

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）

（一般選抜3教科型・2月9日実施分）

（解答：73ページ）

（解答はすべて解答用紙に記入せよ。）

1 窒素原子には5個の①があるが、そのうち3個は②である。窒素原子が水素原子3個と結合すると③分子を形成する。このとき結合に関係しない2個の①は④と呼ばれ、結合に関係する3個の①は⑤を形成する。また、③分子中の窒素原子の電子配置は⑥原子と同じである。

周期表の第2周期には原子番号AからBまでの元素がある。⑦は第2周期の2種類の原子からなり、含まれる電子の総数は窒素分子と同じである。なお、窒素分子がもつ電子の総数はC個である。

⑧元素の原子は水素原子と比べて⑨が大きく、⑤は強く⑧原子側に引きつけられている。⑧元素の水素化物であるフッ化水素、塩化水素、⑩、ヨウ化水素のうち極性が最も大きいものは⑪である。

酸化マグネシウムは⑫結晶を形成し、その結晶構造は塩化ナトリウムと同じである。この酸化マグネシウムの単位格子には、マグネシウムがD個、酸素がE個含まれる。

塩化マグネシウム、マグネシウム、メタン、炭素、二酸化ケイ素のうち共有結合の結晶を形成するのは炭素と⑬、低温で分子結晶を形成するのは⑭である。このうち炭素は原子の結びつき方や配列、性質が異なる様々な物質を形成する。このような物質同士を互いに⑮という。

問1. 文章中の①～⑮にあてはまる適切な語句を下の語群より選び、記号で答えよ。

《語群》

- ア) 価電子 イ) 陽子 ウ) 対電子 エ) 共有電子対 オ) 非共有電子対
カ) アルカリ金属 キ) アルカリ土類金属 ク) ハロゲン ケ) 貴ガス
コ) 電気陰性度 サ) 分子間力 シ) 原子半径 ス) イオン化傾向
セ) 大き ソ) 小さ タ) 分子 チ) イオン ツ) 同素体 テ) 同位体
ト) ネオン ナ) アルゴン ニ) アンモニア ヌ) 一酸化窒素 ネ) 二酸化窒素
ノ) 一酸化炭素 ハ) 二酸化炭素 ヒ) 二酸化ケイ素 フ) 塩化マグネシウム
ヘ) マグネシウム ホ) メタン マ) 炭素 ミ) フッ化水素 ム) ヨウ化水素
メ) 炭化水素 モ) 硫化水素 ヤ) 臭化水素

問2. 文章中のA～Eにあてはまる整数を答えよ。

2 以下の各問いに答えよ。

問1. 以下の文章を読み、各問いに答えよ。計算結果の有効数字は2桁にせよ。

- (1) 25℃における0.10 mol/Lの酢酸水溶液の電離度、水素イオン濃度およびpHを求めよ。ただし、25℃における酢酸の電離定数は $K_a=1.8 \times 10^{-5}$ mol/L、 $\sqrt{1.8}=1.3$ 、 $\log_{10}1.3=0.11$ とする。
- (2) 0.10 molの酢酸と0.10 molの酢酸ナトリウムを含む1.0 Lの混合水溶液を調製した。この混合水溶液に少量の強酸や強塩基を加えても、pHの変化は小さい。このような作用を有する水溶液の名称を記せ。
- (3) (2)で調製した混合水溶液に、0.010 molの塩化水素を吹き込み溶かしても、pHはあまり変化しなかった。どのような反応でpHがあまり変化しなかったのか、イオンを含む反応式(イオン反応式)を記せ。

問2. 以下の文章を読み、各問いに答えよ。

鉛蓄電池(-)Pb | H₂SO₄ aq | PbO₂(+)は、負極活物質に鉛Pb、正極活物質に酸化鉛(IV)PbO₂、電解液には希硫酸H₂SO₄を用いた代表的な二次電池である。負極および正極での放電時のイオンを含む反応式は、次のように与えられる。



