

広島大学理学部化学科 平成 18 年度後期日程 個別学力検査

理科 試験問題

平成 18 年 3 月 12 日

自 10 時 00 分

至 12 時 30 分

答案作成上の注意

- 1 試験開始の合図があるまでは、この問題冊子の中を見てはいけません。
- 2 配布されるのは、この問題冊子 (11 ページ) のほかに、解答冊子 (4 ページ) です。
- 3 解答用紙には、問題番号 I, II, III, IV が指定してあります。それぞれの問題の解答は指定した解答用紙に記入すること。
- 4 監督官の指示に従って、すべての解答用紙の所定の場所に受験番号を記入すること。
- 5 配布した解答冊子は、持ち出してはいけません。
- 6 計算に必要な場合には、次の値を用いること。

原子量

H = 1.00    C = 12.0    O = 16.0

Ni = 58.7    Cu = 63.5

アボガドロ定数 :  $6.02 \times 10^{23} / \text{mol}$

気体定数 :  $8.31 \times 10^3 \text{ Pa} \cdot \text{l} / (\text{K} \cdot \text{mol})$

ファラデー定数 :  $9.6 \times 10^4 \text{ C} / \text{mol}$

- 7 計算問題の解答の場合には、有効数字に注意して必要ならば四捨五入すること。

このページは白紙です。

[ I ] 次の(1)~(3)を読み、問1~問7の答えを解答欄に記入せよ。

(1) 次の文はいずれもハロゲンについて書かれたものである。

- ・ハロゲンは  族の元素である。
- ・原子は  個の最外殻電子をもつ。
- ・単体は、いずれも  個の原子からなる分子である。
- ・陰イオンの半径は、その元素の原子半径より  。
- ・単体の融点と沸点は、原子番号が  ものほど高くなる。
- ・単体は、原子番号が  ものほど水との反応性が高い。
- ・単体の酸化力の強さは、原子番号が  ものほど強い。
- ・アルカリ金属およびアルカリ土類金属とは  結合をつくる。

問1 空欄  ~  には適切な数字を、 ~  には適切な語句を記せ。

(2) 図1は、塩化ナトリウム水溶液を電気分解し、水素(気体)、塩素(気体)、水酸化ナトリウム水溶液を得るための装置の概略である。左と右の槽は、隔壁で仕切られており、それぞれの槽には塩化ナトリウム水溶液、水が加えられる。電気を流して電気分解をすると、(a)左の陽極、右の陰極からそれぞれ塩素(気体)と水素(気体)が発生する。また、右下の管から水酸化ナトリウム水溶液を取り出すことができる。

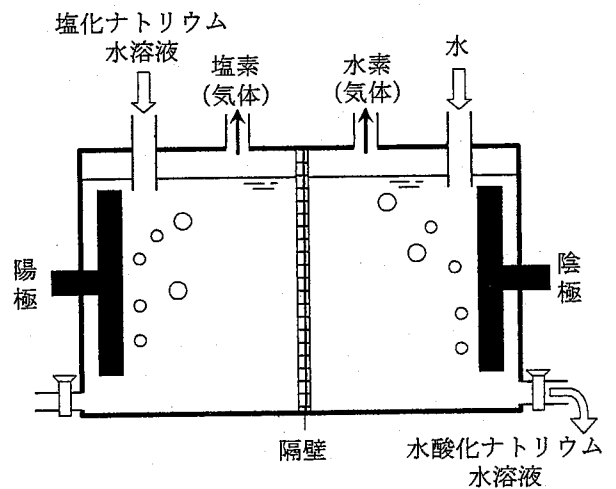
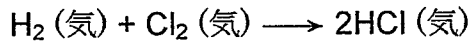


