

化学

- 工学部（電子情報工学科／電気工学科）
- 情報工学部（情報工学科／情報通信工学科）

（3教科型選抜・2月9日実施分）

（解答：71ページ）

（解答はすべて解答用紙に記入せよ。）

1 下図は、同族元素の水素化合物の沸点を比較したものである。以下の問いに答えよ。

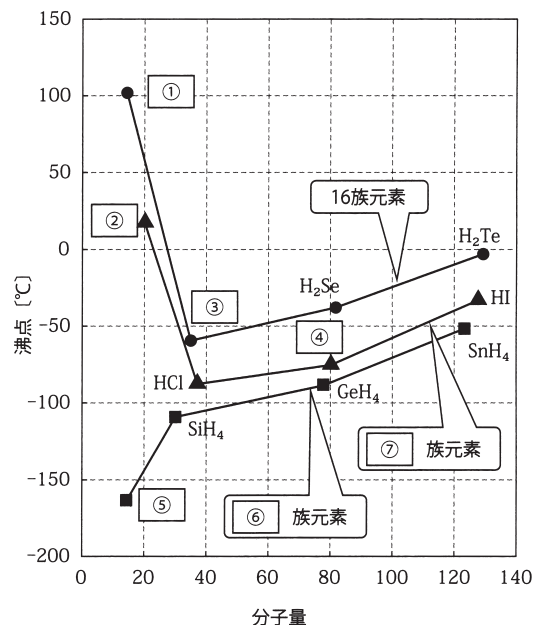


図 水素化合物の沸点

問1. 図中の ①～⑦ に当てはまる化合物または数字を書け。ただし、化合物は化学式で示すこと。

問2. 次の文中の ⑧～⑳ に当てはまる語句を語群ア～ハ) から選び、記号で答えよ。なお、同じ記号を複数回使用してもよい。

一般に、分子間力は分子量が大きいほど ⑧ く、その物質の沸点や融点は ⑨ い傾向がある。分子量が同程度の分子を比較すると、一般に無極性分子の方が極性分子より沸点や融点は ⑩ い傾向がある。⑪ が大きいO原子や ⑫ 原子は、電荷が ⑬ にわずかにかたよる。これらと、わずかに ⑭ の電荷を帯びたH原子との間に、⑮ が強くはたらくため、一般の傾向から外れて沸点はいちじるしく ⑯ い。分子間にはたらく弱い引力を総称して分子間力と呼び、⑮ や ⑰ がある。

② は主に ⑱ の加工工程で使用されている。⑤ は ⑲ で大量に消費されている。③ はあまり積極的には製造されていないが、⑳ で発生しやすい。

《語群》

ア) 圧力、イ) 起電力、ウ) ファンデルワールス力、エ) 緩衝作用、オ) 蒸発熱、カ) 電気陰性度、キ) モル数、ク) 水素結合、ケ) イオン結合、コ) エーテル結合、サ) 強、シ) 弱、ス) 高、セ) 低、ソ) 正、タ) 負、チ) Si、ツ) F、テ) C、ト) Na、ナ) Al、ニ) ガラス、ヌ) 火力発電、ネ) 鉛蓄電池、ノ) 農薬、ハ) 火山

2 以下の各文に関して、各問いに答えよ。

- ルビーという宝石の主成分は ① である。① は極めて硬く、また水に溶けにくい。ルビーの美しい赤色は、① の結晶に ② が微量含まれることによって生じている。
- 鍾乳洞には ③ を主成分とする長く伸びたような形状の鍾乳石がある。このような形状となるのは、地盤中の^(a)③ が二酸化炭素を含む雨水に溶解して ④ となり、この溶液が少しずつ滴り落ちたあとに再び二酸化炭素を放出して ③ を生じるという過程を長年にわたって繰り返した結果である。
- アルカリ金属やアルカリ土類金属は、多彩な炎色反応を示す。例えば、⑤ や ⑥ は赤色、⑦ は黄緑色、⑧ は黄色を示す。
- ⑨ は最も融点の高い金属である。一方、⑩ は最も融点の低い金属である。
- ハロゲンの単体はすべて酸化剤として働く。第4周期までで比較すると、その酸化作用の強さは ⑪ > Cl₂ > ⑫ の順である。したがって、水溶液中で^(b)KBr と Cl₂は反応するが、KCl と Br₂は反応しない。
- ⑬ 元素のみからなる同素体には、ダイヤモンドのほか、近年のナノテクノロジーで応用される興味深い物質がある。⑭ はサッカーボールのような特徴的な構造を持っている。⑮ は、[※]「直径1~2 mm のチューブ形状」であり、高い導電性や強度を持つ。⑯ は二次元のグラフェンと呼ばれるシート状の構造が積層しており薄片にはがれやすく、導電性が高い。

