

平成 23 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。

(注) 必要がある場合は次の原子量を用いよ。

H : 1.0, C : 12.0, N : 14.0, O : 16.0, S : 32.1, Cl : 35.5, Cu : 63.6, Ba : 137.3

1 次の設問 1～4 に答えよ。

問 1 次の(ア)～(ク)より、正しい記述を 3 つ選び、記号で答えよ。

- (ア) 赤リンと黄リンを同量含む物質は、元素が同じなので純物質に分類される。
- (イ) 元素の原子量は、炭素の原子量を基準とした相対質量である。
- (ウ) 純物質は固有の密度をもつ。
- (エ) 質量数は原子番号の 2 倍の値となる。
- (オ) イオン化エネルギーの小さい原子は容易に陽イオンとなる。
- (カ) 親水コロイドは少量の塩の添加により凝析する。
- (キ) 2 種類の金属を用いて電池を作った場合、酸化されるのはイオン化傾向の小さい金属の方である。
- (ク) 原子がもつ電子の数と陽子の数は等しい。

問 2 希薄な酸の水溶液に塩基の水溶液を滴下して中和滴定を行う。中和点を確認するための指示薬には、メチルオレンジとフェノールフタレインを用意した。以下の 2 種類の組み合わせ(A)および(B)の中和滴定で用いる指示薬に関して、最も適切な記述を(ア)～(エ)よりそれぞれ選び、記号で答えよ。ただし、用意した指示薬の変色域はメチルオレンジが $\text{pH} = 3.1 \sim 4.4$ 、フェノールフタレインが $\text{pH} = 8.0 \sim 9.8$ である。

【組み合わせ】 (A) 塩酸—アンモニア水 (B) 酢酸—水酸化ナトリウム水溶液

- (ア) メチルオレンジを指示薬として用いる。
- (イ) フェノールフタレインを指示薬として用いる。
- (ウ) どちらの指示薬を用いても良い。
- (エ) どちらの指示薬も適さない。

問 3 0.10 mol/L の水酸化ナトリウム水溶液をビュレットに入れて、滴下しながら塩酸 70.0 cm^3 を中和する実験を行った。以下の(1)および(2)に答えよ。

- (1) 中和点近傍で水酸化ナトリウム水溶液 0.05 cm^3 を加えると、 pH が 4 だけ大きくなった。このとき、水酸化物イオン濃度は何倍になったか。最も適切なものを(ア)～(オ)より選び、記号で答えよ。
(ア) 4 倍 (イ) 50 倍 (ウ) 200 倍 (エ) 10000 倍 (オ) 40000 倍
- (2) 最初 5.00 cm^3 だったビュレットの目盛りの読みが、中和点では 22.50 cm^3 となった。用いた塩酸のモル濃度を有効数字 2 桁で答えよ。

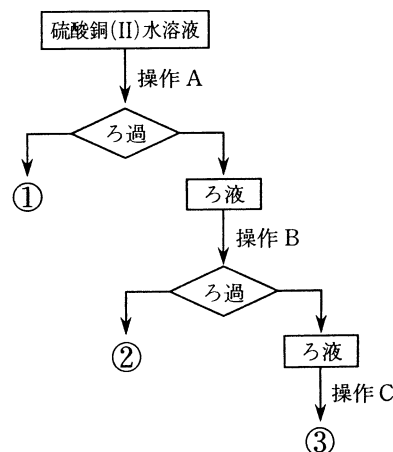
問 4 硫酸銅(II)水溶液 100 cm^3 に右図の操作を行ったところ、①～③の沈殿が生じた。以下の(1)～(3)に答えよ。

