

学 力 検 査 問 題

理 科

(理科 2 科目受験者用)

平成 17 年 2 月 25 日

自 12 時 30 分

至 14 時 30 分

答案作成上の注意

- 1 この問題冊子には、物理、化学、生物、地学の各問題があります。総ページは 34 ページです。
- 2 解答用紙は、物理、生物につきそれぞれ 1 枚(表裏の 2 ページ)です。化学、地学はそれぞれ 1 枚(1 ページ)です。
- 3 下書用紙は、各受験者に 1 枚あります。
- 4 受験番号は、解答用紙、下書用紙の所定の場所に、必ず記入しなさい。
- 5 解答は、解答用紙に記入しなさい。
志願票提出のさい届け出た科目以外の科目について解答しても無効となります。
- 6 配付した解答用紙および下書用紙は、持ち出してはいけません。

化 学 (3 問)

注 意 事 項

- 1 計算に必要な場合には、次の値を用いよ。

原子量

H = 1.00 He = 4.00 C = 12.0 N = 14.0 O = 16.0 Br = 80.0

気体定数 $R = 0.082 \text{ atm} \cdot \text{l}/(\text{K} \cdot \text{mol})$

- 2 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。

〔I〕 次の文章を読み、問1～問8の答えを解答欄に記入せよ。

一般に、金属は酸と反応し、気体発生をともなって溶解する。種々の酸と金属の反応を考えてみよう。反応は次のように分けて考えると便利である。

- (1) 亜鉛と塩酸の反応では、先ず亜鉛がイオンとなって溶液に溶け、電子(e^-)が金属に残る。



次に、残された電子が金属表面で、溶液中の水素イオン H^+ と結合して、水素ガスを発生すると考えられる。



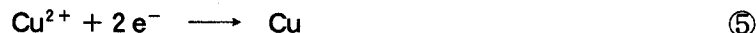
全反応は次のように書ける。



- (2) 銅は塩酸には溶解しない。もし銅が亜鉛と同じようにイオンとして塩酸に溶けたとしても、

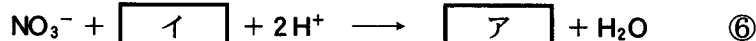


金属中の電子を溶液中の H^+ と、この Cu^{2+} が奪い合う。 Cu^{2+} の方が H^+ よりも電子を受け取りやすいので、②の反応は起こらず、④の逆反応



が起こり、銅は塩酸には溶解しない。

- (3) 濃硝酸は銅を溶かすことができる。銅は④式に従って、溶け出すと考えられる。^(a)このとき、溶液には、3種類のイオン(NO_3^- 、 H^+ および Cu^{2+})が存在するが、この中で硝酸イオン NO_3^- が金属に残された電子を受け取り、気体 **ア** を発生する。



従ってこの反応では、窒素の酸化数は **ウ** から **エ** に変化する。全反応は次のように書ける。



- (4) 塩酸中に入れた銅板は単独では気体を発生しないが、図1に示すように、亜鉛板(Zn)と銅板(Cu)を接触させると、銅板からも気体が発生する。

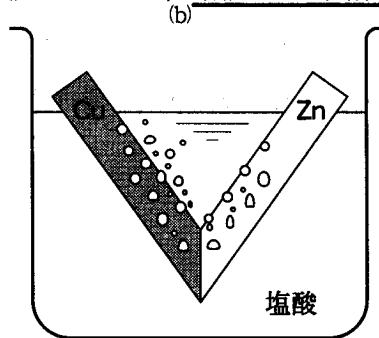


図1

- 問1 および に電子(e^-)または化学式を記入し、反応式⑥を完成せよ。
- 問2 および に数値(酸化数)を記入せよ。
- 問3 化学反応式⑦を完成せよ。
- 問4 下線部(a)の反応を希硝酸を用いて行うと、硝酸イオン NO_3^- の還元がさらに進む。 NO_3^- がどのように還元されるか、⑥式にならって電子を含むイオン反応式で示せ。
- 問5 銅は希硫酸に溶解するだろうか。正しい記述を次の中から選び、記号で答えよ。
- (a) 塩酸の場合と同様に溶解しない。
 - (b) 水素を発生して溶解する。
 - (c) 酸素を発生して溶解する。
 - (d) SO_2 を発生して溶解する。
 - (e) 不動態をつくるので溶解しない。
- 問6 (1)~(3)に記述された酸と金属の反応において、次の4種類のイオンを、酸化力の強いものから順に配列せよ。
- H^+ , Cu^{2+} , NO_3^- , Zn^{2+}
- 問7 下線部(b)の銅板から気体が発生するのはなぜか。70字以内で簡潔に説明せよ。

