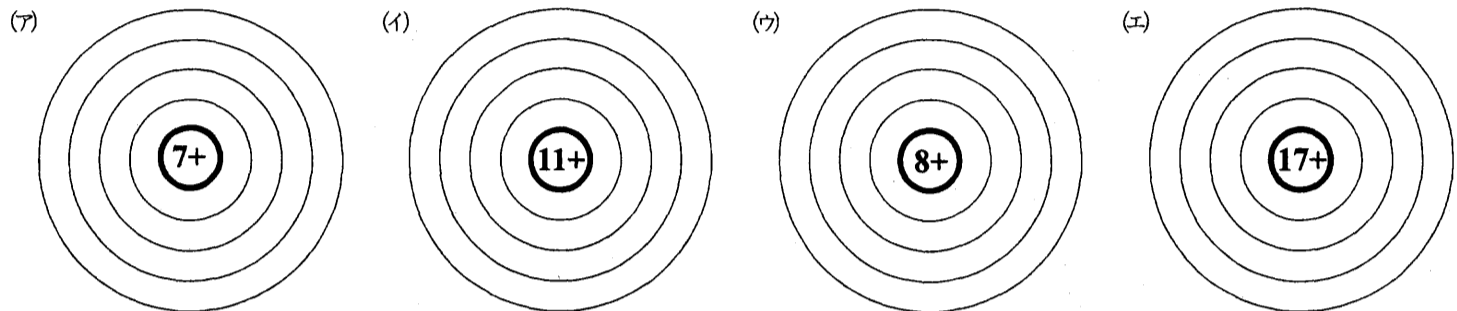


平成 22 年度
理 科 (化 学) 試 験 問 題 (4 頁 中 の 1)

(理工学専攻)

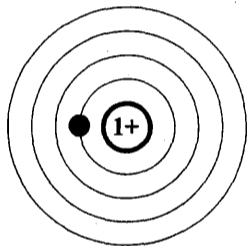
(注意) 解答はすべて別紙解答用紙の定められた欄または枠内に記入せよ。正しく記入していない場合は採点されないの
で注意せよ。

1 下図は、元素(ア)~(エ)のそれぞれの原子核と電子殻の模式図を表している。図中の(7+)、(11+)、(8+)、(17+)は原子核を表し、
中の数字は陽子の数を表している。原子核の外側の同心円は、電子殻(K, L, M, N)を示す。次の設問1~6に答えよ。



問1 下図の例にならって電子を●で表し、(ア)と(イ)の原子の電子配置の模式図を完成せよ。

例



問2 (ウ)と(エ)の原子の原子価(原子がもつ不対電子の数に相当)を答えよ。

問3 (エ)には、それぞれ18個と20個の中性子をもつ原子が存在する。これについて、以下の(1)および(2)に答えよ。

- (1) これらの原子のことを互いに何というか。
- (2) 前者の原子を、元素記号に質量数と原子番号を添えて表せ。

問4 (ア)~(エ)の原子のうち、イオン化エネルギーが最も小さい原子はどれか。記号(ア)~(エ)で答えよ。

問5 (ア)の等核二原子分子(同種の原子2個が結びついた分子)と、(ウ)と炭素からなる三原子分子を、それぞれ電子式で記せ。

問6 物質の沸点について、以下の(1)~(3)に答えよ。

- (1) (エ)の同族元素の等核二原子分子の沸点を比べると、分子量が大きくなるにつれて沸点は高くなる。その理由を簡潔に述べよ。
- (2) (ウ)の同族元素の水素化合物の沸点を比べると、(ウ)の水素化合物の沸点は、分子量が最も小さいにもかかわらず、異常に高い。その理由を簡潔に述べよ。
- (3) (イ)と(エ)からなる化合物の0.1 mol/kgの水溶液と、同濃度のグルコース水溶液では、どちらの沸点が高いか。理由を含め答えよ。

- 2 銀白色の金属板 A~C は、アルミニウム、鉄、亜鉛、銀、または白金のいずれかである。金属板 A~C を用いて次の実験①~④を行った。これについて、以下の設問 1~7 に答えよ。気体は理想気体と仮定せよ。問題文中の体積の単位記号 L は、リットルを表す。計算値は四捨五入して有効数字 3 桁で示せ。ただし、必要がある場合は次の数値を用いよ。

原子量：Al = 27.0, Fe = 55.8, Zn = 65.4, Ag = 108, Pt = 195, $0^{\circ}\text{C} = 273\text{ K}$, 気体定数 $R = 8.31 \times 10^3 \text{ Pa} \cdot \text{L} / (\text{mol} \cdot \text{K})$