操作 A : 0.15 mol/L の塩化バリウム水溶液を過剰に加え、完全に沈殿を生成させた。加えた量は全部で 80 cm^3 であった。

操作 B : 希硫酸を過剰に加えた。

操作 C : 水酸化ナトリウム水溶液を加えて水溶液を塩基性とした。

- (1) ①と②の沈殿は同じ化合物である。この化合物の化学式を記せ。
- (2) ②の沈殿の質量が 1.167 g だった。最初の硫酸銅(II)水溶液のモル濃度を有効数字 2 桁で答えよ。
- (3) ③の沈殿をろ別し、アンモニア水を過剰に加えたところ沈殿が溶解した。このときに生じる陽イオンの化学式を記せ。



2 次の文章を読み、設問 1～6 に答えよ。

窒素は周期表において (A) 族に属する元素で、L 殻に (B) 個の価電子がある。窒素は多様な分子を形成する。①窒素と水素を触媒の存在下で反応させるとアンモニアが生じる。アンモニアの融点や沸点は、同族元素の水素化合物と比較して異常に高い。これは、(I) が分子間の相互作用として強くはたらくためである。また、アンモニアは水によく溶けて塩基性を示す水溶液となる。このとき、(II) が水素イオンと窒素原子との間に形成される。

窒素には数種類の酸化物が存在し、二酸化窒素はそのひとつである。②二酸化窒素の一部は四酸化二窒素に変化し、化学平衡の状態になる。また、③二酸化窒素と水を反応させると、硝酸と一酸化窒素が生じる。

問 1 空欄 (A) および (B) に適切な整数を記せ。

問 2 下線部①について、アンモニアの生成熱はいくらか。ただし、H—H および N≡N の結合エネルギーをそれぞれ 436 kJ/mol、946 kJ/mol とし、アンモニア分子中の N—H 結合の結合エネルギーを 391 kJ/mol とする。

問 3 空欄 (I) および (II) に入る最も適切な語句を次の(ア)～(ク)より選び、記号で答えよ。

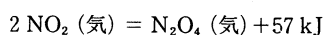
- (ア) 電子親和力 (イ) 起電力 (ウ) 静電気力 (エ) ファンデルワールス力
(オ) アミド結合 (カ) 水素結合 (キ) イオン結合 (ク) 配位結合

問 4 ある金属イオンを含む水溶液にアンモニア水を滴下していくと、はじめ沈殿が生じ、さらに滴下すると沈殿は溶解する。

このような性質を示す金属イオンを次の(ア)～(カ)よりすべて選び、記号で答えよ。

- (ア) K^+ (イ) Ag^+ (ウ) Ca^{2+} (エ) Zn^{2+} (オ) Al^{3+} (カ) Fe^{3+}

問 5 下線部②について、以下の(1)および(2)に答えよ。なお、この反応の熱化学方程式は次のように示される。



(1) NO_2 および N_2O_4 の濃度をそれぞれ $[NO_2]$ 、 $[N_2O_4]$ として、平衡定数 K を表わせ。

(2) 次の(a)または(b)に示すように条件を変化させると、平衡定数 K の値はどうか。選択肢(ア)～(ウ)の中から適切なものを選び、記号で答えよ。

- (a) 温度一定の条件下で、 NO_2 を加える。
(b) 温度を上げる。

[選択肢]

- (ア) 変化しない (イ) 大きくなる (ウ) 小さくなる

問 6 下線部③の反応において、還元される原子は何か、元素記号で答えよ。また、その還元される原子について、酸化数の変化を例にならって記せ。

(例) $+1 \rightarrow -2$

3

I 図 1 は、水 1 mol を大気圧下 ($1.0 \times 10^5 \text{ Pa}$)、毎分一定の熱量で加熱したときの、加熱時間と温度との関係を模式的に示している。以下の設問 1～4 に答えよ。

問 1 図中の bc 間、de 間および ef 間では、この物質はどの

ような状態で存在するか。最も適切な状態を次の(ア)～(カ)の中からそれぞれ選び、記号で答えよ。

- (ア) すべて固体 (イ) すべて液体
 (ウ) すべて気体 (エ) 固体と液体
 (オ) 液体と気体 (カ) 気体と固体

問 2 図中の de 間では、加熱しているにもかかわらず温度が上昇しない。この理由を「分子間力」という語句を用いて説明せよ。

問 3 沸点での水の蒸発熱を $Q \text{ kJ/mol}$ とすると、水 1 g の温度を 1 K 上昇させるのに必要な熱量 [$\text{kJ}/(\text{K} \cdot \text{g})$] を与える式はどれか。次の(ア)～(エ)の中から選び、記号で答えよ。

