

# 平成23年度 個別学力試験問題

## 理 科 (120分)

人間学群 (心理学類)※1科目選択で60分

生命環境学群 (生物学類, 生物資源学類, 地球学類)

※地球学類で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	.....	13
地	学	.....	29

### 注 意

- 1 問題冊子は1ページから36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	
心 理 学 類	○	○	○		○印の中から1科目を選択解答
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 = 1.00, C = 12.0, N = 14.0, O = 16.0, S = 32.1,

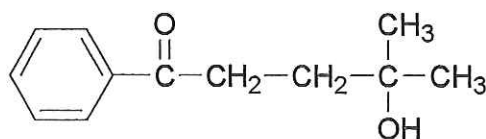
K = 39.1, Cu = 63.5

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

ファラデー定数： $F = 9.65 \times 10^4 \text{ C/mol}$

$0^\circ\text{C} = 273 \text{ K}$

有機化合物の構造式は次の記入例にならって示せ。



Ⅰ 次の文章[1]，[2]を読み，問1～問8に答えよ。

[1] 鉄は希硫酸と反応する。この溶液中の淡緑色のイオンAは、空気中の酸素<sup>(a)</sup>によっても酸化され、黄褐色のイオンBになる。Aを含む水溶液にアンモニア水を加えると化合物Cの淡緑色の沈殿が生じ、Bを含む水溶液にアンモニア水を加えると赤褐色の沈殿が生じる。

Aを含む水溶液に亜鉛を入れると反応が起こるが、銅を入れても反応は起こ<sup>(b)</sup>らない。Aを含む水溶液に化合物Dの水溶液を加えると、濃青色の沈殿が生じる。この沈殿反応はAの検出に用いられる。また、Aを含む水溶液に硫化水素<sup>(c)</sup>を通じると、塩基性では黒色の沈殿が生じるのに対し、酸性では沈殿は生じない。このような金属元素の硫化物の沈殿反応は、金属イオンの検出や分離に用いられる。

問 1 下線部(a)の反応を化学反応式で表せ。

問 2 イオン B, 化合物 C を化学式で記せ。

問 3 下線部(b)の反応をイオン反応式で表せ。

問 4 化合物 D の結晶は暗赤色である。D の化合物名を記せ。

問 5 下線部(c)に関して, 酸性では沈殿しない理由を電離平衡, 溶解平衡の立場から簡潔に述べよ。

[2] 硫酸銅(II)の水溶液に 2 本の白金電極をさして, 1.93 A の電流で 40 分間電気分解を行った。その結果, 陰極に銅が析出し, 陽極からは気体 E が発生した。 さらに, 析出した銅を濃硝酸に溶かしたところ, 気体 F が発生した。

$a$  mol の気体 F を圧力計がついた内容積 1.0 L の容器に封入した。この容器 <sup>(e)</sup> をある温度に保ったところ, 容器内の圧力は一定となった。そのときの容器内の圧力は,  $a$  mol の気体 F が示すべき圧力の 80 % であった。

問 6 気体 E および気体 F を化学式で記せ。

問 7 下線部(d)で発生した気体 E の標準状態での体積は何 L か。有効数字 2 桁<sup>けた</sup>で求めよ。なお, 気体は理想気体としてふるまうものとする。

問 8 下線部(e)に関する平衡を反応式で表せ。また, この温度における, モル濃度を用いて表される平衡定数を,  $a$  を含む既約分数で表せ。単位も明記せよ。なお, 気体は理想気体としてふるまうものとする。

II 次の文章を読み、問1～問4に答えよ。

原子は中心にある **ア** と、そのまわりを運動する **イ** から構成されている。軽水素( $^1\text{H}$ )原子を除くと、**ア** は、正の電荷をもつ **ウ** と、電荷をもたない **エ** から構成される。**ア** の中の **ウ** の数をその原子の **オ** といい、**ウ** の数と **エ** の数の和を **カ** という。**カ** が12の炭素原子( $^{12}\text{C}$ )1個の質量を12として定めた各元素の同位体の相対質量と、それら同位体の存在比から求まる平均値が、原子量である。分子量は、分子を構成する全原子の原子量の総和として求められる。

