

平成21年度 個別学力試験問題

理 科 (120分)

生命環境学群 (生物学類, 生物資源学類, 地球学類)  
 (地球学類)※地理歴史を選択する者は, 理科1科目と合わせて  
 120分

理工学群 (数学類, 物理学類, 化学類, 応用理工学類, 工学システム学類)  
 情報学群 (情報科学類)

(知識情報・図書館学類)※1科目選択で60分

医学群 (医学類, 医療科学類)

目 次

物	理	.....	1
化	学	.....	7
生	物	.....	17
地	学	.....	25

注 意

- 1 問題冊子は1ページから31ページまでである。
- 2 受験者は下表の志望する学類の出題科目を解答すること。

学 類	出 題 科 目				備 考
	物理	化学	生物	地学	
生 物 学 類	○	○	○	○	○印の中から2科目を選択解答
生 物 資 源 学 類	○	○	○	○	○印の中から2科目を選択解答
地 球 学 類	○	○	○	○	○印の中から2科目を選択解答 又は地理歴史を選択する者は○ 印の中から1科目選択
数 学 類	○	○	○	○	○印の中から2科目を選択解答
物 理 学 類	○	○	○	○	○印の中から2科目を選択解答
化 学 類	○	○	○	○	○印の中から2科目を選択解答
応 用 理 工 学 類	◎	○	○	○	◎印の物理は必須, ○印の中 から1科目を選択解答
工 学 シ ス テ ム 学 類	◎	○	○	○	◎印の物理は必須, ○印の中 から1科目を選択解答
情 報 科 学 類	○	○	○	○	○印の中から2科目を選択解答
知 識 情 報 ・ 図 書 館 学 類	○	○	○	○	○印の中から1科目を選択解答
医 学 類	○	○	○		○印の中から2科目を選択解答
医 療 科 学 類	○	○	○		○印の中から2科目を選択解答

# 化 学

問題Ⅰ～Ⅲについて解答せよ。字数を指定している設問の解答では、数字、アルファベット、句読点、括弧、記号も、すべて1字として記入せよ。なお、計算に必要なならば、次の数値を用いよ。

原子量：H = 1.0, C = 12, N = 14, O = 16, Na = 23, S = 32, Cu = 64,

Au = 197

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

アボガドロ定数： $N_A = 6.0 \times 10^{23} / \text{mol}$

気体定数： $R = 8.3 \times 10^3 \text{ Pa} \cdot \text{l} / (\text{K} \cdot \text{mol})$

Ⅰ 次の文章を読み、問1～問7に答えよ。

金属元素の単体は金属光沢を示し、固体では<sup>(a)</sup>特有な性質を有している。これらの性質は、金属の単体では電子殻が重なるために金属原子の価電子が離れやすく、価電子が特定の原子に固定されずに全体を移動して  となるためである。金属元素は周期表の1, 2族と12～16族の一部の  元素と、3～11族の  元素とに分かれる。  元素では、原子の価電子の数が規則的に変化し、同族の元素は化学的性質が似ている。  元素では、周期表で隣り合った元素同士の性質が似ている場合が多い。また、<sup>(b)</sup>固体の金属単体は原子が規則正しく整列して結晶となっている。結晶中の規則的な粒子の配列は結晶格子と呼ばれる。金属の結晶格子には体心立方格子、面心立方格子、六方最密構造があり、それぞれ単位格子内に含まれる原子の数は  個、  個、2個である。

多くの金属元素は陽イオンになる。このときのイオンへのなりやすさを金属の  という。  の異なる2種類の金属を電極とし、電解質の水溶液に浸して導線で結ぶと、2つの電極表面で電子の授受を行う  反応が起こる。

り、電池となる。たとえば、(c) 亜鉛と銅の金属板を電極として硫酸銅(Ⅱ)水溶液に浸すと、2つの電極間で電気が流れる。この電池に改良を加えたものが(d) ダニエル電池である。