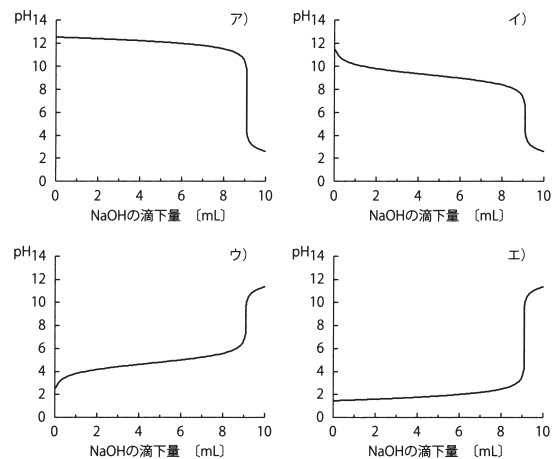
問1. 空欄 ① ~ ⑬ に当てはまる元素記号または物質の化学式を答えよ。また空欄 ⑭ ~ ⑯ に当てはまる物質の名称を答えよ。

問2. 下線(a), (b)の反応式をかけ。

※「直径1~2nm (ナノメートル) のチューブ形状」であるべきところが「直径1~2mm (ミリメートル) のチューブ形状」となっていた。

3 次の各問いに答えよ。なお、H, C, O, Naの原子量は、1.0, 12, 16, 23とし、有効数字2桁で答えよ。

- 問1. 酢酸を水に溶かした時には、電離平衡が成り立っている。酢酸の電離式を答えよ。
- 問2. 0.10 mol/Lの酢酸水溶液を200 mLを作りたい。必要な酢酸の質量を答えよ。
- 問3. 0.10 mol/Lの酢酸水溶液中で電離度が0.020であった時の酢酸と酢酸イオン、水素イオンの濃度を求めよ。さらに、この時の電離定数を求めよ。
- 問4. 酢酸水溶液を水酸化ナトリウム水溶液で中和させる反応の反応式を答えよ。
- 問5. 0.10 mol/Lの酢酸水溶液をホールピペットで10 mLはかりとりコニカルビーカーに加え、さらに水約20 mLを加えた。このコニカルビーカーにビュレットを用いて、濃度がわからない水酸化ナトリウム水溶液を滴下しながらpHを測定した。水酸化ナトリウム水溶液の滴下量とコニカルビーカー内のpH変化としてもっとも適当なものを下図のア)~エ)から選んで記号で答えよ。また、中和点は9.1 mLであった。水酸化ナトリウム水溶液の濃度を求めよ。

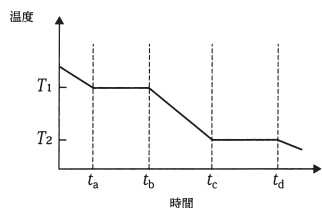


4 以下の各問いに答えよ。

問1. 下記の文を読み、①～⑨に適する語句をア)～セ)から選び、記号で答えよ。

ある気体物質を一様に冷却したときの温度変化を下図に示す。温度 T_1 において、この気体物質は①し、その過程で放出される熱を②という。また、 T_2 において③し、その過程で放出される熱を④という。②と④はそれぞれ⑤と⑥に等しい。また、時間帯 $t_a \sim t_b$, $t_b \sim t_c$, および、 $t_c \sim t_d$ において、この物質は、それぞれ、⑦、⑧、および、⑨の状態である。

- ア) 気体 イ) 液体 ウ) 固体 エ) 気体と液体 オ) 気体と固体
 カ) 液体と固体 キ) 蒸発熱 ク) 融解熱 ケ) 蒸発 コ) 融解
 サ) 凝縮熱 シ) 凝縮 ス) 凝固 セ) 凝固熱



問2. 2.0 L の密閉容器に窒素5.6 g とエタノール4.6 g を封入した。温度が 3.0×10^2 K の時、エタノールの蒸気圧を 1.0×10^4 Pa とする。また、温度が 4.0×10^2 K の時、エタノールはすべて気化したとする。気体定数 R は、 8.3×10^3 Pa · L / (K · mol) である。 3.0×10^2 K と 4.0×10^2 K における容器内の窒素とエタノールの分圧、及び全圧をそれぞれ求めよ。ただし、液体エタノールの体積を無視する。また、C, H, O, N の原子量はそれぞれ12, 1.0, 16, 14である。計算結果の有効数字を2桁にせよ。