図1

得られた水素(気体)、塩素(気体)を別の容器に導いて反応させ、次の反応によって塩化水素(気体)を生成させることが可能である。



①

問2 下線部(a)で、両極で起こる反応を、電子を含んだ反応式で記せ。

問3 図中の隔壁は、両槽の溶液の混合を防ぐとともに、水や特定のイオンを通過させるという重要な役割を担っている。純度の高い水素(気体)、塩素(気体)、水酸化ナトリウム水溶液を得るために、最も適している隔壁を次の4種類の中から1つ選び、記号で答えよ。また、それが最も適している理由を、40字以内で記せ。

(ア) 半透膜 (イ) 陰イオン交換膜 (ウ) 陽イオン交換膜 (エ) 素焼き板

問4 この装置を使用して、一定電流 0.80 A で 1.0 時間電気分解を行った。その後、反応①に従って、すべての水素(気体)と塩素(気体)を塩化水素にした後、水に溶解させて、500 ml にした。流れた電流は、すべて両気体の発生のために使用されたものとする。

(i) 生成した水素(気体)と塩素(気体)の物質量[mol]をそれぞれ有効数字2桁で求めよ。

(ii) 生成した塩化水素(気体)は、標準状態ではどれだけの体積[l]になるか。ただし、塩化水素は理想気体であるとする。なお、有効数字2桁で求めよ。

(iii) この溶液の pH を、小数点以下1位まで求めよ。ただし、必要ならば常用対数の値として、 $\log_{10} 2 = 0.30$ 、 $\log_{10} 3 = 0.48$  を用いよ。

問5 塩化ナトリウム水溶液のかわりに、硫酸ナトリウム水溶液を左の槽に加えると、どのようなになるか。両極で起こる反応を、電子を含んだ反応式で記せ。

(3) 家庭用 LP ガスの主成分として知られるプロパン( $\text{C}_3\text{H}_8$ )は、標準状態では気体であるが、加圧または冷却すると液化する。液化すると、その体積は、標準状態にある気体のときの ケ 分の1になるため、持ち運びに便利である。また、<sup>(b)</sup> 燃焼によって発生す

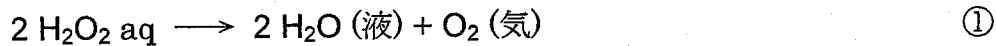
る熱量は、標準状態にあるプロパン気体 1 l あたり、99.1 kJ である。

問 6 空欄  に入る数値を求めよ。解答は小数点以下第 1 位を四捨五入して、整数で示せ。ただし、プロパンの液体の密度は  $0.51 \text{ g/cm}^3$  である。また、気体のプロパンは理想気体であるとする。

問 7 下線部(b)から、プロパンの燃焼熱を示す熱化学方程式を作れ。ただし、燃焼熱は有効数字 3 桁で示せ。

〔Ⅱ〕 次の文章を読み、問 1～問 6 の答えを解答欄に記入せよ。

過酸化水素水は、室温ではほとんど変化しないが、酸化マンガン(IV)を加えると、過酸化水素の分解が急速に進行し、次の反応により酸素を発生する。



このとき、酸化マンガン(IV)は、反応①の反応速度を大きくするが、それ自体は反応の前後で変化しない。このような物質を一般に ア という。このほか、動物の肝臓片を加えた場合にも、反応①の分解が速やかに進む。この場合は動物の肝臓に含まれるある種のタンパク質が ア の役割を担っている。このようなタンパク質は、特に イ と総称される。

化学反応の速さは、単位時間あたりの反応物の減少量または生成物の増加量で表される。反応①の反応速度について調べるために、次の実験を行った。

(a) 質量パーセント濃度 3.00%の過酸化水素水を 10.0 ml とり、酸化マンガン(IV)を加えて酸素を発生させた。一定温度 27 °C に保ちながら、発生した気体を水上置換法で捕集し、その体積を 5 分ごとに測定した。各時間までに捕集された気体の全体積は、以下の表のようになった。

