

化 学

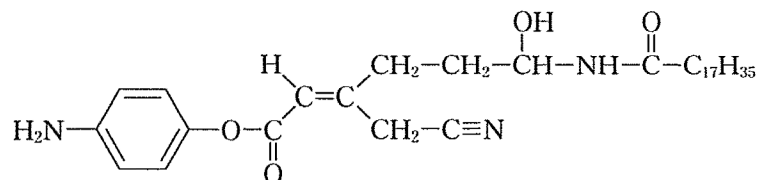
教育学部・医学部・工学部・応用生物科学部

問題冊子

注意事項

1. 試験開始の合図があるまで、問題冊子を開かないこと。
2. 本問題冊子は 10 ページで、医学部は解答用紙 4 枚、その他の学部は解答用紙 5 枚である。落丁、乱丁、印刷不鮮明の箇所などがあった場合には、ただちに試験監督者に申し出ること。
3. 受験番号は医学部 4 枚、その他の学部 5 枚の解答用紙のそれぞれ指定した欄すべてに必ず記入すること。
4. 問題は 5 題である。教育学部・工学部・応用生物科学部の受験生は、5 題すべてに解答すること。
5. 医学部の受験生は、問題 **1** , **2** , **3** , **4** に解答すること。
6. 解答は解答用紙の指定箇所に記入すること。指定箇所以外に記入された解答は採点の対象としない。
7. 解答用紙は持ち帰らないこと。問題冊子は持ち帰ること。
8. 大問ごとに満点に対する配点の比率を表示してある。
9. 必要があれば、次の数値を用いよ。計算結果は、特に指定がない限り有効数字 2 桁で示すこと。
原子量：H = 1.0, C = 12.0, N = 14.0, O = 16.0, Na = 23.0, S = 32.0, Cl = 35.5,
Fe = 55.8, Cu = 63.5
アボガドロ定数： $N_A = 6.02 \times 10^{23}/\text{mol}$, 気体定数： $R = 8.31 \times 10^3 \text{ Pa}\cdot\text{L}/(\text{mol}\cdot\text{K})$,
ファラデー定数： $F = 9.65 \times 10^4 \text{ C/mol}$
 $\sqrt{2} = 1.41$, $\sqrt{3} = 1.73$, $\sqrt{5} = 2.24$, $\sqrt{7} = 2.65$
 $\log_{10} 2 = 0.301$, $\log_{10} 3 = 0.477$, $\log_{10} 5 = 0.699$, $\log_{10} 7 = 0.845$
10. 気体はすべて理想気体としてふるまうものとする。
11. 構造式は、特に指定がない限り、次の例にならい簡略に記すこと。

(例)



1 次の文章を読み、以下の問1から問5に答えよ。

(配点比率 医：25%，教育・工・応生：20%)

16族元素である酸素・硫黄は、価電子を 個もつ元素であり、特に酸素は大きな電気陰性度があり、また非共有電子対ももっている。そのため、その水素化物である水は、水分子どうして を形成するため、同族の水素化物である硫化水素と比べ融点、沸点が極めて高いという特徴をもっている。酸素はさまざまな元素と結合して酸化物を与える。水や二酸化ケイ素(砂や岩の主成分)も酸化物である。そのため、酸素は地殻中で最も多く存在する元素であり、その含有量は地殻中の全元素中質量比で約 %を占めている。一方、空気中には単体の O_2 で存在しており、全空気中の体積比で約 %含まれている。 O_2 の 体であるオゾン O_3 は、特異臭のある淡青色の気体である。 O_3 は強い酸化作用を示すため、例えばヨウ化カリウム水溶液をしみこませたデンプン紙に O_3 を触れさせると、ヨウ化物イオンが酸化され が生成する。このため、ろ紙上で 反応が起きて青紫色を呈する。 O_3 は自然界でも重要な役割をもっており、地上20～30 kmには、 O_3 を多く含む希薄な大気層があり、太陽光の中で有害な を吸収している。さて、 O_2 は、過酸化水素水に二酸化マンガンを作用させることで得られ、また O_3 は O_2 を することで生成する。