5 下記のアミノ酸に関する記述を読み、以下の各問いに答えよ。

アミノ酸は、分子内に酸性を示す①基と、塩基性を示す②基があるため、酸と塩基の両方の性質をあわせ持つ。そのため、①基の水素原子が水素イオンとなって②基に結合し、分子内に正と負の両電荷を持つ③となることもある。アミノ酸の水溶液では、陽イオン、③、陰イオンが平衡状態にあり、pH に応じて、それらの濃度は変化する。各アミノ酸は、特定の pH において、正と負の電荷がつり合い、全体として電荷が0となる。この時の pH 値を、そのアミノ酸の④という。④においてアミノ酸分子のほとんどは③になっているため、電圧をかけても移動しないが、④より pH を⑤すると陽イオンになって陰極側に移動し、pH を⑥すると陰イオンになって陽極側に移動する。各アミノ酸は、それぞれ特定の④を持つため、適当な pH のもとでアミノ酸の混合溶液に電圧をかける操作、すなわち⑦を行うと、それぞれのアミノ酸を分離することができる。

アミノ酸 $R - CH(NH_2) - COOH$ の④は、電離定数を用いて求めることができる。例えば、 $R = H$ であるグリシン Gly の水溶液中では、陽イオン、③、陰イオンが平衡状態にあり、それぞれを Gly^+ , Gly^{\pm} , Gly^- と表す。これらのイオン間には、下記の(1)式と(2)式で示される電離平衡が成り立つ。



それぞれの電離定数 K_1 と K_2 は、(1)および(2)式中の各イオン濃度を用いて、

$$K_1 = \boxed{\text{⑧}} \quad K_2 = \boxed{\text{⑨}}$$

と表されるので、

$$K_1 \times K_2 = \boxed{\text{⑩}}$$

となる。 $\boxed{\text{④}}$ では、 $[\text{Gly}^+] = [\text{Gly}^-]$ となるので、 $K_1 \times K_2 = \boxed{\text{⑪}}$ となる。この式を変形すると、 $[\text{H}^+] = \boxed{\text{⑫}}$ となる。定義より、 $\text{p}K_1 = -\log_{10}K_1$ 、 $\text{p}K_2 = -\log_{10}K_2$ なので、 $\text{pH} = -\log_{10}[\text{H}^+]$ は、 $\text{p}K_1$ と $\text{p}K_2$ を用いて、下式のように表される。

$$\text{pH} = \boxed{\text{⑬}}$$

グリシンの電離定数は $\text{p}K_1 = 2.35$ 、 $\text{p}K_2 = 9.78$ なので、その $\boxed{\text{④}}$ は、 $\boxed{\text{⑭}}$ と計算される。アミノ酸のR基によって $\boxed{\text{④}}$ は変化し、例えば、 $\text{R} = \text{CH}_3$ であるアラニンの $\boxed{\text{④}}$ は6.00、 $\text{R} = (\text{CH}_2)_2\text{COOH}$ であるグルタミン酸の $\boxed{\text{④}}$ は3.22、 $\text{R} = (\text{CH}_2)_4\text{NH}_2$ であるリシンの $\boxed{\text{④}}$ は9.74である。

問1. 文中の $\boxed{\text{①}}$ ～ $\boxed{\text{⑦}}$ 内に適切な語句を記入せよ。

問2. 文中の $\boxed{\text{⑧}}$ ～ $\boxed{\text{⑬}}$ 内に適切な数式を記入せよ。また、 $\boxed{\text{⑭}}$ 内には、適切な数値を有効数字3桁で記入せよ。

問3. 3種類のアミノ酸、アラニン、グルタミン酸、リシンの混合溶液がある。溶液のpHを6.0に調整し、 $\boxed{\text{⑦}}$ を行った場合、それぞれのアミノ酸の動きはどうなるか。下記の選択肢ア)～ウ)から適切なものを選び、解答欄に記入せよ。

ア) 陽極側に移動する イ) 陰極側に移動する ウ) どちら側にも移動しない

化学

●工学部（生命環境化学科／知能機械工学科）
●情報工学部（情報システム工学科／情報マネジメント学科）

（3教科型選抜・2月10日実施分）

（解答：71ページ）

この科目には解説動画があります。



（解答はすべて解答用紙に記入せよ。）

1 次の文中の $\boxed{\text{①}}$ ～ $\boxed{\text{⑳}}$ に当てはまる語句を語群ア)～ハ)から選び、記号で答えよ。（複数回選択可）