また金属の陽イオンは、生成する塩の性質を利用して分離することができる。ここに、アルミニウム(Ⅲ)、鉄(Ⅲ)、銀(I)の硝酸塩を混合した水溶液がある。以下の操作①～④によって、それぞれの金属イオンを分離・確認した。

- ① 上の混合水溶液に希塩酸を加えた。生じた沈殿 A をろ過により取り除いた。
- ② 操作①のろ液を煮沸して、水酸化ナトリウム水溶液を加えた。生じた沈殿 B をろ過により取り除いた。
- ③ 沈殿 B をビーカーに移して希塩酸で溶解した後、試薬 C の水溶液を加えたところ、血赤色に変わった。
- ④ 操作②のろ液には、鉛イオン D が存在した。このろ液に少量の塩酸を加えると白色の沈殿 E が生じ、さらに過剰に加えるとまた溶解した。この現象は、元素の水酸化物が酸にもアルカリにも溶ける ク 水酸化物の性質を示している。

問 1 ア ～ ク にあてはまる最も適切な語句、数を記せ。

問 2 下線部(a)について、固体の金属単体が持つ性質を 2 つ挙げよ。

問 3 下線部(b)の結晶について考えてみる。たとえば、金の結晶は単位格子の 1 辺の長さが  $4.1 \times 10^{-8}$  cm の面心立方格子である。次の問に有効数字 2 桁で答えよ。

(i) 結晶  $1.0 \text{ cm}^3$  中に金原子は何個含まれるか。

(ii) 結晶の密度  $[\text{g}/\text{cm}^3]$  を求めよ。

問 4 下線部(c)の正極と負極での変化をイオン反応式でそれぞれ示せ。

問 5 下線部(d)のダニエル電池からつないだ2本の白金電極を硫酸銅(Ⅱ)水溶液に入れて、しばらく通電した(図1)。その後、白金電極の質量変化を調べたところ、1本の白金電極は質量が1.6 g 増加していた。質量が増加した電極をPかQで答えよ。また、流れた電気量は何クーロン[C]か有効数字2桁で求めよ。

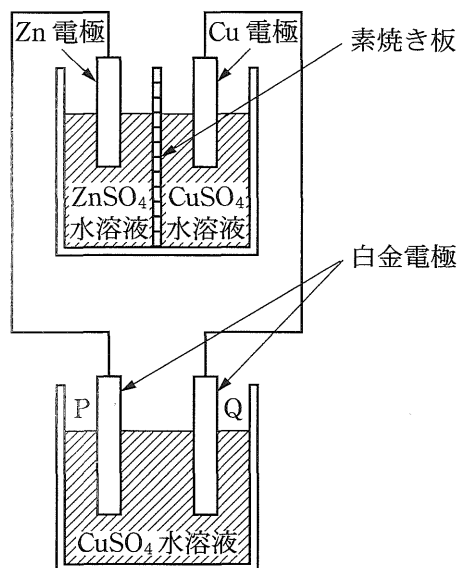


図 1

問 6 操作①で得られた沈殿 A にアンモニア水を徐々に加えると溶ける。その理由を 30 字以内で述べよ。また、このときのイオン反応式を示せ。

問 7 沈殿 B, 試薬 C, 錯イオン D および沈殿 E の化学式を記せ。

(次ページに第Ⅱ問以降があります。)

II 次の文章を読み、問1～問6に答えよ。

物質質量 1 mol の理想気体に対して、圧力が  $P$  [Pa]、絶対温度が  $T$  [K]、体積が  $V$  [l] のとき、

$$PV = RT \quad (1)$$

という状態方程式が成立する。 $R$  は、気体の種類、圧力、体積、および温度に関係なく一定であり、気体定数と呼ばれている。また、(a)互いに反応しない 2 種類以上の気体を密閉容器に入れたとき、混合気体の圧力はドルトンの分圧の法則に基づいて計算できる。

しかし実在する気体は、分子自身が体積をもち、かつ分子間力が働くため、厳密には式 1 に従わない。この 2 つの原因を考慮して式 1 を変形し、1 mol の実在気体について良くあてはまる状態方程式を導こう。