問 1. , および ~ にあてはまる適切な語句や数字をそれぞれ答えよ。 と については、{ }内から最も適切な数字を選びそれぞれ答えよ。

問 2. 価電子について、以下の(1)および(2)にそれぞれ答えよ。

- (1) 価電子を、「結合」「イオン」の語句を用いて40字以内で説明せよ。
- (2) 次に示す原子の価電子の数を答えよ。

アルゴン ホウ素 マグネシウム リン

問 3. 以下の(a)～(f)の酸化物を酸性酸化物、塩基性酸化物、両性酸化物にそれぞれ分類し記号で答えよ。

(a) SiO_2 (b) Na_2O (c) Al_2O_3 (d) ZnO (e) P_4O_{10} (f) Cl_2O_7

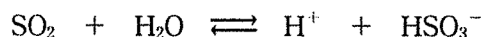
問 4. 下線部について、以下の(1)~(3)にそれぞれ答えよ。

- (1) この反応の化学反応式を示せ。
- (2) この反応を用いた酸素の実験室的製法において、発生した O_2 気体の補集方法として最も適切な方法を答えよ。
- (3) 重量比で 3.00 % 過酸化水素水 2.00 L からこの反応により酸素を発生させた。含まれている過酸化水素が全て消費されたときに発生する O_2 の標準状態における体積 [L] を有効数字 3 桁で求めよ。なお、過酸化水素水の密度は 1.00 g/mL とする。

問 5. 硫黄の酸化物である二酸化硫黄の水溶液の pH について、以下の文を読み、式(i), (ii)を用いて(1)~(3)にそれぞれ答えよ。

二酸化硫黄は水に比較的良好に溶け、二段階の電離を起こし酸性を示す。

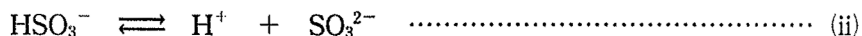
一段目の電離は、



で表されるが、二酸化硫黄は水に溶けて仮想的に亜硫酸が生成すると考えると、以下の式(i)のように書くこともできる。



二段階目の電離は式(ii)で表される。



- (1) 式(i)の電離定数 K_1 と式(ii)の電離定数 K_2 を $[H^+]$, $[SO_3^{2-}]$, $[HSO_3^-]$, $[H_2SO_3]$ を使って答えよ。
- (2) K_1 は比較的大きく、 $K_1 = 1.4 \times 10^{-2}$ mol/L であるのに対して、 K_2 は 6.5×10^{-8} mol/L とかなり小さく、この水溶液の酸性度にはほとんど影響がない。以下の文中の コ ~ シ にあてはまるイオン式や数式をそれぞれ答えよ。

常温で二酸化硫黄を 8.4×10^{-2} mol/L になるまで溶かし込んだ水溶液を考える。このとき、式(ii)の電離は無視できるため、式(iii)：

$$8.4 \times 10^{-2} \text{ mol/L} = [\text{コ}] + [\text{サ}] \dots\dots\dots (iii)$$

と近似することができ、この際、式(ii)の電離が無視できることから、さらに式(iv)：

$$[H^+] = [\text{サ}] \dots\dots\dots (iv)$$

へと近似することができる。したがって、 K_1 を $[H^+]$ の関数で表すと、式(v)：

$$K_1 = \text{シ} \dots\dots\dots (v)$$

と書き表すことができる。

- (3) シ から導かれる二次方程式により水素イオン濃度は決定される。 8.4×10^{-2} mol/L の二酸化硫黄水溶液の pH を小数点以下 2 桁で求めよ。

2 以下の問1と問2に答えよ。

(配点比率 医：25%，教育・工・応生：20%)