- (ア) $\frac{18 Q (t_d - t_c)}{(t_e - t_d) (T_b - T_a)}$ (イ) $\frac{Q (t_d - t_c) (T_d - T_b)}{18 (t_e - t_d)}$
 (ウ) $\frac{Q (t_d - t_c)}{18 (t_e - t_d) (T_d - T_b)}$ (エ) $\frac{Q (t_e - t_d)}{18 (t_d - t_c) (T_d - T_b)}$

問 4 次の記述(ア)～(エ)のうち、正しい記述をすべて選び、記号で答えよ。

- (ア) 気体の状態では、すべての分子が同じ速度で激しく運動している。
 (イ) 水は、常に 100°C で沸騰する。
 (ウ) 固体の状態では、物質中の粒子間にはたらく力が大きいので粒子はまったく動かない。
 (エ) イオン結合で結ばれてできた物質は、一般に高い融点・沸点を示す。

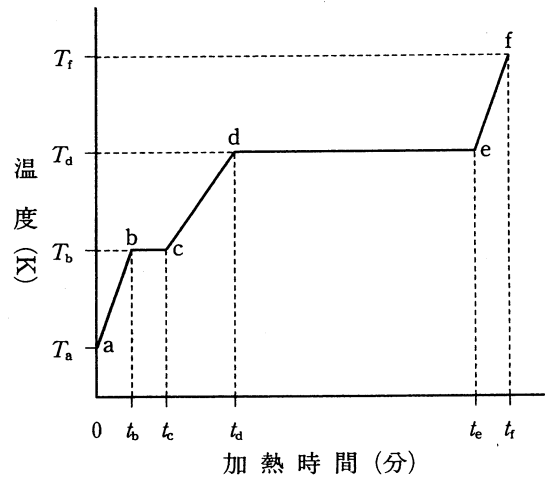


図 1

II 図 2 は、純物質の液体 A, B, C の飽和蒸気圧曲線を示している。以下の設問 1～4 に答えよ。ただし、気体は理想気体として扱えるものとする。

問 1 物質 A, B および C の蒸発熱がそれぞれ Q_A , Q_B および $Q_C \text{ kJ/mol}$ であるとき、3 つの液体の蒸発熱の大小関係はどのように表されるか。次の(ア)～(ウ)の中から選び、記号で答えよ。

- (ア) $Q_A < Q_B < Q_C$
 (イ) $Q_A > Q_B > Q_C$
 (ウ) $Q_A = Q_B = Q_C$

問 2 物質 A の 20°C における蒸気圧は何 kPa か。

問 3 真空にした容積 1.0 L の密封容器に物質 C を 0.010 mol 入れ、これを 80°C に保ったとき、容器内の圧力は何 Pa となるか。有効数字 2 桁で答えよ。ただし、 $0^\circ\text{C} = 273 \text{ K}$ 、気体定数 $R = 8.3 \times 10^3 \text{ Pa} \cdot \text{L}/(\text{mol} \cdot \text{K})$ とする。

問 4 容積を任意に調節できる密閉容器に物質 B, C および窒素がそれぞれ 0.010 mol ずつ入っている。この容器内の圧力を

$1.0 \times 10^5 \text{ Pa}$ に保ったまま、 60°C に調節した。このとき物質 B および C はそれぞれどのような状態で存在するか。次の(ア)～(カ)の中から最も適切なものを選び、記号で答えよ。ただし、物質 B, C および窒素間での反応や溶解は起こらないものとする。