${}^{24}_{12}\text{Mg}$ において、元素記号の左下の数字は $\boxed{\text{①}}$ を表しており、 $\boxed{\text{②}}$ の数である。左上の数字は $\boxed{\text{③}}$ を表し、 $\boxed{\text{②}}$ と $\boxed{\text{④}}$ の数の和である。塩素原子には ${}^{35}\text{Cl}$ と ${}^{37}\text{Cl}$ が存在し、これらの原子を互いに $\boxed{\text{⑤}}$ と呼ぶ。

Mg原子は第 $\boxed{\text{⑥}}$ 周期に属する元素で、その電子配置はL殻に $\boxed{\text{⑦}}$ 個、M殻に $\boxed{\text{⑧}}$ 個の電子を持っている。貴（希）ガスを除く原子の最外殻に存在する電子を $\boxed{\text{⑨}}$ と呼び、Mgでは $\boxed{\text{⑩}}$ 個、Clでは $\boxed{\text{⑪}}$ 個である。

MgCl_2 中のMgとClの結合は $\boxed{\text{⑫}}$ 結合である。また、メタン中のCとHの結合は $\boxed{\text{⑬}}$ 結合であり、炭素原子と水素原子が互いに電子を1個ずつ出して $\boxed{\text{⑭}}$ をつくって結合している。例えば、水分子には $\boxed{\text{⑭}}$ が $\boxed{\text{⑮}}$ 組、塩化水素には $\boxed{\text{⑯}}$ 組ある。一方、アンモニア分子中のNが持っている $\boxed{\text{⑰}}$ が H^+ と共有されて NH_4^+ イオンが生成する。このように一方の原子から $\boxed{\text{⑰}}$ が提供された結合を $\boxed{\text{⑱}}$ 結合と呼ぶ。

物質の水に対する溶解性は化学結合と密接な関係がある。水は $\boxed{\text{⑲}}$ 溶媒であるため、イオンに電離しやすい物質は溶解しやすいが、逆に油のような $\boxed{\text{⑳}}$ 溶媒には溶解しにくい。

〈語群〉

- ア) 1 イ) 2 ウ) 3 エ) 4 オ) 5 カ) 6 キ) 7 ク) 8
ケ) 原子核 コ) 陽子 サ) 中性子 シ) 粒子 ス) 価電子 セ) 質量数
ソ) 閉殻 タ) 原子番号 チ) 金属 ツ) イオン テ) 同位体 ト) 同素体
ナ) 共有 ニ) 共有電子対 ヌ) 非共有電子対 ネ) 配位 ノ) 極性 ハ) 無極性

2 金属元素についての以下の文に関して、問いに答えよ。

金属元素は、、、などの典型金属元素と、Feなどの遷移金属元素に大別される。典型金属元素は、周期表の族によっておおよそ共通する特徴を持っている。遷移金属元素は原子番号によらずにつ、またはつの最外殻電子を持っているため、特に同周期で原子番号が近い場合、互いに似通った性質を示す。

遷移金属元素の中でも鉄は、古代より様々な用途に用いられ、現代においても建築材料や車の車体など幅広く用いられている重要資源である。しかし、鉄製品は空气中に放置すると、やがてさびて赤褐色の赤さびとなる。赤さびには価の鉄が含まれ、その主成分はであり、その色の原因となっている。一方、空气中で鉄を強熱すると黒さびが生じる。黒さびの主成分は価の鉄と価の鉄を両方含むである。

鉄をはじめとする金属元素は、単体の材料として用いるばかりでなく、他の金属と合金化して用いることもある。合金化することで、単体とは異なる色や強度などを持った材料となる。鉄にやを混合した合金はステンレス鋼とよばれ、酸化や腐食が起こりにくい。

問1. 空欄～に当てはまる元素を選択肢から選んで答えよ。

(同じ元素を複数回選んでもよい)

選択肢：Ag, Ba, Cr, Cu, Mn, Ni, Pt, Sn, Ti, Zn

問2. 空欄～に当てはまる数字または化学式を答えよ。

3 次の各問いに答えよ。なお、25℃とし、N, O, Agの原子量をそれぞれ14.0, 16.0, 107.9, $\sqrt{18}=1.34$ とし、溶解度積は次の表の値を用いて有効数字3桁で答えよ。

溶解度積 [mol ² /L ²]	AgCl	AgBr	FeS	ZnS
	1.80×10^{-10}	5.20×10^{-13}	2.50×10^{-9}	2.20×10^{-18}

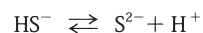
問1. 銀イオンを含む水溶液に塩化物イオンを加え、沈殿物が生じる反応のイオン反応式を答えよ。