分子量はいろいろな方法で求めることができる。希薄溶液の性質を用いた方法がよく知られているが、気体の状態方程式を使って気体や揮発性液体の分子量を求めることもできる。例えば、小型のガスボンベに入っている気体Xを、メスシリンダーを用いて水上置換で捕集し、メスシリンダー内外の水面をあわせて体積をはかることにより、Xの分子量を求めることができる。一方、油脂を完全にけん化するのに必要な水酸化カリウムの質量から、油脂を構成する脂肪酸の平均分子量を求める方法もある。

ある揮発性液体(化合物Y)の分子量を決めるために次の実験をした。丸底フラスコの口にアルミホイルをかぶせ、細孔を1つあけた器具Aを用意した。室温(27℃)でAを<sup>てんびん</sup>天秤にのせたところ、表示値は $M_1[\text{g}]$ となった(測定1)。このAに少量のYを入れた。次に、Aをビーカーに入れ、丸底フラスコの口付近まで水に浸した。水を加熱し沸騰させ、水の沸点(100℃)でAの温度を維持すると、Yはすべて気化し、A内の空気はすべて追い出された。加熱を止め、Aをビーカーから取り出した。Aを室温(27℃)までゆっくり冷やし、気化していたYを液化させた。このときのAを天秤にのせたところ、表示値は $M_2[\text{g}]$ となった(測定2)。測定1および測定2の結果から、Aの内部に残ったYの質量を求め、Yの分子量を決定した。

問1 **ア** ～ **カ** に適切な語句を記せ。

問 2 下線部(a)に関して、気体 X の分子量を求めるためには、水上置換で捕集した気体 X の圧力を知る必要がある。しかし、その気体 X の圧力は実験をしている場所の大気圧と同じにはならない。その理由と、どのようにして気体 X の圧力を求めることができるかを 35 字以内で述べよ。ただし、気体 X の水への溶解は無視できるものとする。

問 3 下線部(b)に関して、ある油脂 1.00 g を完全にけん化するのに水酸化カリウムが 0.193 g 必要であった。次の問に答えよ。ただし、この油脂を構成する脂肪酸は 1 種類のみとする。

- (i) この油脂を完全にけん化することにより生じるアルコールの構造式を示せ。
- (ii) この油脂の分子量を有効数字 3 桁で求めよ。
- (iii) この油脂を構成する脂肪酸の分子量を有効数字 3 桁で求めよ。

問 4 下線部(c)に関して、次の問に答えよ。ただし、実験時の大気圧は  $1.0 \times 10^5$  Pa であった。また、液化した化合物 Y の体積は無視できるものとし、すべての気体は理想気体としてふるまうものとする。

- (i) 化合物 Y の一部が室温 (27 °C) で気体として存在するために、器具 A 内の空気の物質量は測定 1 と測定 2 で異なる。その差に相当する空気の質量 ( $w$  [g]) を使って測定値を補正することにより、器具 A 内に残った Y の質量を求めることができる。その Y の質量を表す適切な式を、次の①~④のうちから 1 つ選び、番号で答えよ。ただし、 $w$  は正の値である。

- ①  $M_2 - M_1 + w$
- ②  $\frac{M_2 - M_1}{w}$
- ③  $M_2 - M_1 - w$
- ④  $w(M_2 - M_1)$

- (ii) 化合物 Y の 27 °C ( $T$  [K] とする) における蒸気圧を  $p$  [Pa]、空気のモル質量を  $m$  [g/mol]、器具 A の内容積を  $V$  [L]、気体定数を  $R$  [Pa·L/(mol·K)] とする。(i) の  $w$  [g] を式で表せ。

- (iii) 器具 A 内に残った化合物 Y の質量は 0.27 g であった。A の内容積を 0.10 L とし、Y の分子量を有効数字 2 桁で求めよ。

III 次の文章を読み、問1～問5に答えよ。

同一分子内にヒドロキシ基とカルボキシル基の両方をもつ7つの化合物を、分子量の違いからA～Eの5つのグループに分類した(表1)。いずれも、炭素、水素、酸素からなる化合物であり、グループA、D内の化合物は互いに構造異性体の関係にある。

