

2018年度

理 科

R 2

化 学

〔問題ページ数〕

〔解答用紙枚数〕

9 ページ

8 枚

2月25日(日)

【前期日程】

理 学 部 (数学科, 化学科, 地球科学科)

工 学 部 (電子物質科学科, 化学バイオ工学科,
数理システム工学科)

農 学 部

地域創造学環 (選抜方法A)

13 : 00 ~ 14 : 20

注 意 事 項

試験開始前

- 1 監督者の指示があるまで、問題冊子、解答用紙に手を触れてはいけません。
- 2 監督者の指示に従い、自分の選択した科目の問題冊子、解答用紙であるかどうかを確かめ、全部の解答用紙に受験番号を記入しなさい。
- 3 出願時に選択した科目と解答した科目が異なる場合は採点されません。

試験開始後

- 4 はじめに、問題冊子、解答用紙を確かめ、枚数の不足や、印刷の不鮮明なもの、ページの落丁・乱丁があった場合は、手をあげて監督者に申し出なさい。
- 5 問題は、1～4の全てを解答しなさい。
- 6 解答はすべて解答用紙に記入しなさい。
- 7 問題は、声を出して読んではいけません。
- 8 各問ごとの配点は、比率(%)で表示してあります。

試験終了後

- 9 問題冊子は、必ず持ち帰りなさい。

【注意】 必要ならば、次の数値を用いること。

原子量：H 1.0, C 12, N 14, O 16, Na 23, Al 27, S 32, K 39,

Cu 64, Zn 65, Br 80, Ag 108, Ba 137, Pb 207

気体定数： $8.3 \times 10^3 \text{ L}\cdot\text{Pa}/(\text{mol}\cdot\text{K})$ ，アボガドロ定数： $6.0 \times 10^{23}/\text{mol}$

1 次の文章を読み、下の問いに答えよ。(配点 25%)

金属の単体は金属結合によって結晶をつくり、金属光沢がある、延性や展性に富む、電気をよく伝えるなどの特徴的な性質をもつ。実際に金属を材料として用いる場合には、他の金属や非金属を溶かし合わせた合金や、表面を他の金属で被覆した(めっきした)ものを用いることが多い。これは、合金にすることによって単体では得られない優れた特性をもった金属材料を得ることができたり、めっきによって表面を保護できたりするためである。

たとえば、銅は亜鉛との合金にすることで適度な硬さを示すようになる。この合金は、5円硬貨や金管楽器などに使われており、とよばれている。台所用品や鉄道車両などに用いられているは、鉄とクロムの他にニッケルなどの元素を含むこともある合金であり、硬くさびにくい性質をもっている。クロムは、常温の空気中において単体のかたまりでは内部まで酸化されにくい^(a)が、化合物中ではさまざまな酸化数をとることが知られている。また、コンピュータなどの電子機器における信頼性が要求される電気配線のコネクタ(着脱可能な配線の接続部品)^(b)などには、金で表面をめっきした金属端子が多く用いられている^(c)。

一般に固体の金属が示す電気伝導性や金属光沢ならびには、金属中に存在するとよばれる粒子によって、おもに説明することができる。ただし、一般に金属は塩になると、固体状態ではが存在しないため電気を通さない。しかし、多くの場合、金属の塩の水溶液はが移動できるために電気を通す。このような水溶液のなかには、特定の試薬との反応で特徴的な色を示したり沈殿が生じたりするものも知られている。これらの性質は金属の種類に大きく依存しており、そのため水溶液中に含まれている金属イオンを調べる手法として利用することができる^(d)。

問 1 文章中の～に入る最も適切な語を次の選択肢(a)～(j)のうちから選び、それぞれ記号で記せ。

- | | | |
|--------------|--------------|------------|
| (a) 黄銅(真ちゅう) | (b) 青銅(ブロンズ) | (c) ジュラルミン |
| (d) ステンレス鋼 | (e) 自由電子 | (f) イオン |
| (g) 水分子 | (h) 熱伝導性 | (i) 耐食性 |
| (j) 潮解性 | | |

