

化 学

解答上の注意事項

数値の解答は、各問に指定されている解答欄の形式に従うこと。

例1：解答欄が指数表記の場合、320、32、3.2、0.032は、各々、 $\boxed{3}.\boxed{2}\times 10^{\boxed{2}}$ 、 $\boxed{3}.\boxed{2}\times 10^{\boxed{1}}$ 、 $\boxed{3}.\boxed{2}\times 10^{\boxed{0}}$ 、 $\boxed{3}.\boxed{2}\times 10^{-\boxed{2}}$ と解答する。

例2：解答欄が2桁の場合、2は $\boxed{0}\boxed{2}$ 、21は $\boxed{2}\boxed{1}$ と解答する。

例3：解答欄が3桁の場合、2は $\boxed{0}\boxed{0}\boxed{2}$ 、21は $\boxed{0}\boxed{2}\boxed{1}$ 、201は $\boxed{2}\boxed{0}\boxed{1}$ と解答する。

原子量および定数などは以下の値を使用すること。

原子量 H：1.00 C：12.0 N：14.0 O：16.0 F：19.0 Na：23.0 Mg：24.0

Cl：35.5 Cu：63.5 Ag：108 I：127

ファラデー定数： 9.65×10^4 C/mol

気体定数： 8.31×10^3 Pa·L/(K·mol)または、 8.31 Pa·m³/(K·mol)

標準状態(1.01×10^5 Pa, 273 K)における1 molの気体の体積：22.4 L

I 以下の問に答えよ。〔解答欄 $\boxed{\text{ア}}$ ~ $\boxed{\text{セ}}$ 〕

問1 以下の文章の空欄 $\boxed{\text{ア}}$ ~ $\boxed{\text{オ}}$ に適切な語を下の選択肢からそれぞれ選べ。

水素と他の元素との化合物を水素化合物という。非金属元素の水素化合物は、 $\boxed{\text{ア}}$ 結合からなり、常温、常圧下で $\boxed{\text{イ}}$ のものが多い。一方、陽性の強い金属元素の水素化合物は、 $\boxed{\text{ウ}}$ 結合からなる。この化合物では、水素の電子配置は $\boxed{\text{エ}}$ と同じであり、水素の酸化数は $\boxed{\text{オ}}$ である。

< 選択肢 >

- | | | | | | |
|--------------------|--------|----------|----------|---------|------|
| $\boxed{\text{ア}}$ | ① 共有 | ② イオン | ③ 水素 | ④ 配位 | |
| $\boxed{\text{イ}}$ | ① 気体 | ② 液体 | ③ 固体 | | |
| $\boxed{\text{ウ}}$ | ① 共有 | ② イオン | ③ 水素 | ④ 配位 | |
| $\boxed{\text{エ}}$ | ① 水素原子 | ② リチウム原子 | ③ ヘリウム原子 | ④ 水素イオン | |
| $\boxed{\text{オ}}$ | ① +2 | ② +1 | ③ 0 | ④ -1 | ⑤ -2 |

問 2 下の①～⑤の文のうち誤りを含むものを2つ選べ。 カ

- ① リン酸の結晶は潮解性がある。
- ② フッ化水素の水溶液は強酸性を示す。
- ③ 一酸化窒素は水に溶けると硝酸になる。
- ④ 二酸化炭素は炭酸カルシウムと希塩酸との反応で生じる。
- ⑤ 二酸化ケイ素は炭酸ナトリウムと加熱すると塩を生じる。

問 3 硫酸に関する(1)～(4)の文は、硫酸のどのような性質を示したもののか。下の①～⑤より、それぞれ1つ選べ。ただし、同じものを2回以上選んでも良い。

- (1) 銅に濃硫酸を加えて熱すると、二酸化硫黄が発生する。 キ
- (2) エタノールに濃硫酸を加えて加熱すると、エテンが生成する。 ク
- (3) 亜硫酸ナトリウムに希硫酸を加えると、二酸化硫黄が発生する。 ケ
- (4) 濃硫酸に水蒸気を含んだ水素ガスを通じると、乾燥した水素が得られる。 コ

