

令和 6 年度個別学力検査問題
(国際資源学部, 教育文化学部, 理工学部)

化 学

前 期 日 程

注 意 事 項

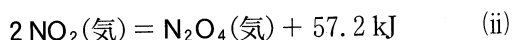
- 1 試験開始の合図があるまで, この問題冊子の中を見てはいけません。
- 2 この問題冊子は 14 ページあります。解答用紙は 3 枚あります。
問題は I から III まで 3 題あります。すべてに解答しなさい。
試験中に問題冊子の印刷不鮮明, ページの乱丁・落丁および解答用紙の汚れ等に気付いた場合は, 手を挙げて監督者に知らせなさい。
- 3 監督者の指示に従って, 解答用紙に受験番号と氏名を記入しなさい。
- 4 解答は, 解答用紙の該当欄に記入しなさい。文字, 記号などはまぎらわしくな
いように明確に記入しなさい。
- 5 実在気体とことわりがない限り, 気体は理想気体として扱うものとします。
- 6 必要なときは次の値を用いなさい。
ファラデー定数: $F = 9.65 \times 10^4 \text{ C/mol}$
原子量: H 1.0, C 12, N 14, O 16, Cu 63.5
- 7 配付された解答用紙は, 持ち帰ってはいけません。
- 8 試験終了後, 問題冊子は持ち帰りなさい。

(5) 次の Mg, Ca および Al に関する①～⑤の記述のうち, Mg のみにあてはまるものを1つ選び, 番号を記しなさい。

- ① 元素の検出に, 炎色反応が利用される。
- ② 単体は, 熔融塩(融解塩)電解によって得られる。
- ③ 酸化物は, 水に溶けやすい。
- ④ 水酸化物は, 弱塩基である。
- ⑤ ジュラルミンの主な成分である。

問 2 次の文章を読み、設問(1)~(5)に答えなさい。

二酸化窒素 NO_2 は赤褐色の気体であり、この気体を構成する分子 2 個が化学結合をおこすと四酸化二窒素 N_2O_4 の分子を形成する。^a この反応の化学反応式および熱化学方程式はそれぞれ次のとおりである。



また、気体の N_2O_4 は無色である。

いま、 1.0 mol の NO_2 ガスを先端に封をしたピストンに導入し、次の操作 1 ~ 4 を行ったところ、気体の色の濃さに変化があった。

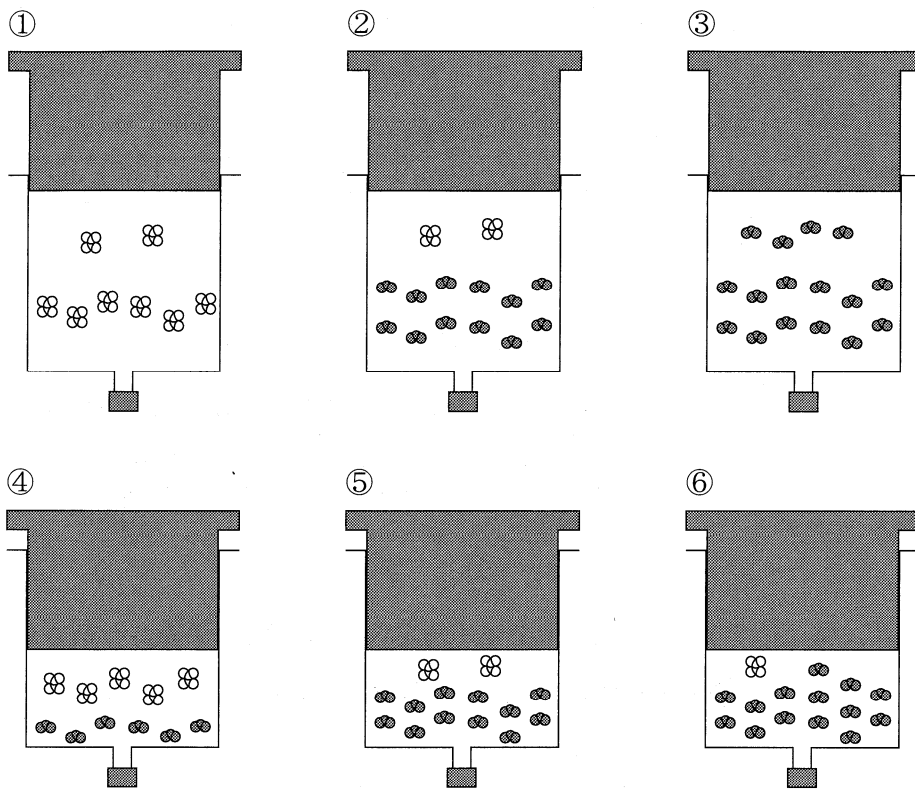
操作 1 ピストンを 27°C 、 $1.0 \times 10^5 \text{ Pa}$ の大気中で十分な時間放置したところ、気体の色はわずかに薄くなった。