実験①： 3 種の金属板をそれぞれ希塩酸に浸したところ、金属板 A と B から気体が発生した。それぞれの金属板を浸した溶液の一部をとり、ヘキサシアノ鉄(III)酸イオン $[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{3-}$ を含む水溶液と混合したところ、金属板 B を浸した溶液のみが濃青色の沈殿を生じた。

実験②： 3 種の金属板をそれぞれ希硝酸に浸したところ、すべての金属板から気体が発生した。金属板 C から発生した気体を集め、酸素と混合したところ、褐色の気体である二酸化窒素が生じた。

実験③： 3 種の金属板をそれぞれ濃硝酸に浸したところ、金属板 C からのみ気体が発生した。気体は二酸化窒素であった。

実験④： 3 種の金属板をそれぞれ水酸化ナトリウム水溶液に浸したところ、金属板 A からのみ気体が発生した。

問 1 実験①で金属板 A および B から発生した気体は同じものであった。発生した気体を分子式で答えよ。

問 2 実験②で金属板 C から発生した気体は何か。分子式で答えよ。

問 3 1.35 g の金属板 C が希硝酸にすべて溶解したとき、生じた気体の物質量はいくらか。

問 4 実験③で生じた二酸化窒素を集め、注射器につめた。温度を一定に保ってピストンを急激に押して中の気体を圧縮し、その状態を保持した。この様子を注射器の横から観察した。このとき、気体の色はどのように変化するか。次の(ア)~(オ)の中から最も適切なものを選び、記号で答えよ。

- (ア) ピストンを押した瞬間濃くなり、その後、徐々に薄くなった。
- (イ) ピストンを押した瞬間濃くなり、その後、変化は見られなかった。
- (ウ) ピストンを押した瞬間濃くなり、その後、さらに濃くなった。
- (エ) ピストンを押した瞬間薄くなり、その後、変化は見られなかった。
- (オ) ピストンを押した瞬間薄くなり、その後、徐々に濃くなった。

問 5 実験③で金属板 A と B から気体が発生しなかったのは、表面に緻密な酸化被膜ができて、それ以上反応しなくなるためである。このような状態を何というか。

問 6 金属板 A と C を希硫酸に浸して電池を構成し、図 1 に示すような装置を用いて粗銅を電解精錬したい。端子(○で表してある)どうしは、どのように接続すればよいか。実線で結び、解答用紙中の図を完成せよ。

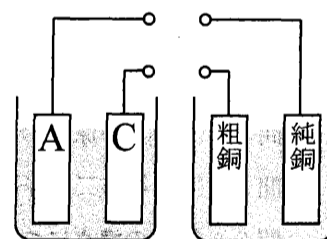


図 1

問 7 図 2 に示すように、希硫酸の入ったビーカーに金属板 B と C を浸したところ、一方の金属板から気体が発生した。次に、スイッチを入れたところ、気体が発生していなかった金属板からも気体が発生した。金属板を希硫酸に浸してから取り出すまでの間に、両方の金属板で発生した気体をすべて集めたところ、 27°C , $1.01 \times 10^5 \text{ Pa}$ において 277 mL であった。これについて、以下の(1)および(2)に答えよ。

- (1) スイッチを入れたとき、導線を通る電流はどちら向きか。図 2 中の記号(ア), (イ)で答えよ。
- (2) 実験後、金属板 B の質量はいくらになったか。ただし、希硫酸に浸す前の金属板 B の質量は 5.00 g とする。

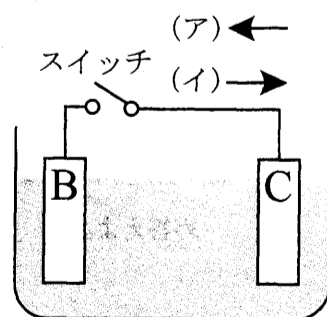


図 2

3 次の文章を読み、設問 1～6 に答えよ。

ハロゲンの単体は、いろいろな元素の単体と直接反応してハロゲン化物をつくる。金属元素と塩をつくりやすいことから、ギリシア語の「塩をつくる」を語源としてハロゲンと名付けられた。① ハロゲンの単体はいずれも酸化作用を示し、その酸化力は原子番号が小さいほど強い。