問 8 3種類の金属板(銅板, 亜鉛板および銀板)の中から2種類を選び, 図2(a)~(d)に示すように, 溶液に浸して導線でつないだ。スイッチ(SW)を入れるとき, 溶液に浸した下記(i)~(iv)の金属板から発生する気体を化学式で記せ。その金属板から気体が発生しない場合は×を記入せよ。

(i) 図2(a)の銅板(Cu)

(ii) 図2(b)の銅板(Cu)

(iii) 図2(c)の銀板(Ag)

(iv) 図2(d)の銀板(Ag)

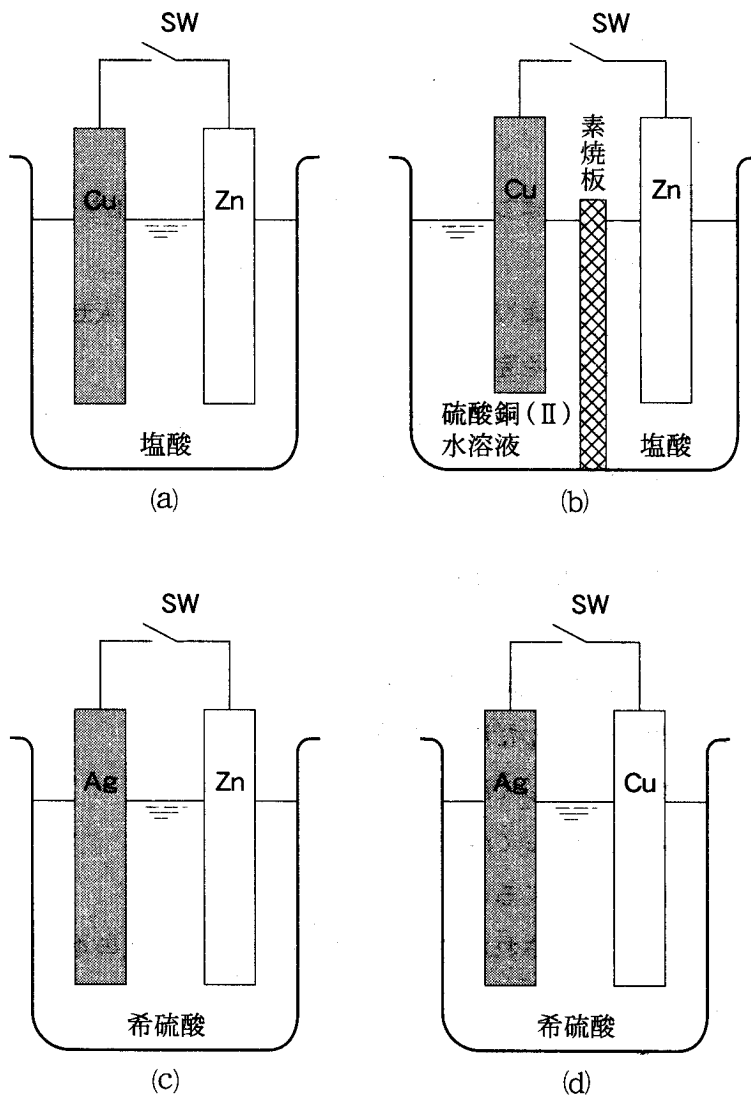


図 2

このページは白紙である。

〔Ⅱ〕 次の文章(1)、(2)を読み、問1～問6の答えを解答欄に記入せよ。

- (1) 一般に、気体と液体が接しているとき、「溶解度の小さい気体では、温度が一定ならば、一定量の液体に溶ける気体の質量はその気体の圧力に比例する。」これはヘンリーの法則と呼ばれる。

温度 T [K]、圧力 p_1 [atm] で、モル質量 M [g/mol] の理想気体が液体に接し、質量 w [g] が液体に溶けたとする。このとき R [atm · l / (K · mol)] を気体定数として、溶けた気体の体積 V_1 [l] は、

$$V_1 = \boxed{a} \quad \text{①}$$

と表せる。同じ温度で気体の圧力を p_2 [atm] にした場合、液体に溶ける気体の質量は、 \boxed{b} [g] となるので、溶けた気体の体積 V_2 [l] は

$$V_2 = \boxed{c} \quad \text{②}$$

と表せる。①式と②式を比べると、圧力が p_1 から p_2 に変化した場合、液体に溶けた気体の体積は \boxed{d} ことが分かる。

以上のことから、ヘンリーの法則は次のように言い換えることができる。「一定の温度で、一定量の液体に溶ける気体の \boxed{e} は、 \boxed{f} に無関係に \boxed{g} である。」