操作 2 その後、ピストンを素早く押し込み、ピストン内の体積を半分程度に小さくしたところ、気体の色が濃くなった。

操作 3 ピストンの位置をそのままに保ったところ、気体の色はしだいに薄くなった。

操作 4 ピストンの位置を保ったまま、ピストン全体の温度を 0°C にしたところ、気体の色はさらに薄くなった。^b

(1) 操作 1 ~ 3 を行った後の、気体の色の変化する様子に対応する気体分子のおおまかな模式図を、次の図の①~⑥の中から最も適当なものを選び、操作 1 → 操作 2 → 操作 3 の順に番号をならべて記しなさい。



$\bullet\bullet$: NO_2 分子 (赤褐色), $\circ\circ$: N_2O_4 分子 (無色)

- (2) 下線部 **b** において、気体の色に変化があった理由を記しなさい。
- (3) ピストンに導入された 1.0 mol の NO_2 のうち、操作 1 で x mol が下線部 **a** の反応を起こしたとする。このとき、表 2 の ア , イ にあてはまる式をそれぞれ記しなさい。

表 2 ピストン内の気体の変化

	NO_2 の物質質量	N_2O_4 の物質質量
気体導入時	1.0 mol	0 mol
操作 1	ア mol	イ mol

- (4) 化学反応式(i)に対する圧平衡定数 K_p の式を、平衡時の NO_2 の分圧 p_{NO_2} および N_2O_4 の分圧 $p_{\text{N}_2\text{O}_4}$ を用いて記しなさい。
- (5) 操作 1 における N_2O_4 の生成量は何 mol か、計算の途中経過とともに、有効数字 2 桁で記しなさい。ただし、操作 1 において、圧平衡定数 K_p は $0.25 \times 10^{-5} \text{ Pa}^{-1}$ とし、ピストン内の全圧は変化しないものとする。また、 $\sqrt{2} = 1.4$ とする。

II 次の問1および問2に答えなさい。

問1 次の文章を読み、設問(1)~(6)に答えなさい。

窒素の水素化合物であるアンモニアは無色の刺激臭を有する気体である。アンモニア分子は三角錐形の極性分子であり、分子中の窒素原子の電気陰性度が大きく、分子間に ^a ア と呼ばれる分子間力が生じるため、同族元素であるリンやヒ素の水素化合物より分子量が小さいにもかかわらず沸点が高い。また、同じ極性分子である水によく溶ける。

亜鉛イオンを含む水溶液に少量のアンモニア水を加えると化合物Aの白色沈殿を生じる。また、銀イオンを含む水溶液に少量のアンモニア水を加えると酸化銀の褐色沈殿を生じ、さらに過剰に加えると、沈殿が溶解し透明な溶液になる。

アンモニアは塩化アンモニウム水溶液に水酸化ナトリウム水溶液を作用させると発生させることができる。また、化学製品の原料として重要な化合物であり、アンモニアを原料として得られる硝酸は、火薬や医薬品の製造に広く用いられている。