問1. 次の文章を読み、以下の(1)～(4)に答えよ。

物質をつくる粒子は、濃度が高いほうから低いほうに広がり均一になろうとする。この現象を という。図1のように、半透膜により仕切られた容器に溶質の濃度が高い溶液と濃度が低い溶液を入れた場合に、濃度を均一に保つように溶媒が移動する。このように溶媒分子が半透膜を通過して移動することを といい、液面の高さの差がゼロになるように溶液を させる圧力を 圧という。生物を構成する生体膜も半透膜の性質をもっている。生物の体液と濃度が同じで 圧が等しい食塩水を生理食塩水という。

(1) および にあてはまる適切な語句を答えよ。

(2) 図1の装置を用いて、Aに 2.0×10^{-3} mol/Lのグルコース水溶液を、Bに次の①～⑤の水溶液を液面が同じ高さになるようにそれぞれ加え、長時間放置した。①～⑤を加えたときの変化について、Aの方がBの液面の高さより高くなる、Bの方がAの液面の高さより高くなる、あるいはAとBの液面の高さが同じままのものに分類して記号で答えよ。該当するものがない場合には、解答欄に「なし」と記せ。ただし、スクロースは希酸により完全に加水分解され単糖の混合物になるとする。また、水分子以外の分子あるいはイオンは半透膜を透過しないとする。

- ① 5.0×10^{-4} mol/Lのグルコース水溶液
- ② 5.0×10^{-4} mol/Lのスクロース水溶液
- ③ 1.0×10^{-3} mol/Lのスクロース水溶液に希酸を加えた水溶液
- ④ 1.0×10^{-3} mol/LのNaCl水溶液(電離度は1.0とする。)
- ⑤ 1.0×10^{-3} mol/LのMgCl₂水溶液(電離度は1.0とする。)

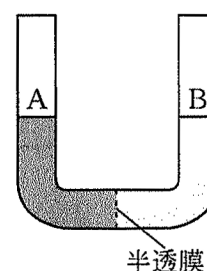


図1

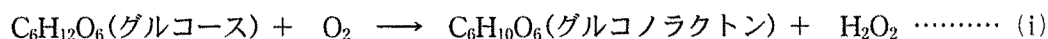
(3) 下線部(a)について、 で説明できる事例を次の①～④からすべて選び記号で答えよ。

- ① 脱水症状の治療のために血中の電解質よりも高い濃度の電解質溶液を輸液する。
- ② 白い服に血液が付着したとき生理食塩水につけると血液の汚れが落ちやすくなる。
- ③ レタスを真水に浸すとパリッとして歯ざわりがよくなる。
- ④ 煮物は素早く冷ますと味が染み込む。

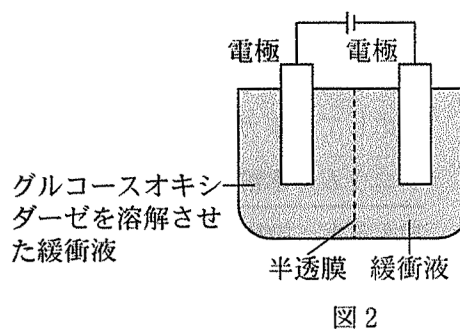
- (4) 下線部(b)について、図1のAには純水、Bには生理食塩水を加えたところ、
イ 圧は27℃で 7.66×10^5 Paであった。生理食塩水の質量パーセント濃度〔%〕
 を求めよ。水溶液の密度を 1.00 g/cm^3 とする。

問 2. 次の文章を読み、以下の(1)~(3)に答えよ。

血糖値は、血液中に含まれるブドウ糖(グルコース)の濃度のことであり、糖尿病の診断に用いられる。血液中のグルコースの濃度は、グルコースとのみ特異的に反応する酵素であるグルコースオキシダーゼを用いて、水溶液中に溶解している酸素により、グルコースがグルコノラクトンに酸化されるのと同時に生成する過酸化水素 H_2O_2 の物質量を電気化学的に測定することで知ることができる。