時間 [min]	0	5.0	10.0	15.0
捕集した気体の体積 [ml]	0	16.2	30.0	41.8

なお、この実験において、酸素の水への溶解は無視できるものとし、溶液の体積は一定であると考える。また、気体の体積は温度 27 °C、圧力  $1.013 \times 10^5 \text{ Pa}$  (1.00 atm に等しい) での測定値である。

問 1 空欄  および  に当てはまる最も適切な語句を入れよ。

問 2 下線部(a)はモル濃度[mol/l]ではいくらになるか、有効数字 3 桁で求めよ。ただし、この溶液の密度として  $1.01 \text{ g/cm}^3$  を用いよ。

問 3 反応開始から 5.0 分間で、 $1.27 \times 10^{-3} \text{ mol}$  の過酸化水素が消費されていた。反応開始後 5.0 分間の過酸化水素の平均の分解速度[mol/(l·min)]を、有効数字 2 桁で求めよ。

問 4 実験で捕集した気体は、発生した酸素と水蒸気の混合気体である。この温度での飽和水蒸気圧が  $3.60 \times 10^3 \text{ Pa}$  であれば、反応開始から 10.0 分間に発生した酸素の物質[mol]はいくらか。ただし、気体はすべて理想気体であるとする。なお、有効数字 3 桁で答えよ。

問 5 反応開始 10.0 分後の過酸化水素のモル濃度[mol/l]を、有効数字 2 桁で求めよ。

問 6 この実験を、過酸化水素水の濃度は同じままで温度を上げて行くと、反応速度はどのように変化するか。理由とともに 50 字以内で記せ。

[Ⅲ] 次の文章を読み、問1～問7の答えを解答欄に記入せよ。

金属の原子同士は  結合で結ばれており、その結合は特定の原子に所属することなく動きまわっている電子によって媒介される。このような電子を  という。

によって、金属には電気が流れる。一般に、温度を  と金属は電気を流しにくくなる。これは、原子の熱運動によって、 の移動を妨げるためである。

銅は赤色の金属であり、<sup>(a)</sup>密度は  $9.0 \text{ g/cm}^3$  である。また、その結晶格子の形は、図1で表される。<sup>(b)</sup>単体の銅は、塩酸や水酸化ナトリウム水溶液には溶解しない。しかし、銅板を硝酸銀  $\text{AgNO}_3$  水溶液に浸すと、溶液の色は青色になることから、<sup>(c)</sup>銅は硝酸銀水溶液に溶解することがわかる。

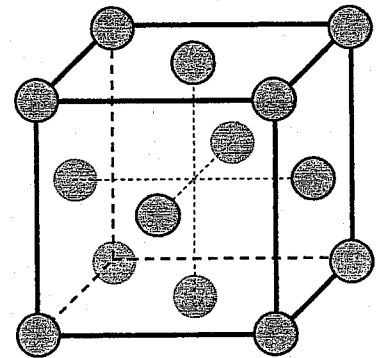


図1

単体の銅を空气中  $800^\circ\text{C}$  で熱すると黒色に変化する。その後、<sup>(d)</sup>この黒色のものを、炭素粉末とともに加熱すると赤色に戻る。このとき、発生する気体を水酸化カルシウム水溶液に通じると、白濁する。

問1 文章中の  ～  に適切な語句を補い、文章を完成せよ。

問2 図1の銅の結晶格子の単位格子について、次の問に答えよ。

- (i) この結晶格子の名称を記せ。
- (ii) 単位格子内に含まれる銅原子の数を求めよ。
- (iii) 下線部(a)の銅の密度を用いて、図1の単位格子の立方体の体積 [ $\text{cm}^3$ ] を有効数字2桁で求めよ。
- (iv) ニッケルは、銅と同じ種類の結晶格子で、ほぼ同じ密度 ( $8.9 \text{ g/cm}^3$ ) である。このことから、ニッケルの結晶格子の一辺の長さは、銅に比べてどうなるか。次の中から一つ選び、記号で答えよ。