(1) 下線部 a について、極性分子を次の①~④の中から1つ選び、番号で記しなさい。

- ① 酸素 ② 二酸化炭素 ③ 四塩化炭素 ④ 塩化水素

(2) ア に入る適切な語を記しなさい。

(3) 化合物Aの化学式を記しなさい。

(4) 下線部 b について、沈殿が溶解する反応を化学反応式で記しなさい。

- (5) 下線部 **c** において、アンモニアが得られる理由を、次の語群から 2 語を使用して説明しなさい。

語群： 強酸 弱酸 強塩基 弱塩基

- (6) 下線部 **d** について、アンモニア分子と硝酸分子中の窒素原子の酸化数をそれぞれ記しなさい。

問 2 次の文章を読み、設問(1)~(6)に答えなさい。

鉱石から金属単体を取り出す操作を製錬という。鉄の製錬では赤鉄鉱(主成分 Fe_2O_3) が原料となる。溶鉱炉に赤鉄鉱、コークスなどを入れ、熱風を吹き込むと、コークスが燃焼し、一酸化炭素が生じる。これが赤鉄鉱を還元することで、金属鉄が得られる。このとき得られる鉄は^a銑鉄^bと呼ばれ、これを転炉に移し、酸素を吹き込むと、 が得られる。一方、銅の製錬は^c黄銅鉱(主成分 CuFeS_2)などが原料となる。溶鉱炉に黄銅鉱、ケイ砂、石灰石を入れて加熱し、硫化銅を得た後、それを転炉に移し、高温で空気を吹き込むと、純度約 99 % の が得られる。残りの不純物を取り除く際には、電解精錬を利用する。銅の場合、銅(II)イオンを含む硫酸水溶液に、陽極として 、陰極として純銅板を用い、直流電流を流すことで^d陰極表面に金属銅を析出させることができる。電解精錬後、陽極の下には^e陽極泥が堆積する。

(1) , に当てはまる語を記しなさい。

(2) 下線部 a について、 Fe_2O_3 が金属鉄になる反応を表す化学反応式を記しなさい。

(3) 下線部 b の銑鉄に関する記述として、最も適切なものを 1 つ選び、番号を記しなさい。

- ① 炭素の含有量は 4 % 程度である。
- ② レールや鉄骨として用いられる。
- ③ 強靱で弾性がある。
- ④ 磁石につかない。

(4) 下線部 **c** に関連して、銅(II)イオンと鉄(III)イオンを含む希硝酸溶液から、銅化合物のみを沈殿物として回収する方法として、最も適切なものを1つ選び、番号を記しなさい。

- ① 塩酸を添加する。
- ② 酸性下で硫化水素を吹き込む。
- ③ 水酸化ナトリウムを用いて塩基性にする。
- ④ 過剰のアンモニア水を添加する。

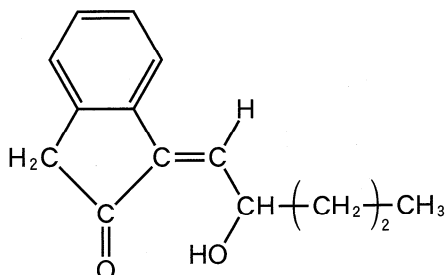
(5) 下線部 **d** について、硫酸銅水溶液に 5.00 A の電流を 30.0 分間流したとき、陰極表面に析出する銅の量は何 g か、計算の途中過程とともに、有効数字 3 桁で記しなさい。

(6) 下線部 **e** の陽極泥に含まれる代表的な金属として、最も適切なものを1つ選び、番号を記しなさい。

- ① 亜鉛
- ② 鉄
- ③ ニッケル
- ④ 金

Ⅲ 次の問1および問2に答えなさい。ただし、構造式は以下の例にならって記しなさい。

構造式の例



問1 次の芳香族化合物に関する文章を読み、設問(1)~(7)に答えなさい。

ベンゼン環を分子中にもつ炭化水素を芳香族炭化水素という。ベンゼン環の不飽和結合は安定であるため、ベンゼン環の構造が保持される置換反応が起こりやすく、付加反応を起こしにくい。しかし、特別な反応条件のもとでは付加反応を起こす。^a

ベンゼン環の水素原子をアミノ基に置換した化合物を芳香族アミンといい、代表的なものにアニリンがある。アニリンは次の方法によって合成される。

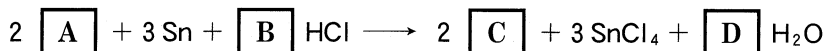
ベンゼンに濃硝酸と濃硫酸の混合物を加えて加熱すると、ニトロ基が直接結合したニトロベンゼンが生成する。^b このニトロベンゼンをスズと濃塩酸で還元するとアニリン塩酸塩となる。^c これに水酸化ナトリウム水溶液を加えることでアニリンが得られる。

一方、ベンゼン環の水素原子をヒドロキシ基に置換した化合物はフェノールである。フェノールは工業的な合成法のクメン法により製造される。ベンゼンと **ア** から触媒を用いて反応させるとクメン(イソプロピルベンゼン)が得られる。クメンを酸化してクメンヒドロペルオキシドにした後、硫酸で分解するとフェノールと **イ** が生成する。

(1) 下線部 a について、加圧下で白金またはニッケルを触媒として、ベンゼンに水素を反応させると生成する化合物の名称を記しなさい。

(2) 下線部 **b** において、ベンゼン 5 g から生成するニトロベンゼンは何 g か。
ただし、ベンゼンの 60 % が反応するものとし、小数第 1 位まで記しなさい。