問2. 塩化銀の飽和水溶液がある。この塩化銀水溶液中の銀イオンの濃度を求めよ。

問3. 2.00×10^{-2} mol/Lの硝酸銀水溶液を50.0 mL作りたい。はかりとる硝酸銀の質量を答えよ。

問4. 3.00×10^{-8} mol/Lの塩化ナトリウム水溶液50.0 mL、または 3.00×10^{-8} mol/Lの臭化ナトリウム水溶液50.0 mLをそれぞれ 2.00×10^{-2} mol/Lの硝酸銀水溶液50.0 mLに加えたときに沈殿が生じるか否かを答えよ。なお、沈殿が生じる場合は解答欄に○、生じない場合は×と記号で答えよ。

問5. 硫化水素の水溶液中では、次の2つの平衡反応が成り立っている。



このため、硫化水素水溶液のpHが異なると、硫化物イオンの濃度が変化する。例えば、pH 2の時に硫化物イオンの濃度は 1.00×10^{-18} mol/Lとなり、pH 7の時に硫化物イオンの濃度は 1.00×10^{-8} mol/Lとなる。 0.100 mol/Lの Fe^{2+} を含む水溶液と 0.100 mol/Lの Zn^{2+} を含む水溶液に常圧でpH 7に保った状態で H_2S を十分に通じた時に沈殿が生じるか否かを答えよ。なお、沈殿が生じる場合は解答欄に○、生じない場合は×と記号で答えよ。ただし、常圧でpH 7の時、硫化水素の水に対する溶解度は 0.100 mol/Lとし、硫化水素ガスを通じる時に吹き込む H_2S は常圧で水溶液の体積と鉄の酸化数は変化しないものとする。

4 以下の各問いに答えよ。

問1. 下記文を読み、①～⑤に適切な語句あるいは数字をア～ク)から選び、記号で答えよ。

化学反応の反応速度 v は、単位時間当たりの反応物の濃度の①、または生成物の濃度の②で表すことができる。例えば、化学反応 $2\text{N}_2\text{O}_5 \rightarrow 4\text{NO}_2 + \text{O}_2$ において、時刻 t_1 から t_2 の間に N_2O_5 、 NO_2 、および、 O_2 のモル濃度が、それぞれ、 $[\text{N}_2\text{O}_5]_1$ 、 $[\text{NO}_2]_1$ 、および、 $[\text{O}_2]_1$ から、 $[\text{N}_2\text{O}_5]_2$ 、 $[\text{NO}_2]_2$ 、および $[\text{O}_2]_2$ に変わったとすると、 v は以下のいずれかで表せる。

$$v = -\frac{[\text{N}_2\text{O}_5]_2 - [\text{N}_2\text{O}_5]_1}{(t_2 - t_1)}$$
$$v' = \frac{[\text{NO}_2]_2 - [\text{NO}_2]_1}{(t_2 - t_1)}$$
$$v'' = \frac{[\text{O}_2]_2 - [\text{O}_2]_1}{(t_2 - t_1)}$$

このように、どの物質に着目するかによって反応速度の値は変わるが、

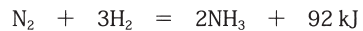
$$v : v' : v'' = \text{③} : \text{④} : \text{⑤}$$

の関係が成り立つ。

ア) 増加量 イ) 減少量 ウ) 1 エ) 2 オ) 3

カ) 4 キ) 5 ク) 6

問2. ピストンの付いた容器内に、6.0 mol の N_2 と 12 mol の H_2 を封入し、ある温度で下式に示す反応を進行させた。



生成された NH_3 の量は時間とともに増加し、6.0 mol になった後は、 NH_3 の量は変化しなくなったので、平衡状態になった。次の各問いに答えよ。

(1) ピストンを固定し、容器の体積を1.0 Lとした。温度は一定として、平衡状態における N_2 と H_2 のモル数をそれぞれ求めよ。また、平衡定数を求めよ。さらに平衡状態になるまでに発生した熱を求めよ。計算結果の有効数字は、2桁とする。

(2) 次の A～G の操作を行うと平衡はどうなるか。ア)～エ) の選択肢から選び、記号で答えよ。ただし、操作 A, B, C, F, 及び, G では、容器のピストンが固定され、容器の体積に変化がないとする。

(操作)

- (A) N_2 を加える
- (B) NH_3 を一部除去する
- (C) 温度を上げる
- (D) 容器のピストンを押し、圧力を上げる
- (E) 容器のピストンを押し、さらに温度を上げる
- (F) 触媒を加える
- (G) Ar を加える

(選択肢)

ア) 左へ移動 イ) 右へ移動 ウ) 移動しない エ) この条件では判断できない