問 2 下線部(a)について、その理由を簡潔に記せ。

問 3 下線部(b)について、クロム酸イオンと二クロム酸イオンに含まれるクロム原子それぞれの酸化数を記せ。また、これらの二つのイオンは水溶液中で平衡関係にあり、水素イオン濃度に依存して、異なる色(酸性：橙赤色，塩基性：黄色)を示す。酸性と塩基性におけるそれぞれの色をもたらすイオンの化学式(イオン式)を記せ。

問 4 下線部(c)について、金よりも銀や銅の方が電気を通しやすいにもかかわらず、なぜ金めっきが用いられているのか。コネクタ端子表面の状態に注目し、“イオン化傾向”および“電気伝導性”という語を両方用いて、その理由を簡潔に記せ。

問 5 下線部(d)について、金属イオンとして Zn^{2+} 、 Al^{3+} 、 K^+ 、 Ag^+ 、 Cu^{2+} 、 Ba^{2+} 、 Pb^{2+} のいずれか一つを含む 6 種類の水溶液について金属イオンの種類を識別する実験をおこなった。まず、A~F のラベルを付けた試験管に各溶液を別々に取り分け、次の 3 種類の実験(I)~(III)をおこなった。下の(1)~(5)に答えよ。なお、実験(I)が終わった後で実験(II)を行う際には、すべての試験管を十分に清浄したのち、新たな水溶液を取り分けてから実験を行った。実験(II)が終わった後で実験(III)を行う際にも同様の操作を行った。

この際、同じラベルの試験管には各回同じ金属イオンを含む水溶液を取り分けるようにした。

実験(I) 試験管 A~F に希塩酸を加えると、試験管 A のみに白色沈殿が生じた。また、この沈殿に光を当てると黒色に変化した。

実験(II) 試験管 A~F に試薬 X を少量加えると、試験管 A、B、C、D ではさまざまな色の沈殿が生成したが、試験管 E、F では沈殿は生成しなかった。沈殿が生じた試験管にさらに試薬 X を過剰に加えると、試験管 B には変化が生じなかったのに対し、試験管 A、C では沈殿が溶解して無色の水溶液となった。また、試験管 D では沈殿が溶解して深青色の水溶液となった。

実験(III) 試験管 E、F に試薬 Y を加えたところ、試験管 E のみに白色の沈殿が生成した。また、この沈殿は希塩酸と反応して気体を発生しながら溶解した。

(1) 試験管 A~F に含まれている金属イオンの化学式(イオン式)を記せ。

(2) 試薬 X、Y として、次の選択肢(a)~(f)のうちから最も適切なものをそれぞれ一つ選び、記号で記せ。ただし、試薬が気体の場合には、試験管中の水溶液にその気体を通じるものとする。

(a) 水酸化ナトリウム水溶液

(b) アンモニア水

(c) 硫化水素

(d) 硫酸ナトリウム水溶液

(e) 硝酸ナトリウム水溶液

(f) 炭酸アンモニウム水溶液

(3) 実験(III)において、気体が発生する反応を化学反応式で示せ。

- (4) 実験(Ⅲ)において、発生した気体が温度 27°C 、圧力 $1.00 \times 10^5 \text{ Pa}$ で占める体積は 24.9 mL であった。設問(3)の反応式にしたがって完全に反応が進行したとすると、希塩酸を加える前に生じていた沈殿は何 g であったと考えられるか。所定の欄に計算過程を示し、有効数字2桁で答えよ。ただし、発生した気体は理想気体とみなすことができ、かつ溶液への溶解は無視できるものとする。また、沈殿は十分洗浄して乾燥させ、水和水を含まないものとする。

2 次の文章を読み、下の問いに答えよ。(配点 25 %)