- (ア) すべて固体 (イ) すべて液体 (ウ) すべて気体 (エ) 固体と液体 (オ) 液体と気体 (カ) 気体と固体

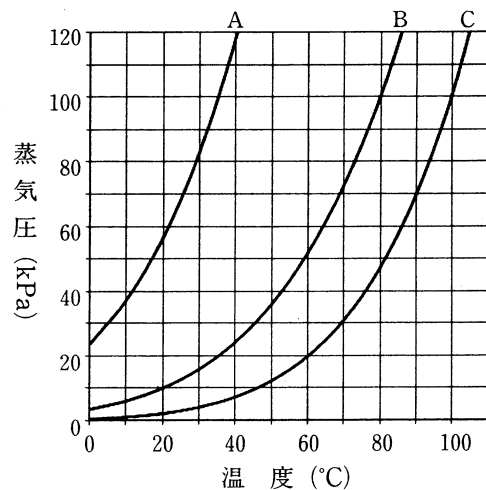


図 2

4

I ベンゼンとその誘導体に関する文章(ア)および(イ)を読み、設問 1～3 に答えよ。

(ア) ①ベンゼンに鉄粉を触媒として塩素を作用させると化合物 A が生成する。また、②ベンゼンに濃硫酸を加えて加熱すると化合物 B が生成する。ベンゼンの誘導体である③トルエンを過マンガン酸カリウムの塩基性水溶液で酸化し、その水溶液を酸性にすると化合物 C が生成する。

(イ) ベンゼン環を一つだけもち、炭素、水素、酸素のみからなる性質の異なる有機化合物 D および E がある。D および E の分子量は、いずれも 108 であった。D および E の構造を調べるために次の実験 1～3 を行った。

[実験 1] 27.0 mg の D および E をそれぞれ完全燃焼させたところ、どちらの化合物からも 77.0 mg の二酸化炭素と 18.0 mg の水が得られた。

[実験 2] D および E と塩化鉄(III)水溶液をそれぞれ反応させたが、いずれも呈色反応を示さなかった。

[実験 3] D はナトリウムと反応したが、E は反応しなかった。

問 1 反応①および②を化学反応式で示せ。

問 2 反応③で生成する化合物 C の名称を書け。

問 3 化合物 D および E を構造式で示せ。

II 次の文章を読み、設問 1 および 2 に答えよ。なお、光学異性体については考慮しないものとする。

2 種類の α -アミノ酸、アラニン $\text{H}_2\text{NCH}(\text{CH}_3)\text{COOH}$ およびグリシン $\text{H}_2\text{NCH}_2\text{COOH}$ だけから構成され、アミノ酸が 4 分子縮合してできた鎖状ペプチド X がある。X の加水分解実験を行ったところ、(i)～(iv)の結果を得た。

- (i) 3 分子のアミノ酸から構成されるトリペプチドや、2 分子のアミノ酸から構成されるジペプチドが、途中で生成した。
- (ii) 途中で生成したジペプチドは 2 種類の構造異性体のみで、他のジペプチドは生成しなかった。
- (iii) X がアミノ酸に完全に分解されたとき、アラニンとグリシンが等しい物質質量だけ生成した。
- (iv) ペプチド結合の加水分解以外の副反応は起きなかった。

問 1 次の(ア)～(ウ)のうち、途中で生成したジペプチドが呈色する反応をすべて選び、記号で答えよ。

(ア) キサントプロテイン反応 (イ) ビウレット反応 (ウ) ニンヒドリン反応

問 2 X のアミノ酸配列として可能性のある構造をすべて答えよ。ただし、アラニン、グリシンをそれぞれ Ala, Gly と略記し、鎖状ペプチドのアミノ基側の末端からカルボキシル基側の末端へ左から順に並べて表記せよ。例えば、アラニンとグリシンが縮合してできたジペプチド $\text{H}_2\text{NCH}(\text{CH}_3)\text{CO}-\text{NHCH}_2\text{COOH}$ は Ala-Gly と表記する。