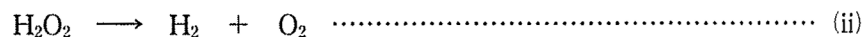


[実験] 図2の半透膜で仕切られた反応容器の右側には緩衝液を、左側にはグルコースオキシダーゼを溶解させた緩衝液を加えた。左側に100 mgの血液試料を混合し、電極の間に適度な電圧をかけ、流れた電流量を測定した。ただし、式(i)に示す物質はすべて半透膜を透過せず、式(i)で示した反応以外は起こらない。



- (1) 下線部(c)について、グルコースオキシダーゼは触媒である。触媒の一般的な働きについて説明せよ。

- (2) 下線部(d)について、 H_2O_2 の水溶液の電気分解が式(ii)にしたがって反応が完全に進行したとき、陰極と陽極で起こる反応を電子 e^- を含むイオン反応式でそれぞれ示せ。



- (3) 式(i)の反応が完全に進行したときに流れた電流量は $1.07 \times 10^{-1} \text{ C}$ であった。次の(ア)~(ウ)に答えよ。

- (ア) このとき生成した過酸化水素の物質量[mol]を求めよ。
 (イ) 血液試料中に含まれていたグルコースの物質量[mol]を求めよ。
 (ウ) 血液試料中に含まれていたグルコースの質量パーセント濃度〔%〕を求めよ。

3 次の文章を読み、以下の問1から問5に答えよ。

(配点比率 医：25%，教育・工・応生：20%)

芳香族炭化水素は、性状から反応性まで他の炭化水素には見られない様々な特徴をもつ化合物群である。例えば最も単純な芳香族炭化水素であるベンゼンを、濃硝酸と濃硫酸の混合物と高温で反応させると **A** が生じる。また、ベンゼンの水素原子1個がメチル基で置換されたトルエンを触媒を用いて **ア** すると、安息香酸が得られる。ベンゼンの水素原子2個がメチル基で置換されたキシレンには、メチル基の位置により3種類の **イ** 異性体が存在する。キシレンの異性体の一種を **ア** すると、**B** が得られ、これを加熱すると、分子内で **ウ** が起こり、染料や合成樹脂の原料として用いられる **C** が生じる。

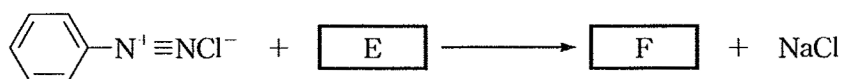
芳香族アミンは、染料や顔料の原料として広く利用されている。最も単純な芳香族アミンであるアニリンは、実験室では **A** をスズ(または鉄)と **エ** で **オ** すると生じる塩に水酸化ナトリウム水溶液を加えると遊離するので、これを回収すると得られる。アニリンの希塩酸溶液を氷冷しながら、**カ** 水溶液を加えると、塩化ベンゼンジアゾニウムが生じる。塩化ベンゼンジアゾニウムは氷冷下では安定に存在するが、5℃以上の温度になると水と反応して窒素ガスを発生させながら **D** が生成する。一方、氷冷した塩化ベンゼンジアゾニウムの水溶液に **D** を水酸化ナトリウム水溶液に溶かして **E** にしたものを加えると、染料になる橙色の **F** が生じる。

問 1. 次の①～⑤の記述のうち、ベンゼンに関する記述として正しいものをすべて選び、記号で答えよ。該当するものがない場合は、解答欄に「なし」と記せ。

- ① 無色・無臭の液体であり、水にほとんど溶けない。
- ② 炭素間の結合の長さはすべて等しく、平面構造をもつ。
- ③ 空気中で青色の炎を出して、完全燃焼する。
- ④ 空気中で多量のすすを出しながら燃焼する。
- ⑤ 不飽和二重結合を持っているため、置換反応よりも付加反応を起こしやすい。

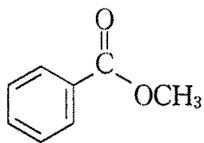
問 2. **ア** ～ **カ** にあてはまる適切な語句を答えよ。また、**A** ～ **D** の化合物の構造式を示せ。