元素は、単体や化合物を構成する基本的な成分で、とくに周期表の 18 族の元素は希ガス元素^(a)とよばれる。各元素の基本粒子は原子とよばれる。原子は、正の電荷をもつ原子核と、負の電荷をもつ電子から構成されている。原子内の電子は、電子殻^(b)とよばれるいくつかの層に分かれて存在する。電子殻は内側から順に K 殻、L 殻、M 殻、N 殻、…とよばれている。異なる元素の原子^(c)が共有結合を形成する場合、電気陰性度の違いにより、結合に極性を生じる。水は分子全体で極性をもつ極性分子である。そのため、一般に液体の水には電解質がよく溶解する。たとえば電解質の炭酸ナトリウムは水によく溶ける。一方で、電解質である塩化鉄(III)の水溶液を、沸騰している水^(d)に加えると赤褐色のコロイド溶液(ゾル)^(e)になる。非電解質であってもグルコースやスクロース^(f)は水によく溶ける。氷の結晶中では、水 1 分子がまわりの水 4 分子と分子間力の中でも比較的強い 結合によって引き合っている。

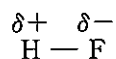
問 1 文章中の に入る適切な語を記せ。

問 2 下線部(a)について、希ガス元素の原子は他の原子と共有結合を形成しにくい特徴をもつ。その理由を電子配置上の特徴をふまえて簡潔に記せ。

問 3 下線部(b)について、イオンになっていない状態で K 殻に 2 個、L 殻に 8 個、M 殻に 8 個、N 殻に 2 個電子をもつ原子の元素記号を記せ。また、この原子の質量数が 44 である同位体の中性子の数を記せ。

問 4 下線部(c)について、次の例のように構造式の原子の近くに $\delta+$ 、 $\delta-$ の記号を付すことで結合の極性を示すことができる。水素、二酸化炭素、アンモニア、メタンの中から極性分子をすべて選び、例にしたがって分子中のすべての原子に $\delta+$ または $\delta-$ を付した構造式で示せ。なお、電気陰性度は、水素が 2.2、炭素が 2.6、窒素が 3.0、酸素が 3.4 とする。

例 フッ化水素



問 5 下線部(d)について、炭酸ナトリウム Na_2CO_3 (式量 106) はある温度において水 100 g に 24.0 g 溶ける。この温度の水 100 g に炭酸ナトリウム一水和物 $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ は何 g 溶けるか、所定の欄に計算過程を示し、有効数字 2 桁で答えよ。ただし、水温は溶解の前後で一定に保たれるものとする。

問 6 下線部(e)について、次の(1)および(2)に答えよ。

- (1) コロイド溶液(ゾル)とは何か。コロイドという語を用いずに簡潔に記せ。
- (2) 下線部(e)で起こっている化学反応を、化学反応式を用いて記せ。また、このコロイド溶液は、酸性、中性、塩基性のいずれになるか、解答欄で適切なものを○で囲め。

問 7 下線部(f)について、グルコースやスクロースが水によく溶ける理由を分子構造上の特徴をふまえて簡潔に記せ。

問 8 次の(1)および(2)に答えよ。

- (1) 次の表の結合エネルギーを用いて、気体の水素と液体の臭素から気体の臭化水素 1 mol が生成する反応の熱化学方程式を記せ。臭素の蒸発熱を 31 kJ/mol とする。また、所定の欄に熱化学方程式を求めた過程を示せ。

表 共有結合の結合エネルギー

結 合	結合エネルギー [kJ/mol]
H-H	436
Br-Br	193
H-Br	366

- (2) 気体の水素 0.600 g と液体の臭素 32.0 g から、気体の臭化水素が設問(1)で求めた熱化学方程式にしたがって生成する場合を考える。反応が 100 % 進行した場合に発生する熱量 [kJ] を有効数字 2 桁で答えよ。また、所定の欄に計算過程を示せ。

3 次の文章を読み、下の問いに答えよ。必要ならば、次の数値を用いること。(配点 25 %)

$$\sqrt{2.0} = 1.4, \sqrt{3.0} = 1.7, \log_{10} 2.0 = 0.30, \log_{10} 3.0 = 0.48$$