(3) 下線部 **c** で起こる化学変化について、下記の化学反応式を完成させなさい。**A** と **C** には芳香族化合物の構造式、**B** と **D** は係数を記しなさい。



(4) アニリンの塩酸溶液に、氷冷しながら亜硝酸ナトリウムを反応させたところ、低温で安定な塩が生成した。このとき、生成した塩の構造式を記しなさい。

(5) $\boxed{\text{ア}}$ に入る化合物の名称を記しなさい。

(6) $\boxed{\text{イ}}$ の化合物の性質について正しいものを①～④の中から 1 つ選び、番号を記しなさい。

- ① 塩化鉄(Ⅲ)水溶液を加えると呈色する。
- ② フェーリング液によって還元される。
- ③ ヨードホルム反応を示す。
- ④ 硫酸酸性の二クロム酸カリウム水溶液によって酸化される。

(7) ニトロベンゼン、アニリンおよびフェノールが溶解するエーテル溶液がある。抽出によりフェノールだけを水層に分離するとき、水層に用いる水溶液として最もふさわしいものを①～④の中から 1 つ選び、番号を記しなさい。

- ① 塩酸
- ② 水酸化ナトリウム水溶液
- ③ 炭酸水素ナトリウム水溶液
- ④ 塩化ナトリウム水溶液

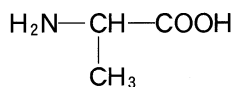
問 2 次の文章を読み、設問(1)~(6)に答えなさい。

α -アミノ酸は、分子内の同一炭素原子にカルボキシ基とアミノ基が結合している、酸と塩基の性質を示す両性化合物である。そのため、ある pH の水溶液中では、^a分子内に正電荷と負電荷を合わせもつ双性イオンとなる。アミノ酸の水溶液が特定の pH になると、^b陽イオン、双性イオン、陰イオンの電荷の総和が全体として 0 になる。この pH をそのアミノ酸の等電点という。

2 分子の α -アミノ酸が縮合して生じた分子をジペプチド、3 分子の α -アミノ酸が縮合した分子をトリペプチドと呼ぶ。^cさらに、多数の α -アミノ酸が縮合し鎖状に連なった分子はポリペプチドと呼ばれ、タンパク質はポリペプチド構造が基本となった、生命活動を支える重要な天然高分子化合物である。

酵素は、主にタンパク質から構成され、生体内の反応の^d触媒としてはたらく。酵素の特性として、1つの酵素はある特定の物質(基質)に対してだけ触媒作用を示す。この性質を酵素の ア という。

- (1) 下線部 a について、アラニンに無水酢酸を反応させた場合の化学反応式を記しなさい。



アラニンの構造式

- (2) 下線部 b について、等電点が 6.0 であるアミノ酸を pH = 9.6 の緩衝液に溶かし、電気泳動を行った。このアミノ酸は陽極と陰極のどちらに向かって移動するか、理由とともに簡潔に記しなさい。

(3) 下線部 **c** について、1分子のアラニンと1分子のグリシン $\text{H}_2\text{N}-\text{CH}_2-\text{COOH}$ が縮合して生じたジペプチドの構造式をすべて記しなさい。このとき、ジペプチドの構造中に含まれるすべての不斉炭素原子の右上に*印をつけて記しなさい。ただし、鏡像異性体は区別しなくてよい。

(4)

ア

 に入る最も適切な語を記しなさい。

(5) 下線部 **d** について、一般的に無機触媒を用いた反応では温度が高くなるほど反応速度が大きくなる。それに対して、生体内の多くの酵素では、ある温度までは反応速度が大きくなるが、それ以上の高温になると急激に反応速度が小さくなる。酵素反応の速度が急に低下する理由を簡潔に記しなさい。

(6) アミノ酸とタンパク質に関する記述について、正しいものを次の①～⑤から1つ選び、番号を記しなさい。

- ① 天然に存在する α -アミノ酸のほとんどが、D型の鏡像異性体である。
- ② アミノ酸は、分子量が同程度のカルボン酸やアミンに比べて融点が低い。
- ③ 水に溶けやすいタンパク質は、水に溶かすと親水コロイドになるが、多量の電解質を加えると沈殿する。
- ④ タンパク質は、その形状から単純タンパク質と複合タンパク質に分類される。
- ⑤ アミノ酸やジペプチドは、ビウレット反応で検出できる。