問 3. 下線部(b)は以下の化学反応式で表される。**E** と **F** にあてはまる適切な化合物の構造式を示せ。

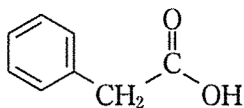


問 4. 以下に示す有機化合物 G ~ N について、以下の化学反応①~④が進行する化合物をそれぞれすべて選び記号で答えよ。また、該当する化合物がない場合には解答欄に「なし」と記せ。

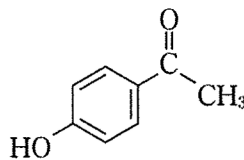
G



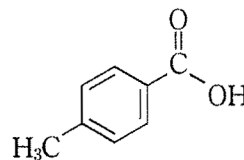
H



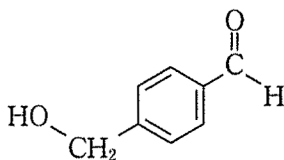
I



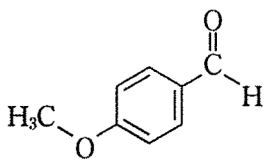
J



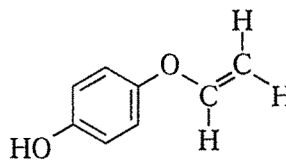
K



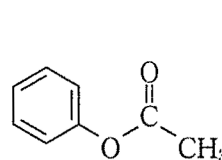
L



M



N



化学反応① 塩化鉄(Ⅲ)水溶液を加えると、青色から赤紫色に呈色する。

化学反応② アンモニア性硝酸銀水溶液との反応で銀鏡反応を示す。

化学反応③ 白金触媒の存在下で水素ガスを反応させると、分子式 $C_8H_{10}O_2$ の新たな化合物が生成する。

化学反応④ 炭酸水素ナトリウム水溶液を加えると、気体を発生させながら溶解する。

問 5. 問 4 の有機化合物 N に十分な量の水酸化ナトリウム水溶液を作用させると化学反応が完全^(c)に進行して溶解し、反応溶液中に 2 種類の有機化合物 O, P が生じた。得られた反応溶液に十分な量の二酸化炭素を吹き込み、ジエチルエーテルで抽出した有機層^(d)には有機化合物 Q が含まれていた。この実験に関して以下の(1)~(3)にそれぞれ答えよ。

(1) 下線部(c)を構造式を用いて化学反応式で示せ。

(2) 下線部(d)の有機化合物 Q の構造式を示せ。

(3) 下線部(d)において、二酸化炭素との反応により有機化合物 Q が生じた理由を 20 字以内で答えよ。

4 次の文章を読み、以下の問1から問6に答えよ。

(配点比率 医：25%，教育・工・応生：20%)

酢酸ビニルの **ア** で得たポリ酢酸ビニルを加水分解し、ポリビニルアルコールとした後、ホルムアルデヒドを含む水溶液を作用させて部分的に **イ** 化した。この合成高分子化合物はビニロンとよばれ、セルロースと同じように **ウ** 結合とヒドロキシ基の両方をもち、水に不溶で適度な吸湿性を示すために、木綿と似た性質をもつ。また、ナイロンは **エ** 結合の部分に分子間結合が多数形成されるために、高い強度を示し、絹と似た性質をもつ。代表的なナイロンであるナイロン66はアジピン酸とヘキサメチレンジアミンの **オ** で得られる。一方で、合成高分子化合物のうち、特別な機能を備えたものを機能性高分子化合物とよぶ。そのうち、水溶液中のイオンを別のイオンと交換するはたらきをもつ合成樹脂をイオン交換樹脂とよぶ。一般的なイオン交換樹脂は、スチレンに少量の *p*-ジビニルベンゼンを混ぜて **カ** させ、さらに酸性や塩基性の官能基を導入してつくられる。例えば、酸性のスルホ基(-SO₃H)を導入したイオン交換樹脂を塩化ナトリウム水溶液に浸すと、樹脂中の **キ** は **ク** と交換される。この様な樹脂を **ケ** 樹脂とよぶ。一方、アルキルアンモニウム基(-N⁺R₃、Rはアルキル基)を導入したものを、**コ** 樹脂という。イオン交換機能が低下した樹脂は、**サ** 反応を起こすことを利用して再生することができる。