まず、分子自身が有限の大きさをもつために、実測体積  $V'$  は、気体分子が自由に動き回ることができる空間の体積  $V$  よりも、分子の体積に比例する正の定数  $b$  だけ ア なると考えられる。よって、式 1 の  $V$  は  $(V' - b)$  で置き換えることができる。

次に、分子間力の影響のために、実測圧力  $P'$  は分子間に引力が働かない場合の圧力  $P$  に比べて イ なると考えられる。その差は体積の 2 乗に反比例することが知られており、式 1 において  $P$  は  $\left(P' + \frac{a}{V'^2}\right)$  で置き換えることができる。ここで、 $a$  は分子間力によって決まり、気体の種類により異なる正の定数である。

以上、2 つの原因を考慮することによって、実在気体 1 mol に対する以下の状態方程式が導かれる。

$$\left(P' + \frac{a}{V'^2}\right) (V' - b) = RT \quad (2)$$

ここで、実在気体として、水素、メタン、二酸化炭素について考えよう。いま、 $Z = \frac{P' V'}{RT}$  と表すと、一定温度のもとで、各気体についての  $Z$  と圧力  $P'$  の関係は、圧力  $P'$  が低いところで、おおよそ図 2 のようになり、理想気体では  $Z = 1$  となる。水素のように分子間力の影響が無視できる場合には、 $a = 0$  としてよいので、式 2 は

$$Z = 1 + \frac{\text{ウ}}{\text{エ}} \quad (3)$$

と変形できる。従って、水素の  $Z$  は 1 より大きくなるものの、**オ** が低くなるほど、また **カ** が高くなるほど理想気体に近づくことがわかる。一方、メタンや二酸化炭素のように、 $Z$  が 1 より小さくなることは式 3 では説明できず、分子間力の効果を考える必要がある。(b) 図 2 において、二酸化炭素の  $Z$  がメタンのそれより常に小さいことも、分子間力の効果を考えることで説明できる。

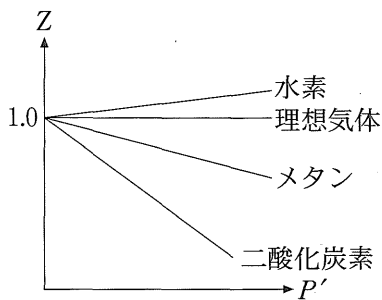


図 2

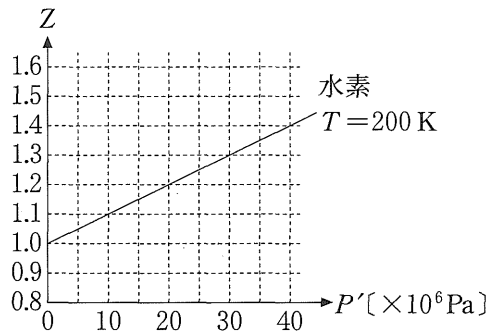


図 3

問 1 下線部(a)に関して、次の問に答えよ。

一定温度で次の 3 種類の気体を 8.0 l の密閉容器に入れた。

- ① 1.0 kPa の酸素 2.0 l
- ② 2.0 kPa の窒素 3.0 l
- ③ 4.0 kPa のヘリウム 3.0 l

このとき、酸素の分圧、窒素の分圧、ヘリウムの分圧、および混合気体の全圧を有効数字 2 桁で求めよ。ただし、圧力の単位は [kPa] とせよ。

問 2 **ア** および **イ** にそれぞれあてはまる語句の組み合わせを下記から選び、記号で答えよ。

- (a) ア：大きく、イ：高く
- (b) ア：大きく、イ：低く
- (c) ア：小さく、イ：高く
- (d) ア：小さく、イ：低く

問 3 **ウ** ~ **カ** にあてはまる最も適切な語句、式を記せ。

問 4 図 2 に関して，次の問に答えよ。

(i) 最も理想気体に近い実在気体を記せ。

(ii) 最も圧縮されやすい実在気体を記せ。

問 5 図 3 に，水素の場合の温度  $T = 200 \text{ K}$  における  $Z$  と圧力  $P'$  の関係を示す。

これに基づき， $T = 400 \text{ K}$  での  $Z$  と圧力  $P'$  の関係を図示せよ。

問 6 下線部(b)のように，二酸化炭素の方がメタンよりも理想気体からのずれが大きい。この理由を 40 字以内で述べよ。

(次ページに第Ⅲ問があります。)