ハロゲンの一つである塩素は、反応性が高いので単体として天然には存在せず、岩塩鉱床や海水、塩湖などの中にアルカリ金属、アルカリ土類金属の塩化物として存在する。塩素は、常温・常圧で刺激臭のある黄緑色の気体であり、工業的には、② 塩化ナトリウム水溶液の電気分解により製造される。③ 実験室で塩素を発生させるには、濃塩酸に酸化マンガン(IV) MnO_2 、過マンガン酸カリウム KMnO_4 や二クロム酸カリウム $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ などの酸化剤を作用させる。

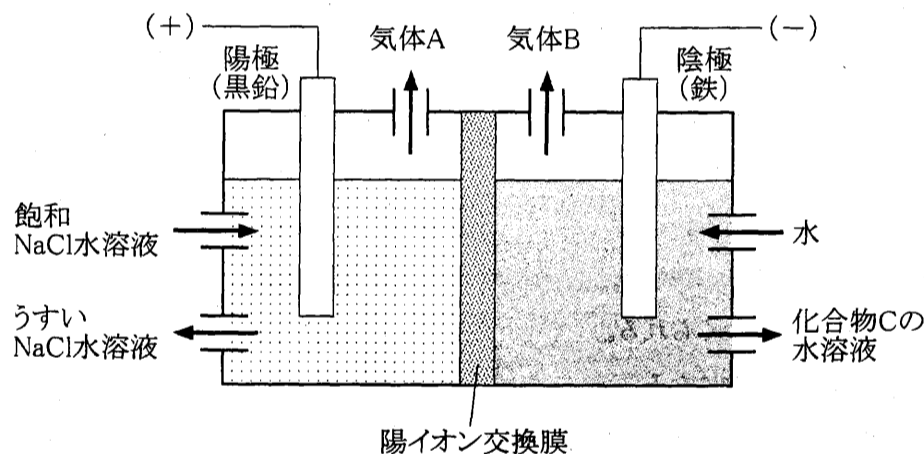
④ 塩素は、熱や光によって水素と爆発的に反応し、塩化水素を生じる。塩素を水に溶かすと、⑤ 塩素の一部が水と反応して次亜塩素酸を生じる。この次亜塩素酸は酸化作用が強く、漂白・殺菌剤として用いられる。

問 1 下線部①について、塩素とヨウ素の酸化力の大小は、ヨウ化カリウム水溶液に塩素を通じたとき、反応が起こることで確認できる。このときの反応を化学反応式で記せ。

問 2 下線部②について、塩化ナトリウム水溶液の電気分解には、下図に示すような陽イオン交換膜法が用いられる。これについて、以下の(1)および(2)に答えよ。

(1) 陽極および陰極で起こる反応を、電子 e^- を含むイオン反応式で記せ。

(2) この電気分解では、気体 A および B が得られ、陰極側の水溶液を濃縮すると化合物 C が得られる。化合物 C の名称を記せ。



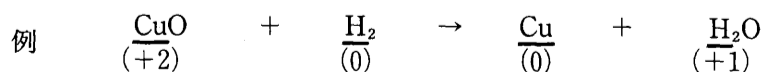
問 3 下線部③について、塩素の捕集法として最も適切なものは(ア)～(ウ)のいずれか。記号で答えよ。

