

(6) 気体の体積が V_0 から V_1 に至る加熱過程で、気体が外部にした仕事を以下の①～⑤の中から最も適切なものを選び、記号で答えよ。

- ① $5.5 \times 10^2 \text{ J}$ ② $1.1 \times 10^2 \text{ J}$ ③ $2.2 \times 10^2 \text{ J}$
 ④ $2.5 \times 10^2 \text{ J}$ ⑤ $3.1 \times 10^2 \text{ J}$

(7) 気体の状態方程式 $PV=nRT$ ，単原子分子の内部エネルギー $U=\frac{3}{2}nRT$ の関係式を用いて、気体の体積が V_0 である加熱前の気体の内部エネルギーを以下の

①～⑤の中から最も適切なものを選び、記号で答えよ。ただし、 n は気体の物質質量、 R は気体定数とする。

- ① $1.0 \times 10^2 \text{ J}$ ② $3.0 \times 10^2 \text{ J}$ ③ $5.0 \times 10^2 \text{ J}$
 ④ $7.0 \times 10^2 \text{ J}$ ⑤ $9.0 \times 10^2 \text{ J}$

(8) 加熱過程による気体の内部エネルギーの変化を以下の①～⑤の中から最も適切なものを選び、記号で答えよ。

- ① $3.6 \times 10^2 \text{ J}$ ② $4.7 \times 10^2 \text{ J}$ ③ $5.9 \times 10^2 \text{ J}$
 ④ $9.0 \times 10^2 \text{ J}$ ⑤ $1.3 \times 10^3 \text{ J}$

(9) 加熱過程で、気体に加えた熱量を以下の①～⑤の中から最も適切なものを選び、記号で答えよ。

- ① $2.5 \times 10^2 \text{ J}$ ② $3.6 \times 10^2 \text{ J}$ ③ $4.7 \times 10^2 \text{ J}$
 ④ $5.9 \times 10^2 \text{ J}$ ⑤ $8.8 \times 10^2 \text{ J}$

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／システムマネジメント学科）

（3教科型・2月9日実施分）

（解答：70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 以下の各問いに答えよ。

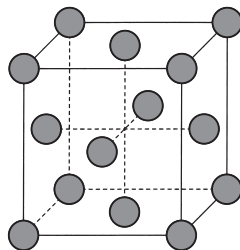
問1. 原子の構造に関する以下の文章を読み、 ～ に下の語群より適切なものを選び、記号で答えよ。

原子はその中心に と、それを取り巻く の電荷をもつ から構成されている。 は の電荷をもつ と、電荷をもたない からなる。 の数はそれぞれの元素によって決まっており、この数を という。 中の と の数の和を という。 が等しく、 が異なる原子を互いに と呼ぶ。

語群：

- | | | | |
|---------|--------|---------|---------|
| ア) 相対質量 | イ) 原子量 | ウ) 原子核 | エ) 原子番号 |
| オ) 正 | カ) 中性 | キ) 負 | ク) 元素 |
| ケ) 原子 | コ) 電子 | サ) 陽子 | シ) 中性子 |
| ス) 電子殻 | セ) 質量数 | ソ) 電気素量 | タ) 同族元素 |
| チ) 同位体 | ツ) 同素体 | | |

問2. 下図に示す銅の単位格子について以下の問いに答えよ。ただし、 $\sqrt{2}=1.41$, $\sqrt{3}=1.73$, $\pi=3.14$ とし、必要な場合に利用すること。



銅の単位格子

- (1) 銅の結晶格子の名称を次から選び、記号で答えよ。
ア) 体心立方格子 イ) 面心立方格子 ウ) 六方最密構造
- (2) 1つの単位格子中に含まれる銅の原子の数を答えよ。
- (3) 1個の銅原子に隣接している他の銅原子の数を答えよ。ただし、銅原子は球形で、最も近い原子は互いに隣接しているものとする。
- (4) 結晶中の1つの粒子に隣り合って結合している粒子の数の名称を答えよ。
- (5) 銅の原子半径を r とするとき、単位格子の1辺の長さ a は r の何倍になるか有効数字3桁で答えよ。
- (6) このときの単位格子の充填率 [%] を次から選び、記号で答えよ。ただし、充填率 [%] は次式で与えられる。

$$\text{充填率}[\%] = \frac{\text{単位格子内に存在する原子の体積}[\text{cm}^3]}{\text{単位格子の体積}[\text{cm}^3]} \times 100$$