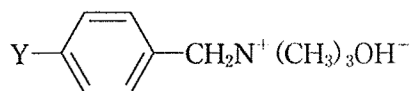
問 1. **ア** ~ **サ** にあてはまる適切な語句やイオンを以下の(a)~(t)から選び、記号で答えよ。

- | | | | |
|---------------------|----------------------|---------------------|---------------------|
| (a) アセタール | (b) アミド | (c) エーテル | (d) エステル |
| (e) 官能基 | (f) 陰イオン交換 | (g) 陽イオン交換 | (h) 脱イオン |
| (i) 共重合 | (j) 付加重合 | (k) 開環重合 | (l) 縮合重合 |
| (m) 触媒 | (n) 可逆 | (o) 不可逆 | (p) Na ⁺ |
| (q) Cl ⁻ | (r) Ca ²⁺ | (s) OH ⁻ | (t) H ⁺ |

問 2. 下線部(a), (b)の化学反応を、構造式を用いてそれぞれ示せ。

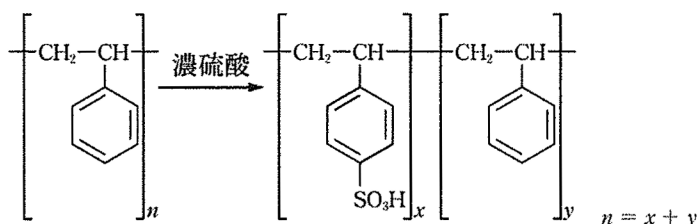
問 3. 平均分子量 2.20×10^4 のポリビニルアルコールから平均分子量 2.29×10^4 のビニロンが得られた。このとき、ポリビニルアルコールのヒドロキシ基の何%がホルムアルデヒドと反応したか求めよ。ただし、解答は有効数字3桁で示せ。

問 4. 右図のような官能基をもつイオン交換樹脂と塩化カリウム水溶液との化学反応式を示せ。Y は樹脂の骨格を表している。



問 5. 十分な量の陰イオン交換樹脂を詰めた円筒ガラス管に 2.50×10^{-2} mol/L の塩化カルシウム水溶液 50.0 mL を通してイオン交換した後、樹脂を完全に水洗した。水洗液もあわせて流出液をすべて集め、 2.00×10^{-2} mol/L の塩酸で中和するために必要な塩酸の量 [mL] を求めよ。ただし、解答は有効数字 3 桁で示せ。

問 6. 右図のように平均分子量 5.20×10^4 のポリスチレン重合体に濃硫酸を加え、一部のベンゼン環にスルホ基を導入した。その結果、元素分析



から硫黄 S が占める質量が 15.0 % の重合体を得られたことがわかった。使用したポリスチレン重合体に存在する全ベンゼン環の何%にスルホ基が導入されたか求めよ。ただし、解答は有効数字 3 桁で示せ。

5

次の文章を読み、以下の問1から問6に答えよ。

(配点比率 教育・工・応生：20%)

自然界において、金や白金などを除いた金属元素は、酸化物や硫化物などの化合物として鉱石中に含まれている。その鉱石を することで金属を得ることを という。人類は古来より様々な金属を生活に利用してきたが、なかでも鉄と銅は、大昔から現代にいたるまで、特に多く利用されてきた金属である。