- (1) (式1)の右辺①、(式2)の左辺②を完成せよ。
- (2) 放電によって、電解液である希硫酸の濃度はどのように変化するか、最も適切なものを選択し、記号で答えよ。
ア) 増加する イ) 低下する ウ) 変わらない
- (3) 2.0 Aで80分25秒間放電すると、負極の質量は何g増加するか。ただし、H、O、S、Pbの原子量をそれぞれ1.0、16.0、32.0、207とし、ファラデー定数を 9.65×10^4 C/molとする。計算結果の有効数字は2桁にせよ。

3 下記の文章を読み、各問いに答えよ。計算結果の有効数字を2桁にせよ。ただし、C、H、Oの原子量はそれぞれ12、1.0、16である。

- 問1. ある温度で20 gのグルコース(C₆H₁₂O₆)を水80 gに溶かした水溶液の体積は90 cm³である。この水溶液のグルコースの質量パーセント濃度、質量モル濃度、モル濃度をそれぞれ求めよ。
- 問2. 水のモル沸点上昇は0.52 K・kg/molである。問1のグルコース水溶液と純水の沸点の差は何℃かを答えよ。
- 問3. ある非電解質30 gを水5.0×10² gに溶かした溶液の沸点は水より0.13℃高い。この非電解質の分子量を求めよ。
- 問4. 問1のグルコース水溶液に関する下記の記述について正しいものを選び、記号で答えよ。
 - (1) 同じ温度でグルコース水溶液の蒸気圧と純水の蒸気圧はどちらの方が高いか。
ア) 純水 イ) グルコース水溶液 ウ) 同じ
 - (2) 同じ温度のグルコース水溶液と純水をともに1.0℃/分の速度で冷却していく。先に氷が観察されるのはグルコース水溶液か純水か。ただし、グルコース水溶液と純水はともに過冷却がなく、凝固点で凝固が進むと仮定する。
ア) 純水 イ) グルコース水溶液 ウ) 同時に
 - (3) 断面積が一定のU字管の容器の中央を溶質粒子を通さない半透膜でしきり、左側に純水10 mL、右側にグルコース水溶液10 mLを入れ、左右の液面の高さを同じにした。時間が経つとどちらの液面が高くなるか。
ア) 左 イ) 右 ウ) 同じ
 - (4) 上記(3)のU字管の左側に、純水の代わりにグルコースと同じ質量モル濃度の食塩水10 mLを入れた場合、時間が経つとどちらの液面が高くなるか。
ア) 左 イ) 右 ウ) 同じ
 - (5) グルコース水溶液、食塩水溶液、セッケン水に赤色のレーザー光を当てる。そのレーザー光線の直角方向から、赤色のレーザー光の通路が見えるのはどの溶液か。
ア) グルコース水溶液 イ) 食塩水溶液 ウ) セッケン水

4 次の記述①～⑬は、非金属元素の性質を示す。解答欄に記載された2つの記述の両方に当てはまる非金属元素を選択肢から選び、元素記号で答えよ。ただし、同じ選択肢を繰り返し選んでもよい。

- ① 原子は4個の価電子をもつ。
- ② 原子は5個の価電子をもつ。
- ③ 原子は6個の価電子をもつ。
- ④ 原子は7個の価電子をもつ。
- ⑤ 水素化物は水に溶け、その水溶液は弱酸性を示す。
- ⑥ 水素化物は水に溶け、その水溶液は強酸性を示す。
- ⑦ 最大の酸化数をもつ酸化物は気体であり、その水溶液は弱酸性を示す。
- ⑧ 最大の酸化数をもつ酸化物は気体であり、その水溶液は強酸性を示す。
- ⑨ 最大の酸化数をもつ酸化物は固体であり、水や強酸に溶けない。
- ⑩ 最大の酸化数をもつ酸化物は固体であり、強い吸湿性をもつ。
- ⑪ 単体は二重結合を有する気体分子であり、強い酸化力をもつ。
- ⑫ 単体は水と激しく反応して酸素を発生する。
- ⑬ 単体は水に溶け、一部が水と反応して強い酸化作用をもつ化合物をつくる。

