

## 2013 年度 入学 試験 問題

# 理 科 (問 題)

### 注 意

- 1) 理科の問題冊子は全部で 22 ページあり，問題数は，物理 4 問，化学 4 問，生物 5 問である。白紙・余白の部分は計算・下書きに使用してよい。
- 2) 別に解答用紙が 3 枚ある。解答はすべてこの解答用紙の指定欄に記入すること。指定欄以外への記入はすべて無効である。
- 3) 3 枚の解答用紙のすべての所定欄に，それぞれ受験番号を記入すること。氏名を記入してはならない。また，※印の欄には何も記入してはならない。
- 4) 理科は物理・化学・生物のうち 2 科目を選択して解答すること。選択しない科目の解答用紙には(受験番号は忘れず記入の上)用紙全体に大きく×印をつけて，選択しなかったことがはっきりと分かるようにすること。
- 5) 3 科目全部にわたって解答したもの，および解答用紙 3 枚のうち 1 枚に×印のないものは，理科の試験全部が無効となる。
- 6) 問題冊子，解答用紙はともに持ち出してはならない。
- 7) 途中退場または試験終了時には，解答が他の受験生の目に触れないように解答用紙を裏返して，下から順に物理，化学，生物の解答用紙を重ねて，監督者の許可を得た後に退出すること。

物理Ⅲ 問題文下から3行目の文を以下のように差し替える。

よって、 $f$  に対する  $f_R$  の増加量

↓差し替え

よって、 $f_0$  に対する  $f_R$  の増加量

物理Ⅳ 問題文8～9行目の文を以下のように差し替える。

ゴムバンドの伸縮によるその断面積変化は無視できるとし、シリンダーの断面積からゴムバンドの断面積を差し引いたものを  $S$  とする。

↓差し替え

ゴムバンドの断面積はシリンダーの断面積  $S$  に比べ十分小さいものとする。

化学Ⅲ 問題文下から3行目の文を以下のように差し替える。

$\text{CH}_4$ ,  $\text{CO}$ ,  $\text{H}_2$  の燃焼熱は、それぞれ  $286 \text{ kJ/mol}$ ,  $283 \text{ kJ/mol}$ ,  $890 \text{ kJ/mol}$  であり、

↓差し替え

$\text{CH}_4$ ,  $\text{CO}$ ,  $\text{H}_2$  の燃焼熱は、それぞれ  $890 \text{ kJ/mol}$ ,  $283 \text{ kJ/mol}$ ,  $286 \text{ kJ/mol}$  であり、

# 化 学

〔注意〕 問題を解く際に、必要ならば、次の値を用いなさい。

原子量  $H = 1.0$ ,  $C = 12.0$ ,  $O = 16.0$ ,  $S = 32.1$ ,  $Cu = 63.6$

気体定数  $R = 8.31 \text{ Pa}\cdot\text{m}^3/(\text{mol}\cdot\text{K})$

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

$\log_{10} 2 = 0.301$ ,  $\log_{10} 3 = 0.477$ ,  $\log_{10} 7 = 0.845$

I 次の文章を読み、問1～問7に答えなさい。

1669年に尿の中からはじめて見出されたリンは、生物にとって非常に重要な元素の一つである。  
①

自然界において、リンは単体で存在しないとされているが、リン酸カルシウムを原料にして、その単体を得ることができる。よく知られている単体として、極めて反応性の高い(ア)や、マッチの原料ともなる(イ)などがあるが、その他の種類の単体も存在している。

(ア)は、空气中で酸化されて、強力な乾燥剤の一つである(ウ)を生じる。(ウ)に水を加えて煮沸すると、一般にリン酸と呼ばれるオルトリン酸を得ることができる。  
②

また、リンには質量数の異なる(エ)の存在も知られているが、いずれも不安定で、 $^{31}\text{P}$ の天然存在比は100%である。しかし、人工的に作られた質量数が32である $^{32}\text{P}$ は放射性の(エ)であり、20世紀後半における(オ)の研究に大きな貢献をした。  
③

問1 下線部①に示されているように、尿の中に一日あたり1g程度のリンが、リン酸イオンとして排出されている。リン酸が電離して生成するリン酸のイオンをすべてイオン式で書きなさい。