(ア) 水上置換 (イ) 上方置換 (ウ) 下方置換

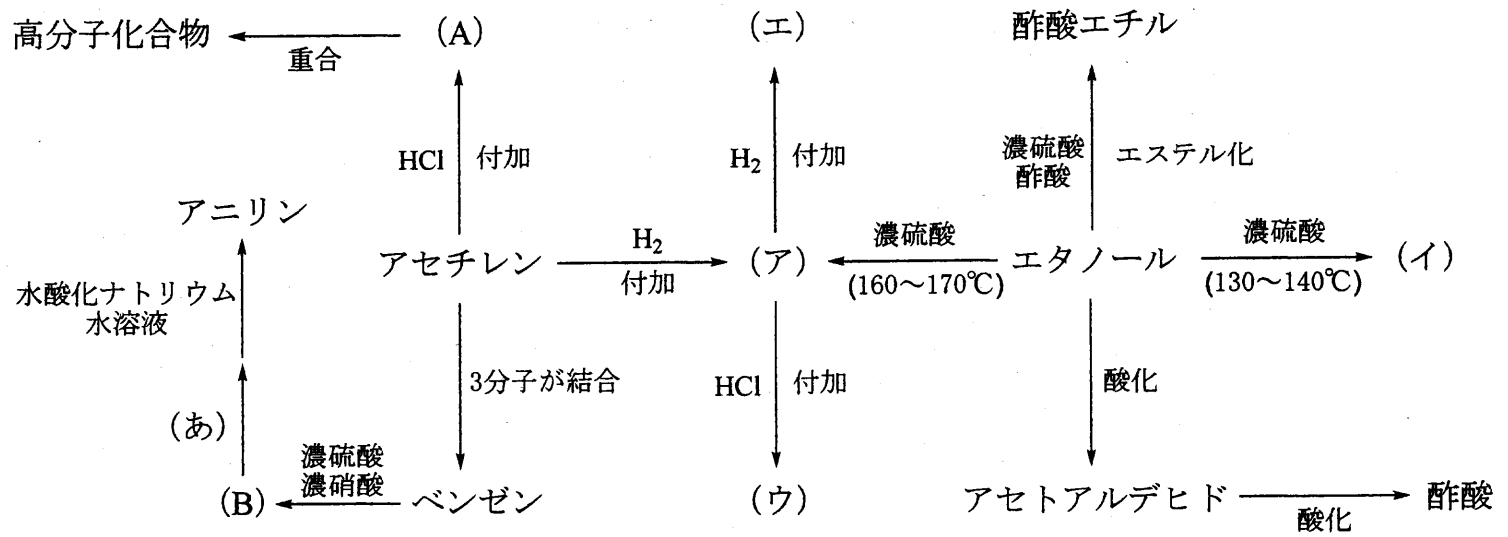
問 4 下線部③について、十分な量の濃塩酸に、酸化マンガン(IV)、過マンガン酸カリウム、二クロム酸カリウムを酸化剤としてそれぞれ作用させた。酸化剤 1 g あたり発生する塩素の物質量が最も多い化合物と、最も少ない化合物の名称をそれぞれ記せ。ただし、各化合物の式量は $\text{MnO}_2 = 87$ 、 $\text{KMnO}_4 = 158$ 、 $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 = 294$ とする。また、各化合物が酸化剤としてはたらくとき、 $\text{MnO}_2 \rightarrow \text{Mn}^{2+}$ 、 $\text{MnO}_4^- \rightarrow \text{Mn}^{2+}$ 、 $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-} \rightarrow \text{Cr}^{3+}$ の変化が起こる。

問 5 下線部④について、塩化水素の生成熱を表す熱化学方程式を記せ。ただし、 $\text{H}-\text{H}$ および $\text{Cl}-\text{Cl}$ の結合エネルギーは、それぞれ 436 kJ/mol および 242 kJ/mol とし、 $\text{H}-\text{Cl}$ の結合エネルギーは 431 kJ/mol とする。

問 6 下線部⑤について、塩素と水の反応を化学反応式で記せ。また、反応の前後で酸化数が変化した原子を、例にならって下線で示し、酸化数を記せ。



4 次の反応系統図に関する設問 1～7 に答えよ。



問1 (ア)～(エ)にあてはまる最も適切な化合物を(a)～(h)の中から選び、記号で答えよ。

- (a) エチレン (b) ジエチルエーテル (c) クロロエタン (d) 酢酸ビニル
 (e) エタン (f) クロロメタン (g) アセトン (h) エチレングリコール

問2 化合物 (A) および (B) を構造式で答えよ。

問3 (あ)に用いる試薬の組み合わせとして、最も適切なものを次の(a)～(d)の中から選び、記号で答えよ。

- (a) 過マンガン酸カリウム, 硫酸 (b) 鉄, 塩素
 (c) スズ, 塩酸 (d) 亜硝酸ナトリウム, 塩酸

問4 化合物 (ア) に関する次の記述の中で、正しいものをすべて選び、記号で答えよ。

- (a) すべての原子は同一平面上にある。
 (b) 二つの幾何異性体が存在する。
 (c) 工業的にはクメン法によってつくられる。
 (d) 付加重合すると、高分子化合物になる。

問5 化合物 (イ) には、他に 6 種類の構造異性体が存在する。これらのうち、不斉炭素原子をもつものすべてを構造式で答えよ。

問6 エタノールからアセトアルデヒドの合成を行うとき、アセトアルデヒドの検出反応として最も適切なものはどれか。次の(a)～(d)の中から選び、記号で答えよ。

- (a) ヨウ素デンプン反応 (b) 銀鏡反応 (c) ヨードホルム反応 (d) ニンヒドリン反応

問7 酢酸とエタノールの混合物に少量の濃硫酸を加えて温めると、酢酸エチルができる。この反応における濃硫酸のはたらきを「活性化エネルギー」、「反応速度」の二つの語句を用いて説明せよ。