- ア) 52% イ) 68% ウ) 74%

- (7) 単位格子の1辺を a [cm], 銅のモル質量を M [g/mol], アボガドロ定数を N [/mol] とするとき、銅の結晶の密度 [g/cm³] を a , M , N を用いて答えよ。

2

次の1)～10)の各文章中、下線部 a～c の記号で示された語句や化学式に間違いがそれぞれ1つずつある。間違いを記号で選び、正しい語句または化学式を解答欄に書き入れよ。

- 1) Ag⁺イオンを含む無色の水溶液に、少量の a NH₃水 を加えると、b AgOH の褐色沈殿が生じる。さらに過剰量を加えた場合、沈殿は c 溶解する。
- 2) Al³⁺イオンを含む a 無色 の水溶液に、少量の NaOH 水溶液を加えると、b 白色 沈殿が生じる。さらに過剰量を加えた場合、沈殿は c 溶解しない。
- 3) Cu²⁺イオンを含む a 青色 の水溶液に、少量の NaOH 水溶液を加えると、b 青白色 沈殿が生じる。さらに過剰量を加えた場合、沈殿は c 溶解する。
- 4) Ca²⁺イオンを含む a 無色 の塩基性水溶液に、CO₂ガスを通じると、b 白色 沈殿が生じる。さらに CO₂ガスを通じ続けた場合、沈殿は c 溶解しない。
- 5) Fe²⁺イオンを含む a 淡緑色 の水溶液に、b 中性 の条件で H₂S ガスを通じると、c 緑白色 沈殿が生じる。
- 6) Pb²⁺イオンを含む a 無色 の水溶液に、b 酸性 の条件で H₂S ガスを通じると、c 白色 沈殿が生じる。
- 7) Zn²⁺イオンを含む a 無色 の水溶液に、b 酸性 の条件で H₂S ガスを通じると、c 白色 沈殿が生じる。
- 8) KMnO₄ の中性水溶液に H₂O₂水を加えると、KMnO₄ は a 酸化 され、溶液の色は b 赤紫色 から c 黒色 に変化する。
- 9) K₂Cr₂O₇ の酸性水溶液に H₂O₂水を加えると、K₂Cr₂O₇ は a 還元 され、溶液の色は b 赤橙色 から c 淡黄色 に変化する。
- 10) KMnO₄ の酸性水溶液に過剰の KI 水溶液を加えると、KMnO₄ は a 還元 され、溶液の色は b 赤紫色 から c 淡赤色 に変化する。

3 以下の各問いに答えよ。

問1. 下記のアレニウスが定義した酸と塩基に関する文を読み、～

に適切な語句をア)～ス)から選び、記号で答えよ。

酸は Mg などの金属と反応すると を発生する。また、酸は、

色のリトマス紙を 色に変える。これらの性質を といい、酸の

水溶液中のオキソニウムイオンによるものである。オキソニウムイオンのイオン式

は で表される。一方、塩基は、 色のリトマス紙を 色

に変え、酸と反応してその を失わせる。

ア) H_3O^+ イ) H^+ ウ) OH^- エ) H オ) H_2

カ) O_2 キ) 酸性 ク) 塩基性 ケ) 緑 コ) 紫

サ) 赤 シ) 黄 ス) 青

問2. ある温度で1.2%の酢酸 (CH_3COOH) 水溶液の密度は 1.0 g/cm^3 である。酢

酸の電離定数 K_a は $2.0 \times 10^{-5} \text{ mol/L}$ で、水のイオン積は $1.0 \times 10^{-14} \text{ (mol/L)}^2$ で、

$\log_{10} 2 = 0.30$ とする。C, H, O の原子量は、それぞれ12, 1.0, 16である。

pH は小数第1位まで、その他の計算結果は有効数字2桁で答えよ。

1) この酢酸水溶液のモル濃度を求めよ。

2) この酢酸水溶液の $[\text{H}^+]$, $[\text{OH}^-]$, および pH をそれぞれ求めよ。

3) この酢酸水溶液30 mL を $5.0 \times 10^{-1} \text{ mol/L}$ の NaOH で滴定する時、何 mL の NaOH 水溶液を加えれば中和点になるかを答えよ。

4) 上述3)の中和点になるときの pH について、下記ア)～ウ)から正しいものを選び、記号で答えよ。 ア) $\text{pH} = 7$ イ) $\text{pH} > 7$ ウ) $\text{pH} < 7$