- ① 吸湿性 ② 不揮発性 ③ 酸化作用 ④ 脱水作用 ⑤ 強酸性

問 4 金属イオンの周囲に、陰イオンや非共有電子対を持つ分子が配位結合したイオンを錯イオンという。錯イオンは、配位子となる陰イオンや分子の数により様々な構造をとる。テトラアンミンジクロロドコバルト(Ⅲ)イオンは、1つのコバルト(Ⅲ)イオンに2つの塩化物イオンと4つのアンモニア分子が配位した錯イオンである。この錯イオンには、配位子の位置の異なる異性体(幾何異性体)がある。この錯イオンが正八面体の構造をとっているとき、幾何異性体の数を答えよ。

サ シ 個

問 5 次の①～⑤の操作のうち、黒色沈殿を生じるものを2つ選べ。 ス

- ① アンモニア性硝酸銀水溶液にアセチレンを通じる。
- ② 塩基性条件下でアセトンにヨウ素を加え、加熱する。
- ③ フェーリング液にアセトアルデヒドを加え、加熱する。
- ④ 塩化銅(Ⅱ)水溶液に水酸化ナトリウム水溶液を加え、加熱する。
- ⑤ システイン水溶液に水酸化ナトリウムを加え加熱し、酢酸鉛(Ⅱ)水溶液を加える。

問 6 5種類の金属イオン(Ag^+ , Ba^{2+} , Fe^{3+} , Pb^{2+} , Zn^{2+})を含む混合水溶液に、図1に示す操作をおこなって金属イオンを分離した。ろ液 a とろ液 b に分離される金属イオンに共通する性質を、下の文①~⑦から2つ選べ。 セ

- ① 黄緑色の炎色反応を示す。
- ② 希硫酸を加えると白色沈殿が生成する。
- ③ ヨウ化カリウム水溶液を加えると黄色沈殿が生成する。
- ④ 水酸化ナトリウム水溶液を加えると白色沈殿が生成する。
- ⑤ クロム酸カリウム水溶液を加えると黄色沈殿が生成する。
- ⑥ チオシアン酸カリウム水溶液を加えると血赤色の水溶液となる。
- ⑦ ヘキサシアニド鉄(Ⅲ)酸カリウム水溶液を加えると濃青色沈殿が生じる。

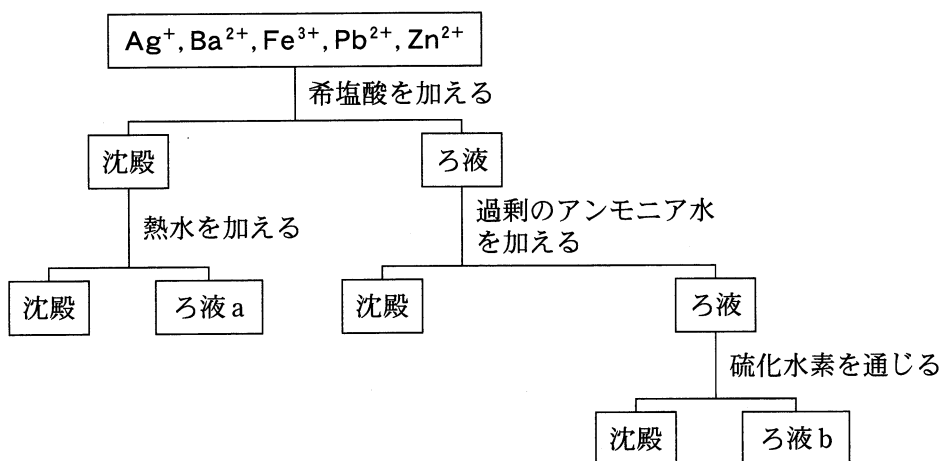


図 1

II 以下の問に答えよ。〔解答欄 ~ 〕

問 1 理想気体と実在気体に関する下の①~⑤の文のうち、正しいものを1つ選べ。

- ① 理想気体の体積は、温度が一定ならば、圧力に比例する。
- ② 理想気体の密度は、圧力が一定ならば、絶対温度に反比例する。
- ③ 実在気体は、標準状態に比べ十分に高温かつ高圧では理想気体とみなせる。
- ④ 実在気体の体積は、圧力、温度、物質量が同じ理想気体の体積より常に大きい。
- ⑤ 理想気体の体積は、圧力が一定ならば、温度を 20 °C から 40 °C に変化させると 2 倍になる。