(ア) 長い                      (イ) 短い                      (ウ) 同じ



問3 下線部(c)の反応を，化学反応式で記せ。また，反応の前後で，銅および銀の酸化数はどのように変化したかを答えよ。

問4 塩酸には溶解しない銅が，なぜ硝酸銀の水溶液には溶解するのか。「酸化」という言葉を使って，50字以内で理由を説明せよ。

問5 次の(ア)～(カ)の溶液に，室温で銅板を浸した場合，どのようになるか。気体を発生しながら溶解する場合は，気体の化学式を記せ。また，気体を発生せずに溶解するものには○を，溶解しないものには×を記せ。

(ア) 濃硝酸

(イ) 希硝酸

(ウ) 希硫酸

(エ) 塩化鉄(Ⅲ)  $\text{FeCl}_3$  水溶液

(オ) 硫酸亜鉛  $\text{ZnSO}_4$  水溶液

(カ) 塩化ナトリウム水溶液

問6 下線部(d)の反応を，化学反応式で記せ。

問7 下線部(b)の銅の性質に対して，周期表で右隣に位置する亜鉛は，塩酸にも水酸化ナトリウム水溶液にも溶解する。

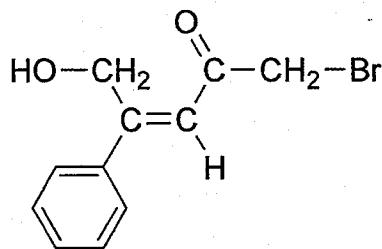
(i) 単体の亜鉛が，塩酸および水酸化ナトリウム水溶液に溶解するときの反応式を記せ。

(ii) 亜鉛のように，酸溶液にもアルカリ溶液にも溶解する金属元素を一般に何と呼ぶか，名称を記せ。

[IV] 次の文章を読み、問1～問8の答えを解答欄に記入せよ。

ただし構造式は例1にならって記せ。

(例1)



炭素、水素および酸素からなる化合物 A は常温で固体であり、分子量は 200 以下であることがわかっている。化合物 A は分子内に不斉炭素原子を一つ含むため、一組の ア 異性体が存在する。26.8 mg の化合物 A を完全燃焼させたところ、二酸化炭素が 35.2 mg、水が 10.8 mg 生成した。また、67 mg の化合物 A を水 10 ml に溶かすと酸性を示した。これを 0.10 mol/l の炭酸水素ナトリウム水溶液で中和したところ、炭酸水素ナトリウム水溶液 10.0 ml を要した。

化合物 A を、少量の塩化水素を含んだエタノールとともに加熱すると、不斉炭素原子を含んだ化合物 B が生じた。さらに加熱をつづけると脱水反応が起こり、化合物 C とその幾何異性体である D が得られた。<sup>(a)</sup>化合物 C に過剰の水酸化ナトリウム水溶液を加えて加水分解した後、希塩酸で中和すると、化合物 E とエタノールが得られた。また、<sup>(b)</sup>化合物 D に過剰の水酸化ナトリウム水溶液を加えて加水分解した後、希塩酸で中和すると、化合物 F とエタノールが得られた。化合物 E と F は幾何異性の関係にある。化合物 E を 160 °C で加熱すると脱水反応が起こり、分子式  $\text{C}_4\text{H}_2\text{O}_3$  の化合物 G が生じた。同じ条件で化合物 F を加熱しても、変化は起こらなかった。

問1 ア にあてはまる語句を記せ。

問2 化合物 A の分子式を記せ。

問3 化合物 E の分子式を記せ。

問4 身の回りのもので、下線部(a)と同様の反応により作られているものを一つ記せ。

問5 下線部(a)および(b)について、化合物 E および F を得るのに、この条件が酸性条件よりも優れている理由を 40 字以内で述べよ。

問6 化合物 C および D の構造式を幾何異性がわかるようにそれぞれ記せ。

問7 化合物 G の構造式および名称を記せ。

問8 化合物 A の構造式を記せ。また、不斉炭素の右上に\*印を付けよ。