鉄は金属元素のうちで、アルミニウムに次いで地殻中に多く存在する元素である。炭素を0.02～2%含んだ鉄は とよばれ、硬くて粘り強い性質を有するので、建材や鉄道レールなど様々な用途に利用される。鉄のさびには、赤さびと黒さびがあり、赤さびは水酸化鉄(Ⅲ)と酸化鉄(Ⅲ)の混合物である。 にクロムとニッケルを加えて作られた合金である は、表面にクロムの酸化物のち密な被膜が生じて内部が保護されるために、さびにくい。一方で、 の表面をスズでめっきしたものを という。また、同様に亜鉛でめっきしたものを という。 と に傷が付き鉄が露出した場合、 の方がさびにくいために、屋外の用途には が一般的に使用される。

銅は地殻中にはわずかしこ存在しておらず、黄銅鉱やくじゃく石などの鉱石中に集中的に存在している。単体の銅は、鉱石から得られた粗銅の によって製造される。スズと銅の合金である は融点が適度に低いために加工が容易であることから、美術工芸品などに利用されている。

問 1. ～ にあてはまる適切な語句をそれぞれ答えよ。

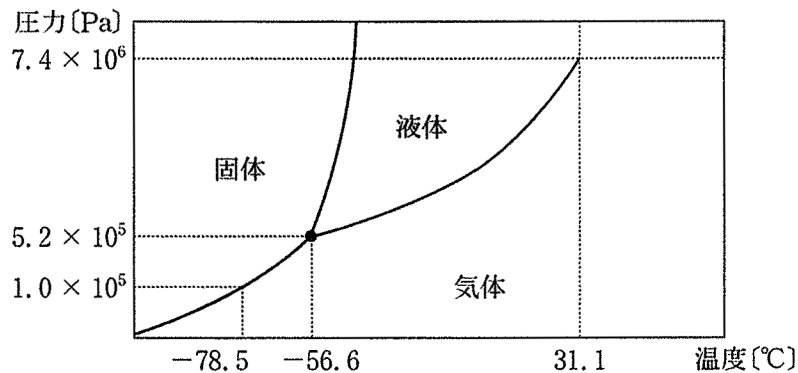
問 2. 金や白金を溶かす王水は2種類の酸の混合物で、酸 A に対して、3倍の体積の酸 B を混合したものである。酸 A と酸 B の名称をそれぞれ答えよ。

問 3. アルミニウムの粉末と酸化鉄(Ⅲ)の粉末の混合物に点火すると、多量の熱を発生して鉄の単体が得られる。この反応における熱化学方程式を示せ。ただし、酸化鉄(Ⅲ)と酸化アルミニウムの生成熱を、それぞれ Q_1 kJ/mol, Q_2 kJ/mol とする。

問 4. 赤熱した鉄に高温の水蒸気を吹き付けて、黒さびで表面をおおうことで内部の腐食を防ぐことができる。この操作において黒さびの主成分が生成する化学反応式を示せ。

問 5. 以下の(1)~(4)に答えよ。

- (1) 酸化鉄(Ⅲ)を適切な条件で一酸化炭素と完全に反応させた。79.8 gの酸化鉄(Ⅲ)を反応させるのに必要な一酸化炭素の物質質量[mol]を求めよ。
- (2) (1)で生じた気体に対して、27℃のときに、 1.40×10^5 Paで10.0 Lの窒素を加えて混合気体をつくり、15.0 Lの容器に入れて温度を67℃とした。このときの窒素の分圧[Pa]と、全圧[Pa]を求めよ。
- (3) ある物質の一酸化炭素と酸素の混合気体を13.0 Lの容器に入れた。この混合気体の圧力は27℃のときに 6.00×10^5 Paであった。この混合気体中の一酸化炭素を酸素と完全に反応させたところ、混合気体の圧力は、27℃で、 4.20×10^5 Paになった。反応前の混合気体中に存在する一酸化炭素の物質質量[mol]を求めよ。ただし、酸素は一酸化炭素に対して過剰に存在するものとする。
- (4) 図は二酸化炭素の状態図である。黒丸で示した点において、二酸化炭素はどのような状態にあると考えられるか答えよ。



問 6. 下線部について、露出した鉄が 力 においてさびにくいのは、鉄と比べて亜鉛がどのような性質をもつためだと考えられるか答えよ。