問 2 文中の(ア)~(エ)に入るもっとも適切な語句をそれぞれ解答欄(ア)~(エ)に、(ウ)についてはその分子式も合わせて解答欄(ウ)に答えなさい。

問 3 (オ)に入る最も適切な語句を下から選び、その記号で答えなさい。

- |        |          |
|--------|----------|
| a. 糖 質 | b. タンパク質 |
| c. 核 酸 | d. 中性脂肪  |

問 4 (ア)と(イ)のような関係にある物質を互いに何というか答えなさい。

問 5 下線部②の反応を反応式で表しなさい。

問 6  $^{32}\text{P}$  の原子番号, 陽子数, 中性子数, 最外殻電子数をそれぞれ解答欄(i)~(iv)に答えなさい。

問 7 (ア)について, その分子式を知るために以下の実験をおこなった。

100 g のベンゼンに 0.620 g の(ア)を溶解して, その凝固点を測定したところ, 凝固点が純粋なベンゼンの  $5.40\text{ }^{\circ}\text{C}$  から  $5.14\text{ }^{\circ}\text{C}$  に変化した。この実験から(ア)の分子量および分子式を解答欄(i), (ii)にそれぞれ答えなさい。また, この分子の形はどのような形をしているか, 解答欄(iii)に答えなさい。ただし, ベンゼンのモル凝固点降下を  $5.20\text{ K}$  とする。

II 次の文章を読み、問1～問7に答えなさい。

(ア)色の酸化銅(II)を希硫酸に溶かした。この水溶液のpHを25℃で測定すると、pH 1.00であった。この水溶液2.00 lを容器にとり、その溶液に2枚の白金板を浸した。これら2枚の白金板の間を直流電源でつないで、電流を1.34 Aに保ったまま8時間流し続けた。この直流電源の(イ)につないだ白金板には銅が析出し、他方の白金板からは気体が発生した。なお、酸化銅(II)は、この実験に十分な量が溶けており、この実験中に増減する溶液の体積変化は無視できるものとする。

問1 (ア)、(イ)に入る最も適切な語句を答えなさい。

問2 下線部(a)の酸化銅(II)が希硫酸に溶解する反応を反応式で示しなさい。

問3 下線部(b)、(c)で起こっている反応をそれぞれ解答欄(b)、(c)に反応式で示しなさい。

問4 この実験で流した電気量を有効数字3桁で答えなさい。

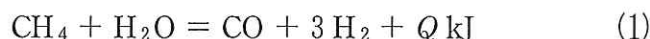
問5 下線部(c)で発生した気体の物質量を有効数字3桁で答えなさい。

問6 下線部(c)で発生した気体を1000 hPa、25℃の状態を集めた。このとき、この気体が占める体積は何lになるか、有効数字3桁で答えなさい。ただし、発生した気体は溶液に溶解せず、すべて集めることができたものとする。

問7 この実験が終了したときの水溶液の25℃でのpHはいくらになるか、小数点以下2桁で答えなさい。

Ⅲ 次の文章を読み、問1～問6に答えなさい。

水素は、燃料電池の燃料としても使用され、その重要性が高くなっている。この水素を工業的に生産する場合、天然ガスなどと水蒸気を反応させて得るのが一般的である。天然ガスの主成分であるメタンと水蒸気の反応を熱化学方程式で示すと、下記のようなになる。



また、この反応は可逆反応であり、その平衡定数  $K$  は

$$K = \frac{[\text{CO}][\text{H}_2]^3}{[\text{CH}_4][\text{H}_2\text{O}]}$$

と表される。なお、 $[\text{CO}]$  は  $\text{CO}$  の濃度 ( $\text{mol/l}$ ) を示しており、他も同様にそれぞれの濃度を表している。

いま、体積が  $V$  l の密閉容器に  $\text{CH}_4$  と  $\text{H}_2\text{O}$  をそれぞれ  $a \text{ mol}$  ずつ入れ、 $727^\circ\text{C}$  (あ) に保ち反応させた。  $\text{CO}$  が  $b \text{ mol}$  生成したところで平衡状態に達し、そのときの容器内の圧力は  $1000 \text{ hPa}$  であった。

なお、この反応式に示される  $\text{CH}_4$ 、 $\text{CO}$ 、 $\text{H}_2$  の燃焼熱は、それぞれ  $286 \text{ kJ/mol}$ 、 $283 \text{ kJ/mol}$ 、 $890 \text{ kJ/mol}$  であり、 $\text{CH}_4$ 、 $\text{H}_2\text{O}$ 、 $\text{CO}$ 、 $\text{H}_2$  はすべて理想気体としてふるまうものとして答えなさい。