5) 上述3)の中和滴定で適切な指示薬を下記ア)～ウ)から選び、記号で答えよ。

ア) フェノールフタレインのみ イ) メチルオレンジのみ

ウ) フェノールフタレイン・メチルオレンジのいずれでもよい

4 飽和水蒸気圧は 57°C において $2.0 \times 10^4 \text{ Pa}$, 87°C において $7.0 \times 10^4 \text{ Pa}$ である。

容積8.3 L の容器について、以下の問いに答えよ。なお、H および O の原子量はそれぞれ1.0および16, 気体定数は $R = 8.3 \times 10^3 \text{ Pa} \cdot \text{L}/(\text{mol} \cdot \text{K})$ とする。また、有効数字2桁で答えよ。

問1. 57°C に保持された容器の内部に気体の水分子のみが存在し、圧力は飽和蒸気圧と等しい。このとき、存在する水の質量は何 g か答えよ。

問2. 容器の内部を真空にして2.7 g の水を入れ、 87°C に保持した。容器内の圧力は何 Pa か答えよ。

問3. 問2の状態から冷却し、 57°C に保持した。容器の内部に液体の水は何 g 存在するか答えよ。また、容器内の圧力は何 Pa か答えよ。ただし、液体の水の体積は無視する。

問4. 27°C に保持された容器の内部に窒素を満たして $6.0 \times 10^4 \text{ Pa}$ とした。さらに水を2.7 g 入れ、 57°C まで加熱し、保持した。このときの窒素分圧と全圧を答えよ。ただし、液体の水の体積は無視する。

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）

（3教科型・2月10日実施分）

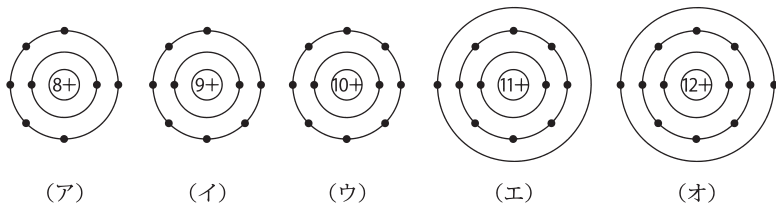
（解答：71ページ）

（解答はすべて解答用紙に記入せよ。）

1 以下の各問いに答えよ。

問1. 下図に示す記号（ア）～（オ）の電子配置をもつ原子について、以下の問いに答えよ。ただし、図の中心の円は原子核、その中の数字は陽子の数を示す。また、外側の同心円は電子殻、黒丸は電子を示す。

- (1) (ウ) の電子配置をもつ原子の価電子の数を答えよ。
- (2) 第1イオン化エネルギーが最も小さい原子を（ア）～（オ）の記号で答えよ。
- (3) 1価の陰イオンになりやすい原子を（ア）～（オ）の記号で答えよ。
- (4) 2価の陽イオンになりやすい原子を（ア）～（オ）の記号で答えよ。
- (5) Na^+ と同じ電子配置の原子を（ア）～（オ）の記号で答えよ。
- (6) 単原子分子として存在する原子を（ア）～（オ）の記号で答えよ。
- (7) Cl と周期表の同じ族に属する原子を（ア）～（オ）の記号で答えよ。



問2. 以下の文章を読み、問いに答えよ。

一般に、共有結合では、結合する原子どうしがそれぞれ を出し合い、 をつくって結合する。一方、結合する原子の片方から が提供され、それを両方の原子が互いに共有してできる結合もあり、これを という。

例えば、アンモニア NH_3 に、水素イオン H^+ が結合すると、アンモニウムイオン NH_4^+ が生じる。このとき、アンモニア分子中の窒素原子 N は、 H^+ に を一方的に与えて結びつく。また、水溶液中の水素イオン H^+ は単独では存在せず、水分子 H_2O と して、オキソニウムイオン H_3O^+ となる。

は、結合ができる過程が異なるだけで、できた結合は共有結合とまったく同じとなり、どれが による結合か区別がつかない。したがって分子の形状は、 NH_4^+ は 形であり、 H_3O^+ は 形である。

- (1) ～ に下の語群より適切なものを選び、記号で答えよ。ただし、同じ記号を複数回、選んでもかまわない。

語群：

- ア) 直線 イ) 三角錐 ウ) 折れ線 エ) 正四面体
オ) 三角 カ) 共有電子対 キ) 非共有電子対 ク) 電子配置
ケ) 不対電子 コ) 自由電子 サ) イオン結合 シ) 共有結合
ス) 配位結合 セ) 水素結合 ソ) 分子間力