水溶液の酸と塩基の強弱は、溶液中の水素イオン濃度で決まり、酸性・塩基性の程度は水素イオン指数(pH)で表される。^(a)酸や塩基が水溶液中で電離する割合は物質によって異なっており、溶かした全物質質量に対する電離した物質質量の割合を電離度という。一般に、電離度が濃度によらず1に近いものを強酸、強塩基といい、濃度が大きいとき電離度が1よりもかなり小さいものを弱酸、弱塩基という。弱酸である酢酸と強塩基である水酸化ナトリウムとの塩である を水に溶かすと、その水溶液は塩基性を示す。これは、 から生じた の一部が水と反応して、水酸化物イオンを生じるためである。アンモニアは水溶液中で一段階の電離をする弱塩基である。^(b)また、硫化水素は水溶液中で二段階の電離をする弱酸であり、いろいろな金属イオンと反応して硫化物の沈殿を生成する。^(c)

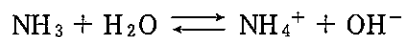
問 1 文章中の および に入る適切な示性式とイオン式をそれぞれ記せ。

問 2 下線部(a)について、次の(1)および(2)に答えよ。

- (1) 濃度が 1.00×10^{-2} mol/L の塩酸の pH を有効数字 2 桁で答えよ。また、所定の欄に計算過程を示せ。ただし、塩化水素の電離度を 1.00 とする。
- (2) 濃度が 1.00×10^{-3} mol/L の水酸化ナトリウム水溶液の pH を有効数字 2 桁で答えよ。また、所定の欄に計算過程を示せ。ただし、水酸化ナトリウムの電離度を 1.00 とし、水のイオン積 K_w を 1.00×10^{-14} (mol/L)² とする。

問 3 下線部(b)について、次の(1)~(3)に答えよ。ただし、物質のモル濃度[mol/L]は $[\text{NH}_3]$ 、 $[\text{OH}^-]$ のように表すものとする。

- (1) アンモニアの水溶液では次のような電離平衡が成り立つ。

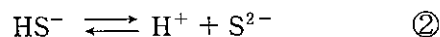
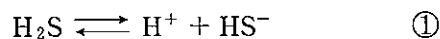


このときの平衡定数 K を、関係する物質のモル濃度を用いて表せ。

- (2) アンモニアの希薄な水溶液では、アンモニアと反応する水の量は少量であり、水の濃度は一定とみなすことができる。このとき、 $K[\text{H}_2\text{O}]$ は塩基の電離定数 K_b ともよばれる。 K_b を、関係する物質のモル濃度を用いて表せ。
- (3) n [mol] のアンモニアを水に溶かして V [L] としたとき、電離定数 K_b を n 、 V とアンモニアの電離度 α を用いて表し、単位を付して答えよ。また、所定の欄に導出過程を記せ。

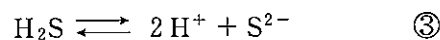
問 4 下線部(C)について、次の(1)~(4)に答えよ。ただし、物質のモル濃度[mol/L]は $[\text{H}_2\text{S}]$ 、 $[\text{H}^+]$ のように表すものとする。

(1) 硫化水素は水溶液中で次のように二段階の電離をする。



①式と②式の電離定数をそれぞれ K_1 、 K_2 としたとき、それぞれの電離定数を、関係する物質のモル濃度を用いて表せ。

(2) ①式と②式をまとめると、次式が得られる。



③式の平衡定数を K_3 とした場合、 K_3 を K_1 と K_2 を用いて表せ。また、所定の欄に導出過程を記せ。

(3) 1.00×10^{-2} mol の硫化水素を水に溶かして 1.00 L としたとき、水溶液の pH を有効数字 2 桁で答えよ。また、所定の欄に計算過程を示せ。ただし、 K_1 は 9.6×10^{-8} mol/L とする。また、この計算においては、 $[\text{H}^+]$ は $[\text{H}_2\text{S}]$ に比べて非常に小さいものとし、二段階目の電離は無視できるものとする。

