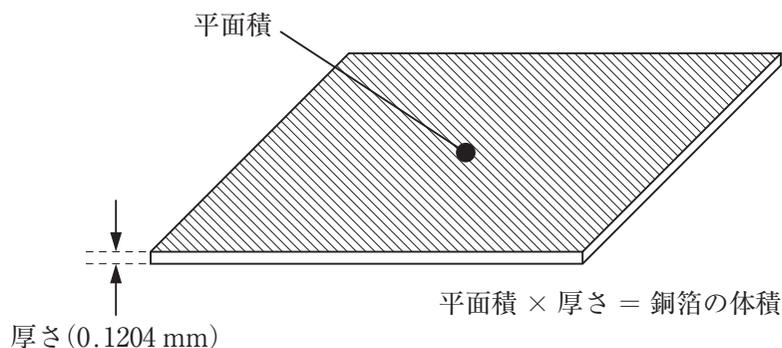


図1 銅箔の平面積と厚さ

問22 下線部(ii)について、亜鉛 Zn と銀 Ag を不純物として含んだ粗銅(物質質量比 Cu : Zn : Ag = 500.0 : 10.0 : 10.0)を陽極とし、これに電気量 7.72×10^6 C に相当する電流を流して電解精錬を行った。その際に生じる陽極泥の質量は何 g か。ただし、粗銅および陽極泥に含まれる金属元素は、酸化数^{ゼロ}0の状態^{ゼロ}で存在し、電解精錬の前後で粗銅中の元素の物質質量比は変化しない。電解精錬中に粗銅と水溶液中の は枯渇せず、下線部(i)と(ii)のみが起こる。

問23 下線部(iii)について、 g は d の何倍か。 $\frac{g}{d}$ の数値を答えよ。

問24 下線部(iv)および(v)について、五水和物と無水物の結晶の混合物 32.0 g を 100 g の水に加えたところ、完全に溶解して飽和水溶液となった。混合物中に存在する五水和物の割合は、質量パーセントで何% か。ただし、溶液調製時の水に対する の溶解度を 20.0 とする。