- 問1 文章(1)中の \boxed{a} ～ \boxed{c} に当てはまる式を、 T 、 p_1 、 p_2 、 M 、 w 、 R の中から必要なものを使って記せ。

- 問2 文章(1)中の \boxed{d} ～ \boxed{g} に当てはまる最も適切な語句を入れよ。

- 問3 以下に挙げた気体のなかから、水への溶解においてヘンリーの法則が適用できないものをすべて選び、記号で記せ。

- (ア) 水素 (イ) 塩化水素 (ウ) 一酸化炭素
(エ) アンモニア (オ) メタン

問 4 液体の温度を上げた場合、気体の溶解度はどのように変化するか、次の中から選び、記号で答えよ。また、選んだ理由を 40 字以内で答えよ。

(ア) 上がる。 (イ) 下がる。 (ウ) 変わらない。

(2) 潜水病は、深海で作業をしていた潜水夫が海面に急激に近づいたとき、血液中に溶解込んでいた空気が気泡となって現れ、細い血管をふさぐために起る疾患である。それでは、血液中に溶けていた空気がどのくらいの体積の気体となって現れるか、血液の代わりに水を用いて計算してみよう。また、空気の代わりに次の混合気体 A および混合気体 B を考え、それぞれが水に接しているとする。

混合気体 A (体積比 $O_2 : N_2 = 20.0 : 80.0$ の混合気体)

混合気体 B (体積比 $O_2 : He = 4.0 : 96.0$ の混合気体)

ここで、気体はすべて理想気体であるとし、溶解度はヘンリーの法則に従うものとする。27℃、1.0 atm において水 1.0 l に溶ける気体の溶解度は、酸素 (O_2) が 40 mg、窒素 (N_2) が 18 mg、ヘリウム (He) が 1.3 mg である。また、水に接している混合気体の体積比は、常に変わらないものとする。

問 5 混合気体 A が 27℃、10 atm で水と接しているとき、水 1.0 l に溶ける気体の物質量の総和 [mol] および体積の総和 [l] を、有効数字 2 桁で求めよ。ただし、体積は 27℃、10 atm の条件で求めよ。

問 6 混合気体 A および B が、それぞれ 27℃、10 atm で水に接し、平衡になっている。同じ 27℃ で、混合気体の圧力を 10 atm から大気圧 (1.0 atm) に戻すと、このとき水から放出される気体の体積の総和は、27℃、1.0 atm において、水 1.0 l 当たり何 l か。混合気体 A および B についてそれぞれ有効数字 2 桁で求めよ。また、この結果から、どちらの混合気体が潜水病を起しにくいと考えられるか、A または B の記号で記せ。

〔Ⅲ〕 分子式 C_5H_{10} で表される化合物 **A** がある。実験 1～実験 5 を読み、問 1～問 5 の答えを解答欄に記入せよ。

実験 1 化合物 **A** に水を付加させると、不斉炭素原子をもつ主生成物 **B** と不斉炭素原子をもたない副生成物 **C** が得られた。化合物 **B**、**C** いずれも金属ナトリウムと反応して水素を発生した。

実験 2 化合物 **A** を臭素水に加えたところ、臭素水の赤褐色が消えた。

実験 3 化合物 **B** を二クロム酸カリウムの希硫酸酸性溶液と反応させると、化合物 **D** が得られた。化合物 **D** にヨウ素と水酸化ナトリウム水溶液を加えて温めると、黄色沈殿が生じた。

実験 4 化合物 **C** を二クロム酸カリウムの希硫酸酸性溶液と反応させると、化合物 **E** が得られた。化合物 **E** にヨウ素と水酸化ナトリウム水溶液を加えて温めても黄色沈殿は生じなかったが、フェーリング液を加えて加熱すると、赤色沈殿を生じた。化合物 **E** をさらに二クロム酸カリウムの希硫酸酸性溶液と反応させると、分子式 $C_5H_{10}O_2$ で表される化合物 **F** が生成した。

実験 5 化合物 **C** に濃硫酸を加え、 $170^\circ C$ で加熱すると化合物 **A** が得られた。一方、化合物 **B** に濃硫酸を加え、 $170^\circ C$ で加熱すると、主生成物 **G** とともに副生成物として化合物 **A** が得られた。化合物 **G** は、化合物 **A** と同じ分子量をもち、幾何異性体は存在しなかった。

問 1 分子式が C_5H_{10} で表される化合物には、何種類の異性体が存在するか。ただし、環状異性体および幾何異性体を除く。

問 2 実験 2 について、臭素 4.00 g と過不足なく反応する化合物 **A** の質量 [g] を求め、有効数字 3 桁で答えよ。

このページは白紙である。