グループA、Bに分類された化合物A1、A2、B1は、いずれもベンゼン環をもつ化合物である。このうち、A1に塩化鉄(III)水溶液を加<sup>(a)</sup>えると紫色に呈色したが、B1は呈色しなかった。また、化合物B1を酸化すると、ポリエチレンテレフタラートの原料として知られるジカルボン酸となった。

表1

グループ	化合物	分子式	分子量
A	A1、A2	$C_7H_6O_3$	138
B	B1	$C_8H_8O_3$	152
C	C1	未決定	134
D	D1、D2	$C_5H_{10}O_3$	118
E	E1	$C_4H_6O_3$	102

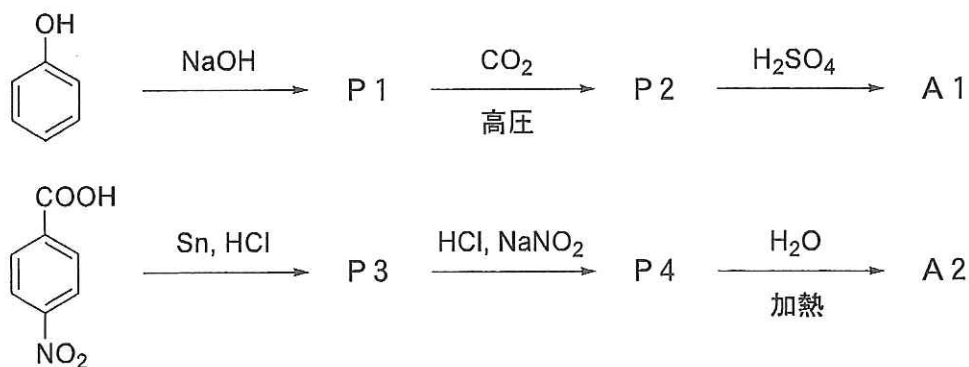
グループCに分類された化合物C1の構造については、以下の元素分析と中和滴定の結果から推定した。化合物C1の試料67mgを完全燃焼させたとき、二酸化炭素88mgと水27mgが生成した。また、化合物C1の試料67mgを水に溶解させ、0.20 mol/L水酸化ナトリウム水溶液で滴定したところ、過不足なく中和するのに5.0 mLを要した。

グループDに分類された化合物D1、D2は、いずれも炭素原子が直鎖状に連結した骨格をもつモノカルボン酸である。化合物D1を酸化すると化合物X1が生成し、さらに酸化すると、<sup>(b)</sup>ジカルボン酸となった。化合物D2を酸化するとカルボキシル基を含むケトンX2となった。

グループEに分類された化合物E1は不斉炭素原子をもつ。化合物E1は臭素と速やかに反応し、分子式 $C_4H_6Br_2O_3$ の化合物が生成した。

問 1 グループ A の化合物について、次の問に答えよ。

- (i) 下線部(a)の結果から、化合物 A 1 の構造についてわかることを述べよ。  
(ii) 化合物 A 1, A 2 は、それぞれ以下の方法によって得られる。化合物 P 1 ~ P 4 および A 1, A 2 の構造式をそれぞれ示せ。



問 2 化合物 B 1 の構造式を示せ。

問 3 化合物 C 1 について、次の問に答えよ。

- (i) 化合物 C 1 の分子式を求めよ。  
(ii) 化合物 C 1 に含まれるカルボキシル基の数を求めよ。  
(iii) 化合物 C 1 には光学異性体が存在する。化合物 C 1 の構造式を示せ。

問 4 グループ D の化合物について、次の問に答えよ。

- (i) 化合物 D 1 の構造式を示せ。  
(ii) 下線部(b)に関して、化合物 X 1 の生成を確認する方法を 20 字以内で述べよ。  
(iii) 化合物 D 1 に少量の酸を加えて加熱したところ、分子量 100 の環状化合物が得られた。この環状化合物の構造式を示せ。  
(iv) 化合物 D 2, X 2 はいずれもヨードホルム反応を示さなかった。この結果をもとに化合物 D 2 の可能な構造を推定し、その推論の過程を簡潔に説明せよ。なお、複数の化合物が該当する場合も含めて考えよ。ただし、光学異性体の有無については触れる必要はない。

問 5 化合物 E 1 の構造式を示せ。