問 2 図 2 は、水分子のみを通す半透膜で仕切った U 字管の模式図を示している。U 字管の一方には、塩化マグネシウム 4.75 g を純水に完全に溶かして、溶液の体積を 300 mL とした水溶液を入れた。もう一方には、塩化マグネシウム水溶液の液面と同じ高さまで純水を入れた。この液体の高さを 0.1×10^5 Pa の大気圧、27 °C の下で変化させないためには、どちら側にどれだけの圧力を加える必要があるか。圧力を加える側を①または②から選べ。また加える圧力を有効数字 3 桁で答えよ。ただし、調製した塩化マグネシウム水溶液は、希薄溶液として考え、電解質は水中で完全に電離しているものとする。

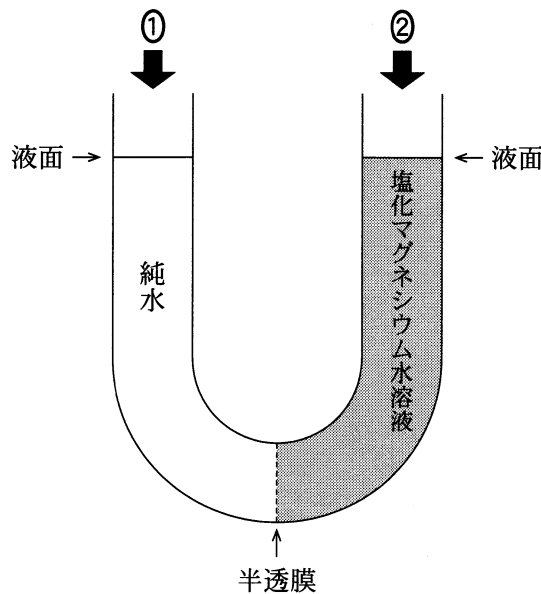


図 2

圧力を加える側 ① 純水側 ② 塩化マグネシウム水溶液側

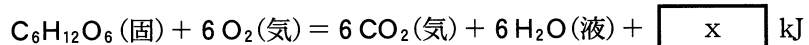
加える圧力 . $\times 10^{\text{カ}}$ Pa

問 3 種々の物質の生成熱および燃焼熱を表 1 に示した。

表 1

生成熱 [kJ/mol]		燃焼熱 [kJ/mol]	
水(液)	286	水素(気)	286
水(気)	242	炭素(黒鉛)	394
二酸化炭素(気)	394	メタン(気)	891
グルコース(固)	1273	エタン(気)	1561