・非金属元素の選択肢

C Cl F N O P S Si

5 油脂についての以下の文に関して、各問いに答えよ。(原子量は H=1.0, C=12, O=16, Na=23, とする)

動植物には油脂と呼ばれる物質が含まれている。油脂は、グリセリン分子がもつ3つのヒドロキシ基と3つの高級脂肪酸分子が縮合して、3つの水分子が脱離した構造をもつ 化合物の混合物である。高級脂肪酸とは、長いアルキル鎖をもつ のことである。いくつかの高級脂肪酸とグリセリンの構造図を下に示す。油脂を構成する主な脂肪酸は、ごま油ではリノール酸、オリーブオイルはオレイン酸、牛脂はパルミチン酸など、さまざまである。オレイン酸やリノール酸は、炭素鎖の構造中に二重結合が存在しており、 脂肪酸と呼ばれている。天然の油脂では、二重結合はほとんどシス型となっているが、加工の工程などでシス型の一部または全部がトランス型に変化する場合もあり、そのような脂肪酸はトランス脂肪酸とよばれる。トランス脂肪酸を含む食品は健康に害を与える場合もあるとされる。

ステアリン酸とパルミチン酸を比較すると、 の方が高い融点をもつ。この融点の違いは、分子間力の違いで説明できる。一般に、分子量が大きければ分子間力が くなり、分子間力が ければ融点は くなる。一方、ステアリン酸とリノール酸を比較すると、分子量はほぼ同じだが、 の融点の方がはるかに高い。炭素鎖に二重結合が存在すると、分子間力は非常に くなり、この影響は数十程度の分子量の違いによる影響より強く現れるためである。

油脂に水酸化ナトリウムを加えると、油脂の 反応が起こり、脂肪酸のナトリウム塩であるセッケンが得られる。このようにして得られる物質は、いわゆる界面活性剤としての働きを持つ。水中では、界面活性剤分子はその を中心にして集まって を形成し、汚れを包みこみながら水の中に分散することができるため、セッケンの洗浄効果が発揮される。実際に人類は、動植物から得た油脂と、植物の灰から得た塩基性物質を用いて、古代からセッケンをつくり利用してきた。

エ) 常温、常圧で固体であり、もろく、高温で融解させるもしくは水溶液に溶かすと電気伝導性を示す。

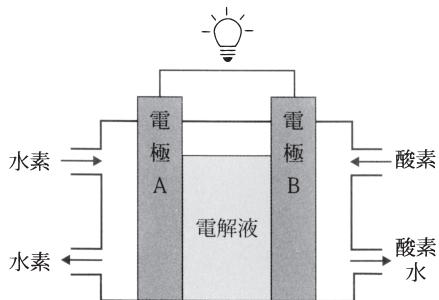
オ) 常温、常圧で固体であり、かたさや融点異なる同素体が複数存在する。

問 4. 物質(c)を沸騰水と反応させたときの反応式を書け。

2 以下の各問いに答えよ。

問 1. 以下の文章を読み、各問いに答えよ。

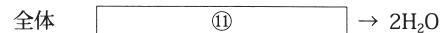
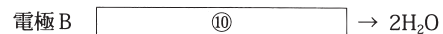
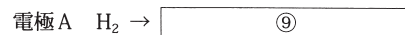
水素のような燃料がもつ化学エネルギーを、 エネルギーとして取り出す装置を燃料電池という。下図は、電解液にリン酸水溶液、燃料に水素を用いた水素-酸素燃料電池である。 極である A では、水素が されて になり、電解液に移動する。その が、 極である B で と反応し、 を生成する。燃料電池の放電反応は、 の燃焼反応である。