- (2) オキソニウムイオンの電子式を答えよ。

2 実験室で、下記の1)～10)に示す各気体を発生させるために必要な試薬を、下記のア)～ソ)から選び、解答欄に記号で答えよ。ただし、必要な試薬は1つの場合と2つの場合があるが、2つの場合は解答欄に既に1つ記載してあるので1つだけ空欄に記入せよ。また、複数回選択する試薬もあるし、選択しない試薬もあることに注意せよ。

発生させた気体の捕集方法は、気体の性質によって異なる。水に溶けにくい気体は、A. 水上置換を選択する。また、水に溶けやすい気体については、空気より軽い気体はB. 上方置換を、空気より重い気体はC. 下方置換を選択する。1)～10)に示す各気体の捕集方法として最も適切なものをA～Cから選び、解答欄に記号で答えよ。必要であれば、元素の原子量 $H=1, C=12, N=14, O=16, S=32, Cl=35.5$ を用いよ。

・発生させる気体

- 1) N_2 2) O_2 3) CH_4 4) NH_3 5) HCl
 6) Cl_2 7) CO 8) NO 9) NO_2 10) SO_2

・試薬

- ア) HCl (濃) イ) HNO_3 (希) ウ) HNO_3 (濃) エ) H_2SO_4 (濃) オ) $HCOOH$
 カ) CH_3COONa キ) Cu ク) $CuSO_4$ ケ) $NaCl$ コ) $NaOH$
 サ) NH_4Cl シ) NH_4NO_2 ス) $KClO_3$ セ) MnO_2 ソ) $CaCO_3$

3 鉛蓄電池について、以下の各問いに答えよ。原子量は、 $H=1.00, O=16.0, Pb=207, S=32.0$ とする。ファラデー定数は、 $9.65 \times 10^4 C/mol$ である。計算結果は、有効数字3桁で答えよ。

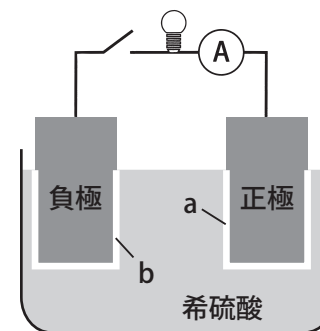
問1. 正極活物質に PbO_2 、負極活物質に Pb を用いる鉛蓄電池の放電過程について、以下の各問いに答えよ。

1) 下図中のスイッチをオンにすると正極から負極へ電流が流れ、正極と負極の表面に、水に不溶な化合物 a と b がそれぞれ生成する。a と b を下記ア)～エ)から選び、記号で答えよ。ただし、同じ記号を複数回選んでもよい。

- ア) PbO イ) $PbSO_4$ ウ) $PbCO_3$ エ) $Pb(OH)_2$

2) 正極と負極で起こっている反応を、それぞれ電子を含むイオン反応式で記せ。

3) 一定電流 $10.0 A$ が流れていて、 1.93×10^3 秒経過した時、正極と負極の活物質の減少量 [g] をそれぞれ求めよ。また、a と b の生成量 [g] もそれぞれ求めよ。



問2. 鉛蓄電池の充電過程について、以下の問いに答えよ。

1) 鉛蓄電池の正極と負極と外部電源の正極と負極との接続方法について、正し

いものをア)～ウ)から選び、記号で答えよ。

ア) 負極を負極に、正極を正極につなぐ

イ) 負極を正極に、正極を負極につなぐ

ウ) アとイのどちらでもよい

2) 正極と負極の質量について、正しいものをア)～エ)から選び、記号で答えよ。

ア) 正極と負極の質量は共に減少する

イ) 正極と負極の質量は共に増加する

ウ) 正極の質量は減少するが負極の質量は増加する

エ) 負極の質量は減少するが正極の質量は増加する

3) 希硫酸の濃度について、正しいものをア)～ウ)から選び、記号で答えよ。

ア) 増加する イ) 減少する ウ) 変化しない

4

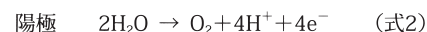
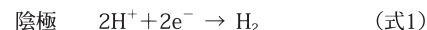
以下の各問いに答えよ。

問1. メタン1 molが水蒸気と反応すると、一酸化炭素と水素が生成する。この反応の反応熱は、 -206 kJ/mol である。この反応の熱化学方程式を書け。

問2. メタンの完全燃焼によって気体の水が生成する反応の燃焼熱は、 802 kJ/mol である。この反応の熱化学方程式を書け。

問3. メタンの一部を完全燃焼(問2の反応)させることによって、問1の反応に必要な熱を供給したい。メタン全体の何%を完全燃焼させればよいか、有効数字3桁で求めよ。