グルコースが完全燃焼して二酸化炭素(気)と水(液)になるときの熱化学方程式は、

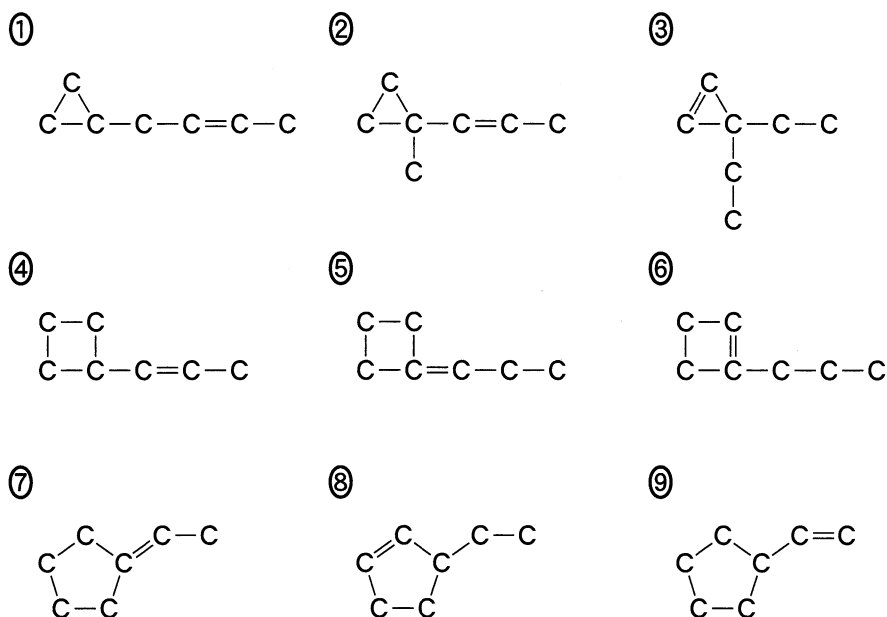


と表せる。

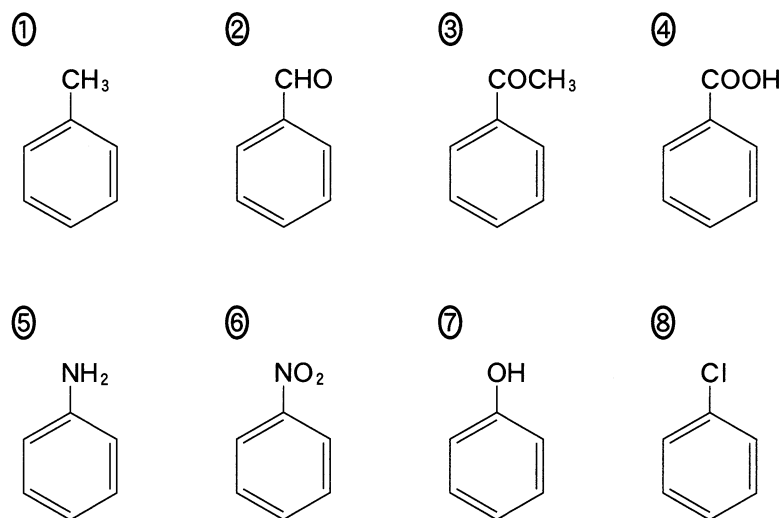
表 1 の値を用いて、式中の \boxed{x} を有効数字 4 桁で求めよ。ただし $\boxed{\text{キ}}$ は符号とし、符号が+の時は①を、-の時は②をマークせよ。

$\boxed{\text{キ}} \quad \boxed{\text{ク}} \quad \boxed{\text{ケ}} \quad \boxed{\text{コ}} \quad \boxed{\text{サ}} \text{ kJ}$

問 4 分子式 C_7H_{12} で表される化合物 A に、ニッケルを触媒として水素を反応させると分子式 C_7H_{14} のシクロアルカン誘導体が生じた。また、化合物 A をオゾン分解すると分子式 C_2H_4O と C_5H_8O の化合物を生じた。ここで生じた化合物 C_5H_8O に、白金を触媒として水素を反応させると分子式 $C_5H_{10}O$ の化合物を生じ、この化合物はシクロペンタンの水素原子 1 つをヒドロキシ基で置換した化合物と一致した。化合物 A の構造として適するものを下の①～⑨から選べ。ただし、水素原子は省略してある。 シ



問 5 ベンゼンの一置換体にさらに置換反応を行う場合、既に存在している置換基の種類により、2つ目の置換基の入りやすい位置が異なる。下の①～⑧のうち、オルト・パラ配向性を示す置換基をもつものを、4つ選べ。 ス



問 6 アミノ酸およびペプチドに関する文①～⑧のうち、誤りを含むものを2つ選べ。

セ

- ① グリシンには鏡像異性体がない。
- ② アミノ酸はニンヒドリン反応を示す。
- ③ チロシンはキサントプロテイン反応を示す。
- ④ 鎖状のジペプチドはビウレット反応を示す。
- ⑤ システインは穏やかに酸化するとジスルフィド結合を作る。
- ⑥ アラニンは pH 9.0 の緩衝液中において陽イオン交換樹脂に吸着する。
- ⑦ アラニン(分子式 $C_3H_7NO_2$)のみからなる鎖状のトリペプチドの分子式は、 $C_9H_{17}N_3O_4$ である。
- ⑧ 3種類のL体の中性アミノ酸を各1分子ずつ含む鎖状のトリペプチドには、6種類の構造異性体がある。

Ⅲ 以下の問に答えよ。〔解答欄 **ア** ~ **シ**〕

問 1 次の文章を読み、以下の問に答えよ。

ジアゾ化とは、ジアゾニウム塩を得る反応である。その一例として、塩化ベンゼンジアゾニウムの合成反応がある。その反応は、**ア** の希塩酸溶液を冷却しながら **イ** と反応させる。