(1) ~ に下の語群より適切なものを選び、記号で答えよ。

- | | | | |
|----------|----------|-----------|-------|
| ア) 陽 | イ) 陰 | ウ) 正 | エ) 負 |
| オ) 酸化 | カ) 還元 | キ) 電気 | ク) 反応 |
| ケ) 燃焼 | コ) 酸素 | サ) 水素 | シ) 水 |
| ス) H^+ | セ) e^- | ソ) OH^- | |

(2) 電極 A および B で起こる反応のイオンを含む反応式 (イオン反応式)、燃料電池全体の反応式は次式で与えられる。イオン反応式および全体の反応式中の ~ を完成せよ。



(3) この電池から、 $1.93 \times 10^4 C$ の電気量を得るために消費された水素の標準状態における体積を求めよ。ただし、 $0^\circ C$ 、 $1.013 \times 10^5 Pa$ の標準状態における気体のモル体積は $22.4 L/mol$ 、ファラデー定数を $9.65 \times 10^4 C/mol$ とする。計算結果の有効数字は 3 桁にせよ。

問 2. 容積一定の容器に水素 0.500 mol とヨウ素 0.350 mol を入れて、一定温度で反応させ平衡に達したとき、ヨウ化水素が 0.600 mol 生成した。以下の問いに答えよ。計算結果の有効数字は 2 桁にせよ。

- 平衡に達したときの水素およびヨウ素の物質量を求めよ。
- このときの平衡定数を求めよ。
- 同じ条件にて水素 1 mol とヨウ素 1 mol を反応させると、ヨウ化水素を生成して平衡状態に達した。このときのヨウ化水素の生成量 (mol) を求めよ。

3 以下の問いに答えよ。計算結果の有効数字を2桁にせよ。ただし、H、Oの原子量はそれぞれ1.0、16で、気体定数 R は $8.3 \times 10^3 \text{ Pa} \cdot \text{L} / (\text{K} \cdot \text{mol})$ である。また、すべての気体は理想気体とみなす。

問1. 体積が0.83 Lの容器に5.6 gの気体物質Aを入れ、温度が27℃のとき、容器内の圧力は $6.0 \times 10^5 \text{ Pa}$ である。物質Aの分子量を求めよ。

問2. 問1の容器に水0.90 gを入れ、温度を127℃に上げたとき、すべての水が蒸発したとする。容器内の全圧、物質Aと水蒸気の分圧をそれぞれ求めよ。また、容器内の混合気体の平均分子量も求めよ。ただし、容器の体積は一定である。

問3. 下記記述について正しいものを○、正しくないものを×で答えよ。

- (1) 理想気体では分子自体の体積はわずかにあるが、分子間の相互作用はない。
- (2) 理想気体では分子自体の体積はないが、分子間の相互作用はわずかにある。
- (3) 理想気体では分子自体の体積はなく、分子間の相互作用もない。
- (4) 理想気体では分子自体の体積も分子間の相互作用もわずかにあるが、分子間の化学反応はない。
- (5) 実在気体は高温・低圧の条件下で理想気体とみなすことができる。

4 次の記述①～⑬は、金属元素の性質を示す。解答欄に記載された2つの記述の両方に当てはまる金属元素を選択肢から選び、元素記号で答えよ。ただし、複数回選択する金属元素がある。

- ① 水溶液中で1価の陽イオンとして存在する。
- ② 水溶液中で2価の陽イオンとして存在する。
- ③ 水溶液中で3価の陽イオンとして存在する。
- ④ 硫酸塩は水に溶けやすい。
- ⑤ 硫酸塩は水に溶けにくい。
- ⑥ 塩化物は水に溶けやすい。
- ⑦ 塩化物は水に溶けにくい。
- ⑧ 水酸化物は水に溶けやすい。
- ⑨ 水酸化物は水に溶けにくい。
- ⑩ 単体は常温の水と反応する。
- ⑪ 単体は常温の水とはほとんど反応しない。
- ⑫ 単体は希硫酸には溶けないが濃硝酸には溶ける。
- ⑬ 単体は希硫酸には溶けるが濃硝酸には溶けない。

・金属元素の選択肢

Al Ag Ba Mg Na