問4. 水に1.48 Vの電圧を印加し、電気分解すると、以下の反応が起こる。



1) 水素1 molを得るのに必要な電気量[C]を、有効数字3桁で求めよ。ただし、ファラデー定数は $F = 9.65 \times 10^4 \text{ C/mol}$ とする。

2) 上記の条件(1.48 V)で、水素1 molを得るのに必要な消費エネルギー[kJ]を、有効数字3桁で求めよ。なお、消費エネルギー[J]は電気量[C]×電圧[V]で求めることができる。

3) 現在、脱炭素社会実現に向けて、化石燃料の代わりに水素を利用する取り組みが進められている。上記の問題を踏まえ、以下の説明ア)～ウ)の中から正しいものを選び、記号で答えよ。

ア) 天然ガス(メタン)より、水を原料にした方が、少ないエネルギーで同じ量の水素を製造できる。

イ) 水素は地球上では化合物の状態で存在しているので、水素ガスを得るにはエネルギーが必要である。

ウ) 問2・3に示したように、天然ガス(メタン)の一部を燃焼することによって、他のエネルギーを用いることなく天然ガスから水素を製造することができるので、問1の方法は脱炭素社会実現に貢献する方法である。

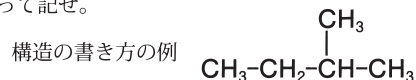
5 アルコールに関する以下の問いに答えよ。

アルコールは、炭化水素の水素原子が ① 基に置換した化合物である。二分子のアルコールが脱水反応すると、原料のアルコールよりも水に溶けにくく、揮発性の高い ② が生成する。アルコールを硫酸酸性のニクロム酸カリウム水溶液中で加熱すると ③ された ④, ⑤ や ⑥ が生成する。④ は、⑦ 性をもつので、銀鏡反応を起こしたり、フェーリング液で赤色沈殿を生じさせる。低分子量の ⑤ は、水に溶かすと酸性を示し、触媒として濃硫酸を加えてアルコールと加熱すると ⑧ を生成する。低分子量の ⑧ は芳香をもつ液体である。⑥ は、⑦ 性をもたず、水に溶解した場合は中性を示す。

問1. 文中の ① ~ ⑧ にあてはまる語句を次の語群から選び、記号で答えよ。

ア) 酸化 イ) 還元 ウ) 酸 エ) 塩基 オ) エーテル カ) エステル
キ) アミド ク) カルボン酸 ケ) アルデヒド コ) ケトン
サ) ヒドロキシ シ) カルボキシ ス) アミノ

問2. プロパノール (C₃H₈O) には、2つの構造異性体がある。2つの異性体の構造を例にならって記せ。



問3. 二分子のメタノールが脱水反応して生成する ② の構造を問2の例にならって記せ。

問4. プロパノール (C₃H₈O) を、硫酸酸性のニクロム酸カリウム水溶液中で加熱し生成する ④ ~ ⑥ の構造を問2の例にならって記せ。

生物

●工学部 (生命環境化学科)

(3教科型・2月10日実施分)

(解答: 71ページ)

1 アミノ酸に関する以下の問いに答えよ。

タンパク質を構成するアミノ酸は全部で A 種類ある。アミノ酸は、炭素原子に酸性の性質を持つ B 基、塩基性の性質を持つ C 基、水素原子、そして^(a)側鎖と呼ばれる構造が結合したものである。アミノ酸同士で脱水縮合が生じると、-CO-NH-で表される^(b)結合ができる。多数のアミノ酸が鎖状につながることでタンパク質が形成される。タンパク質におけるアミノ酸配列を一次構造と呼び、さらに^(c)二次構造、三次構造、^(d)四次構造などを形成する。また、^(e)システインの側鎖間で生じる結合は、タンパク質の立体構造の安定化に重要な役割を担っている。

問1. 本文中の A から C にあてはまる最も適切な数値または語句を答えよ。

問2. 下線部(a)について、アラニンがもつ側鎖の構造は次のうちどれか番号で答えよ。

- (1)-H
- (2)-CH₃
- (3)-CH₂-OH
- (4)-OH

問3. 下線部(b)について、この結合の名称を答えよ。

問4. 下線部(c)について、具体的な構造の名称を2つ答えよ。