この反応により得られた塩化ベンゼンジアゾニウム水溶液に **ウ** 水溶液を加えると、赤橙色の *p*-ヒドロキシアゾベンゼンが生成する。この反応をジアゾカップリングといい、反応によってアゾ化合物が得られる。アゾベンゼンなど芳香族アゾ化合物は、色素となるものが多く、アゾ染料やアゾ顔料、pH 指示薬などとして有用である。

(1) 文中の **ア** ~ **ウ** に適切な語をそれぞれ選べ。

- ア** ① アニリン ② 安息香酸 ③ スチレン
④ ニトロベンゼン ⑤ フェノール ⑥ ベンゼンスルホン酸

- イ** ① 亜硝酸ナトリウム ② 塩化ナトリウム ③ 硝酸
④ 硝酸ナトリウム ⑤ 水酸化ナトリウム ⑥ 硫酸
⑦ 硫酸ナトリウム

- ウ** ① *p*-クレゾール ② クロロベンゼン ③ サリチル酸
④ サリチル酸ナトリウム ⑤ ナトリウムフェノキシド ⑥ ベンゼン
⑦ ベンジルアルコール ⑧ ベンゼンスルホン酸ナトリウム

(2) アゾ化合物に共通する構造はどれか。次の①~⑧から1つ選べ。ただし、R と R'は炭化水素を主とする置換基を表す。 **エ**

- ① $R-O-R'$ ② $R-C=C-R'$ ③ $R-N=N-R'$ ④ $R-C=CH-CN$
⑤ $R-\overset{\overset{O}{||}}{C}-R'$ ⑥ $R-\overset{\overset{O}{||}}{C}-O-R'$ ⑦ $R-NH-\overset{\overset{O}{||}}{C}-R'$ ⑧ $R-NH-\overset{\overset{O}{||}}{C}-O-R'$

(3) 下線部Aにおいて、冷却せずに反応すると、塩化ベンゼンジアゾニウムは分解する。その時に生成する有機化合物の性質に関して、適するものを①～⑦から3つ選べ。 オ

- ① 水によく溶ける。
- ② 水溶液は、弱い酸性を示す。
- ③ ナトリウムを加えると、水素を発生する。
- ④ さらし粉水溶液を加えると、赤紫色を呈する。
- ⑤ フェーリング液を還元して、赤色沈殿を生じる。
- ⑥ 塩化鉄(Ⅲ)水溶液を加えると、紫色を呈する。
- ⑦ アンモニア性硝酸銀水溶液と反応して、銀を析出する。

問 2 図3に示した電気分解装置について、以下の問に答えよ。

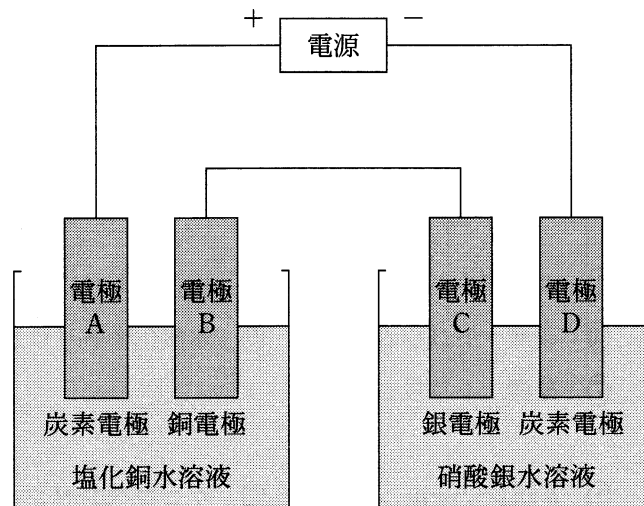


図3

(1) 次の反応①～⑦のうち、電気分解装置に電流を通じたときに、電極Aで起こる反応を1つ選べ。 カ

- | | |
|---|---|
| ① $2\text{H}^+ + 2\text{e}^- \rightarrow \text{H}_2$ | ② $\text{Cu} \rightarrow \text{Cu}^{2+} + 2\text{e}^-$ |
| ③ $\text{Cu}^{2+} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Cu}$ | ④ $2\text{Cl}^- \rightarrow \text{Cl}_2 + 2\text{e}^-$ |
| ⑤ $2\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{O}_2 + 4\text{H}^+ + 4\text{e}^-$ | ⑥ $2\text{H}_2\text{O} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{H}_2 + 2\text{OH}^-$ |
| ⑦ $4\text{OH}^- \rightarrow 2\text{H}_2\text{O} + \text{O}_2 + 4\text{e}^-$ | |