問1  $\text{CH}_4$ 、 $\text{H}_2\text{O}$ 、 $\text{CO}$ 、 $\text{H}_2$  の中で極性分子をすべて化学式で答えなさい。

問2 熱化学方程式(1)の  $Q$  の値を解答欄(i)に答えなさい。また、この反応が吸熱反応か発熱反応であるかを解答欄(ii)に答えなさい。

問 3 下線部(あ)で示した平衡状態にあるとき、反応条件を下記に示したように変化させれば、この反応の平衡状態はどのようになるか【選択肢】の中から選び、その記号で解答欄(i)~(iv)に答えなさい。なお、同じ記号を何度選んでもかまわない。

- (i) この容器にヘリウムを  $a$  mol 加える。
- (ii) 容器の体積を大きくする。
- (iii) 反応温度を下げる。ただし、容器の体積を変化させて、容器内の圧力を 1000 hPa に保つ。
- (iv) 反応温度を下げる。ただし、容器の体積は変化しない。

【選択肢】

- (ア) 平衡状態は式(1)で示した右辺の方に移動する。
- (イ) 平衡状態は式(1)で示した左辺の方に移動する。
- (ウ) 平衡状態は変化しない。
- (エ) 与えられた条件だけでは、どうなるか分からない。

問 4 下線部(あ)で示した反応条件での平衡定数  $K$  を  $V$ ,  $a$ ,  $b$  の文字を用いて答えなさい。

問 5 下線部(あ)で示した反応条件での容器の体積  $V$  を  $a$ ,  $b$  の文字と気体定数  $R$  (単位は  $\text{Pa}\cdot\text{m}^3/(\text{mol}\cdot\text{K})$ ) を用いて答えなさい。

問 6 下線部(あ)で示した反応条件での平衡定数  $K$  が、 $7.50 \times 10^{-3} \text{ mol}^2/\text{l}^2$  であるとしたとき、下線部(あ)で示した平衡状態になったときの CO の物質量を、文字  $a$  を用いて答えなさい。ただし、簡単に開くことのできない平方根は計算せずに、そのまま示しなさい(たとえば、 $\sqrt{4} = 2$  と計算するが、 $\sqrt{4.59}$  はそのまま示す)。

IV 次の文章を読み、問1～問5に答えなさい。

ある有機化合物Aがある。この化合物の組成を調べるために、化合物Aを2.32g量り取り、この化合物を完全に燃焼したところ、5.28gの二酸化炭素と2.16gの水のみが生成し、残渣は存在しなかった。また、この化合物0.691gを三角フラスコに量り取り、0.400 mol/lの50.00 ml水酸化ナトリウム水溶液を加えて、加熱したところ、化合物Aは完全に加水分解されて、酢酸イオンと1価のアルコールBになった。この加水分解された溶液にフェノールフタレインを指示薬として加えて、1.000 mol/lの塩酸で滴定したところ、14.10 ml加えた時点で、溶液が無色となった。

さらに、加水分解してできるアルコールBの性質を調べた。このアルコールBを注意深く酸化すると、まず化合物Cが生成され、この化合物Cは銀鏡反応を示した。また、アルコールBに濃硫酸を加えて加熱すると化合物Dが生成し、この化合物Dを白金の存在下で水素と反応させると、枝分かれした飽和炭化水素Eが生成した。

問1 化合物Aの組成式を答えなさい。

問2 化合物Aの分子量を有効数字3桁で答えなさい。

問3 化合物Aの示性式を示しなさい。

問4 下線部(あ)で示した指示薬として、フェノールフタレインの代わりにメチルオレンジを用いた場合、色調が完全に変化するのは、1.000 mol/lの塩酸をいくら加えたときとであると予想されるか、下の選択肢から選び記号で答えなさい。

(ア) 14.10 ml より少なく加えたとき

(イ) 14.10 ml 加えたとき

(ウ) 14.10 ml より多く加えたとき

問5 化合物B, C, D, Eをそれぞれ解答欄(B)~(E)に構造式で答えなさい。ただし、構造式の中にメチル基がある場合は、 $\text{CH}_3-$ と表しなさい。