(4) 亜鉛(II)イオンを含む水溶液に硫化水素を通じると、白色沈殿が生じた。しかし、亜鉛(II)イオンを含む水溶液を希塩酸により酸性にしたのち硫化水素を通じても、白色沈殿は生じなかった。白色沈殿が生じなかった理由を③式をもとに簡潔に記せ。

4 次の文章を読み、下の問いに答えよ。(配点 25%)

イオン交換樹脂は一般に、スチレンと少量の *p*-ジビニルベンゼンの共重合体を樹脂本体とし、酸性または塩基性の官能基を導入することで行われる。アルキルアンモニウム基の水酸化物のような塩基性の官能基をもち、水溶液中の (ア) イオンと結合し水酸化物イオンを放出する樹脂を (ア) イオン交換樹脂という。

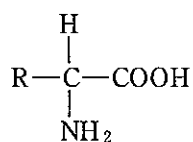
アミノ酸は、分子内にアミノ基とカルボキシ基をもつ化合物である。アミノ基とカルボキシ基が、同一の炭素原子に結合しているアミノ酸を α -アミノ酸という。生体のタンパク質を構成する約二十種類の主要な α -アミノ酸のうち、(イ) 以外には (ウ) 炭素原子があるため、光学異性体が存在する。アミノ酸は酸とも塩基とも反応する両性電解質である。一般に、アミノ酸は水溶液中では、陽イオン、双性イオン、陰イオンの混合物として存在する。水溶液中において、これらのイオンは平衡状態にあり、pH の変化によりその割合が変わる。これらの平衡混合物の電荷の総和が 0 となる pH を等電点という。イオン交換樹脂を用いると、等電点の違いでアミノ酸を分離することができる。

α -アミノ酸の一種であるアラニンのアミノ基が (エ) 基に置き換わった構造の乳酸は、糖類の発酵で生じる。乳酸からつくられるポリ乳酸は、石油由来のプラスチックの代替品として注目されている。

問 1 文章中の (ア) ~ (エ) に入る最も適切な語を記せ。

問 2 下線部(a)について、あるタンパク質 30.0 g を水に溶かし 1.00 L の水溶液をつくった。この水溶液の浸透圧を 27 °C にて測定したところ、 1.49×10^3 Pa であった。このタンパク質の分子量を求めよ。所定の欄に計算過程を示し、有効数字 2 桁で答えよ。ただし、タンパク質の電離は考えないものとする。

- 問 3 下線部(b)について、次の一般式で示される等電点が 6.0 のアミノ酸 A に関する下の(1)および(2)に答えよ。



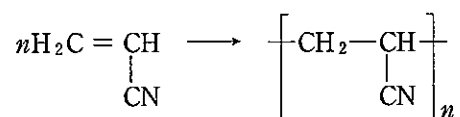
アミノ酸 A

- (1) アミノ酸 A の陽イオン、双性イオン、陰イオンの構造式を電離状態がわかるように記せ。側鎖(-R)部分の電離は考えないものとする。
- (2) アミノ酸 A を塩基性の緩衝液に溶かした。この溶液を電気泳動装置に入れて電圧を加えたとき、アミノ酸 A は陽極と陰極のいずれに向かって移動するか答えよ。またその理由を簡潔に記せ。

- 問 4 下線部(c)について、次の問いに答えよ。

- (1) 乳酸から重合度 n のポリ乳酸が生じる化学反応式を、次の例にならって記せ。

(例)



- (2) 分子量が 3.6×10^5 のポリ乳酸は何個のエステル結合を有するか。所定の欄に計算過程を示し、有効数字 2 桁で答えよ。
- (3) ポリ乳酸は、生分解性プラスチックとしても注目されている。生分解性プラスチックとはどのような性質のプラスチックか、簡潔に記せ。