- (2) 電気分解装置に、0.50 A の電流を 1930 秒間通じた。このとき、装置全体で発生する気体の体積は、標準状態でいくらか。発生する気体は水に溶解しないものと考え、解答は有効数字 2 桁で答えよ。ただし、ケ は符号とし、+ の時は①を、- の時は②をマークせよ。また、ゼロ乗の時は 10 の指数を + 0 とせよ。

キ . ク × 10^{ケ コ} L

- (3) 次の文の空欄 サ と シ に入る数字をマークせよ。

電気分解装置に一定の電流を通じた。通電による電極 B と電極 C の質量変化の関係は、通電前の質量変化を原点(図 4 の●)にとった時、図 4 のグラフ サ に示した直線 シ で表わされる。ただし、電極の質量には表面に付着している固体の質量を含める。

グラフ サ の選択肢 ① I ② II ③ III ④ IV

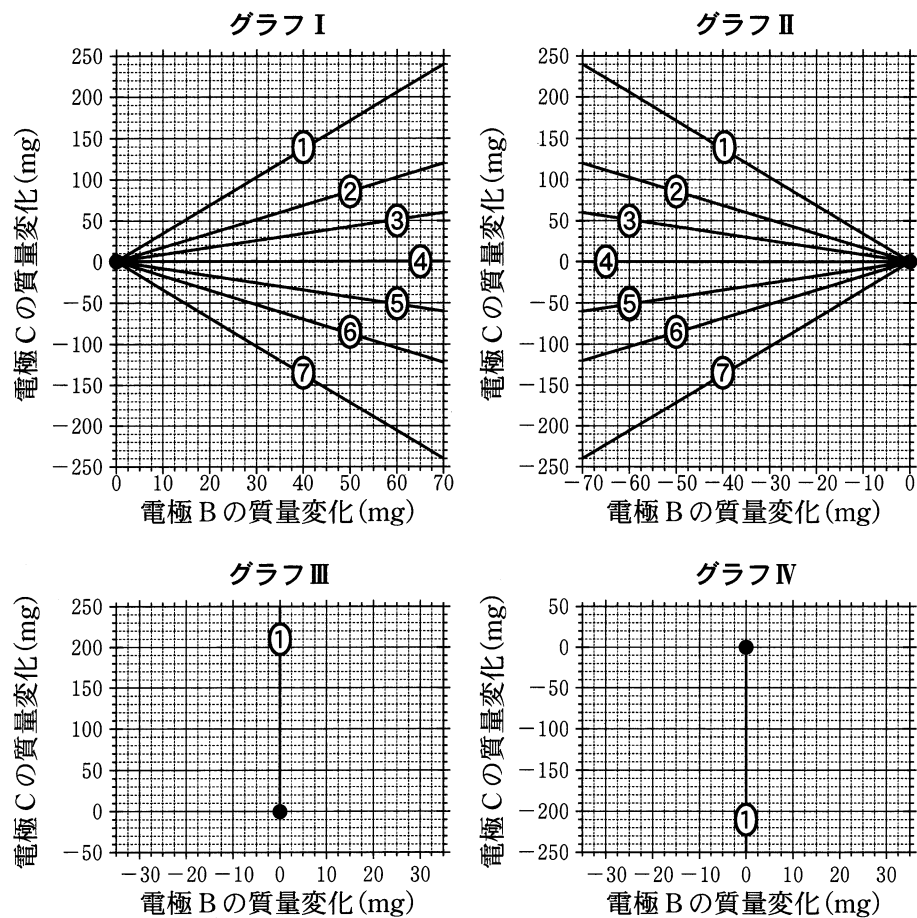
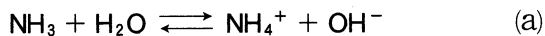