Ⅲ 次の文章[1][2]を読み、問1～問6に答えよ。

[1] (a)ベンゼンに塩化アルミニウムを触媒としてクロロメタン(CH<sub>3</sub>Cl)を反応させたところ、トルエンの他に、炭素と水素のみからなる化合物A、B、C、Dが得られた。 (b)化合物Aは、炭素含有率が90.6%であり、温度167℃、圧力1.0×10<sup>5</sup> Paにおいて密度が2.9 g/lであった。化合物Bは化合物Aの異性体であることがわかった。また、化合物C、Dの組成を調べたところ、分子式はどちらもC<sub>9</sub>H<sub>12</sub>であった。

化合物A、Bを  と濃硫酸の混合物で処理して、(c)ベンゼン環の水素原子1つをニトロ基で置換すると、化合物Aからは1種類、化合物Bからは2種類の  異性体が得られた。

ベンゼンの一置換体E、F、Gがある。それぞれ1 molの化合物E、F、Gは、パラジウム触媒の存在下でほぼ1 molの水素と反応し、いずれも化合物Cの異性体である化合物Hを与えた。化合物E、Gが互いに  異性体の関係にあったのに対し、化合物E、Fは互いに立体異性体の1つである  異性体の関係にあった。

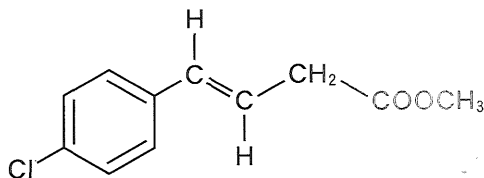


図4

問1 下線部(b)の結果より、化合物Aの分子式を求めよ。また、答にいたる過程も示せ。

問2 下線部(a)の反応において、化合物Cが生成する化学反応式を書け。ただし、触媒の塩化アルミニウムは考慮しなくてよい。また、化合物Cは分子式のまま表記せよ。

問3 下線部(c)の反応で、化合物Aから生成する化合物の構造式を示せ。ただし、図4の構造式にならって記すこと。

問 4 ア にあてはまる化合物の名称, および イ, ウ にあてはまる語句を記せ。

問 5 化合物 G, H の構造式をそれぞれ示せ。ただし, 図 4 の構造式にならって記すこと。

[2] 9つの炭素原子からなる化合物の一群 P がある。化合物群 P に属する化合物は, 五員環(5つの炭素原子からなる環状の構造)を 2つ持ち, 他の環状の構造を持たない。しかも, 2つの五員環が 1つの炭素原子のみを共有してつながっている。図 5 に, 化合物群 P に属する化合物の一例を示す。なお図中で, 五員環をつなぐ炭素原子から伸びる 4本の結合のうち, 実線で示す 2本の結合は紙面上に, くさび形太線(▲)で示す結合は紙面の手前に, くさび形破線(⋯)で示す結合は紙面の奥に, それぞれ存在する。

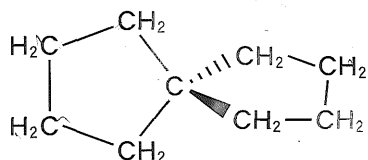


図 5

問 6 化合物 C の異性体であり, 化合物群 P に属する化合物について, 以下の問に答えよ。ただし, 図 5 の構造式にならって記すこと。

- (i) 水素原子の数が互いに異なる 2 種類の五員環を持つ化合物の構造式を 1つ示せ。
- (ii) 水素原子を 1つだけ塩素原子に置き換えるとすると, 3 種類以下の異性体を与える化合物の構造式を 1つ示せ。
- (iii) 光学異性体を持つ化合物の構造式を 1つ示せ。