図 4

IV 以下の文を読み、問に答えよ。〔解答欄 ~ 〕

アンモニアを純水に溶かすと、アンモニアは水溶液中において以下の式(a)のような電離平衡にある。この水溶液中のアンモニアの濃度を C (mol/L) とするとき、以下の問に答えよ。



ただし、アンモニアの電離度は十分小さいものとせよ。25℃におけるアンモニアの電離定数 K_b 、および水のイオン積 K_w はそれぞれ、 $K_b = 2.00 \times 10^{-5}$ mol/L、 $K_w = 1.00 \times 10^{-14}$ mol²/L² を用いよ。必要ならば、 $\log_{10} 2 = 0.301$ 、 $\log_{10} 3 = 0.477$ を用いよ。

問 1 水溶液中のアンモニアの電離度を α とするとき、アンモニアの電離定数 K_b は、 α とアンモニアの濃度 C を用いて下のように表される。 として最も適するものを下の①~⑩から選べ。

$$K_b = \text{ア}$$

- ① $\frac{1}{C\alpha^2}$ ② $2C\alpha$ ③ $\frac{2C}{\alpha}$ ④ $C\alpha$ ⑤ $\frac{C}{\alpha}$
 ⑥ $C\alpha^2$ ⑦ $\frac{C}{\alpha^2}$ ⑧ $\frac{\alpha}{C}$ ⑨ $\frac{\alpha}{2C}$ ⑩ $\frac{\alpha^2}{C}$

問 2 C (mol/L) のアンモニア水溶液の pH は、 C 、 K_b 、および K_w を用いて下のように表される。 ~ として最も適するものを下の①~⑩から、それぞれ選べ。同じものを2回以上選んでもよい。

$$\text{pH} = \text{イ} \log_{10}(\text{ウ}) - \log_{10}(\text{エ})$$

- ① $\frac{1}{3}$ ② $\frac{1}{2}$ ③ 2 ④ 3 ⑤ C
 ⑥ K_b ⑦ K_w ⑧ CK_b ⑨ $\frac{C}{K_b}$ ⑩ $\frac{C}{K_w}$

問 3 アンモニアを異なる濃度で純水に溶かし、25℃における pH の値の差が 0.50 となる 2 つのアンモニア水溶液を調製したい。どのようなアンモニア濃度の水溶液を調製すればよいか。2 つの水溶液のアンモニア濃度 [mol/L] の組み合わせとして適するものを下の①～⑩からすべて選べ。 オ

- | | |
|--------------|--------------|
| ① 0.10, 0.30 | ② 0.10, 0.50 |
| ③ 0.10, 1.00 | ④ 0.15, 0.45 |
| ⑤ 0.15, 0.75 | ⑥ 0.15, 1.50 |
| ⑦ 0.15, 1.80 | ⑧ 0.25, 0.50 |
| ⑨ 0.25, 1.25 | ⑩ 0.25, 1.50 |

問 4 0.200 mol/L のアンモニア水溶液 500 mL と、0.400 mol/L の塩化アンモニウム水溶液 500 mL を混合した。この混合した水溶液の pH を求めるためには、混合した水溶液中における塩化アンモニウムの電離および加水分解、式(a)で表されるアンモニアの電離平衡を考える必要がある。以下の(1)、(2)に答えよ。

(1) 混合した水溶液の 25℃における pH を求めよ。最も適する数値を下の①～⑩から選べ。

カ

- | | | | | |
|--------|---------|---------|---------|---------|
| ① 7.00 | ② 7.50 | ③ 8.00 | ④ 8.50 | ⑤ 9.00 |
| ⑥ 9.50 | ⑦ 10.00 | ⑧ 10.50 | ⑨ 11.00 | ⑩ 11.50 |

(2) 混合した水溶液に 5.00×10^{-2} mol の塩化水素を通じ、すべてを水溶液に吸収させた。塩化水素を吸収させた水溶液の 25℃における pH を求めよ。最も適する数値を下の①～⑩から選べ。ただし、塩化水素を通じたことによる水溶液の体積変化はないものとせよ。

キ

- | | | | | |
|--------|--------|---------|---------|---------|
| ① 6.60 | ② 7.10 | ③ 7.60 | ④ 8.10 | ⑤ 8.60 |
| ⑥ 9.10 | ⑦ 9.60 | ⑧ 10.10 | ⑨ 10.60 | ⑩ 11.10 |