

理科問題紙

平成 28 年 2 月 25 日

自 14:00

至 16:00

答案作成上の注意

1. 理科の問題紙は 1 から 22 までの 22 ページである。
2. 解答用紙は、生物 ⑦, ⑧, ⑨, 化学 ⑩, ⑪, ⑫, ⑬, 物理 ⑭, ⑮, ⑯ の 10 枚である。
3. 生物, 化学, 物理のうち 2 科目を選択すること。
4. 解答はすべて解答用紙の指定された箇所に書くこと。
5. 試験開始後 30 分以内に選択する科目を決定すること。
6. 問題紙と草案紙は持ち帰ること。

化 学

1 人体に必須なミネラルである元素 A～D の説明文を読み、問 1～問 10 に答えよ。

元素 A：この元素は熱や電気の伝導性が大きく、十円硬貨にも使用されている。様々な他の金属との合金としても用いられ、五円硬貨と五十円硬貨はこの元素とそれぞれ (あ) と (い) との合金である。乾燥した空気中では錆びにくいですが、湿った空気中にこの元素の金属を放置すると (う) 色の錆が生じる。化合物には酸化数+2のものが多いが、+1のものもある。この元素の硫酸塩の5水和物は (え) 色結晶で、水分を失うと白色になり、水を吸収すると (え) 色に戻る。炎色反応は青緑色である。

元素 B：この元素の英語名は、草木灰を壺に蓄えて肥料に用いたことに由来する。炎色反応は (お) 色であり、炭酸塩や水酸化物は白色である。この水酸化物には潮解性があり、その水溶液はいくつかの電池の電解質として利用される。イオン半径が陽イオンとしてはかなり大きい方で、⁽¹⁾ほとんどすべての塩は水によく溶ける。

元素 C：この元素の最も単純なオキソ酸は潮解性のある無色の結晶で、水によく溶け、その水溶液は中程度の強さの酸性を示す。その電離⁽²⁾による緩衝作用により、人体の細胞内 pH は約 6.86 に保たれている。一方、骨や歯の主成分であるこの元素の化合物⁽³⁾は水に溶けにくい。その化合物に硫酸を加えて肥料⁽⁴⁾が製造される。

元素 D：この元素は、常温では二原子分子が規則正しく配列した黒紫色の固体⁽⁵⁾で、昇華性を持つ。この元素の塩とこの二原子分子が溶けた水溶液は、デンプンと反応して (か) 色を呈する。アセトンなどのアセチル基をもつ化合物の溶液にこの二原子分子と水酸化ナトリウム水溶液を少量加えて温めると、特異臭をもつ (き) 色の結晶が生じる。油脂中の二重結合に付加するこの二原子分子の量⁽⁶⁾は、その油脂に含まれる不飽和脂肪酸の割合を示す。

問 1 元素 A, B の正式な名称を英単語で書け。

問 2 元素 C, D の元素記号を書け。

問 3 元素 A の説明文中の(あ)の原子番号は元素 A の原子番号よりも 1 大きく、
(い)の原子番号は元素 A の原子番号よりも 1 小さい。(あ)と(い)の元素記号を書け。

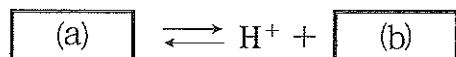
問 4 上記の文中の(う)~(き)にあてはまる語句を以下の(ア)~(ク)の中から選び、記号で答えよ。同じ色を複数回選択してはならない。

(ア) 赤紫 (イ) 黄 (ウ) 茶 (エ) 黒
(オ) 青 (カ) 緑 (キ) 青紫 (ク) 赤

問 5 元素 B の説明文中の下線(1)の記述に関連して、元素 B よりも大きいイオン半径をもつ元素の元素記号を以下の(ア)~(キ)の中から 2 つ選び、記号で答えよ。

(ア) Sr (イ) Cs (ウ) Li (エ) Na (オ) Mg (カ) Ca (キ) Rb

問 6 元素 C の説明文中の下線(2)は、この元素の二水素塩と水素塩による緩衝系での電離反応である。以下の反応式内の と の空欄にそれぞれ 1 つのイオン式をいれて、その電離反応を完成させよ。



問 7 元素 C の説明文中で、下線(3)の化合物の鉱物名を書け。

問 8 元素 C の説明文中で、下線(4)のように製造された肥料の名称を書け。

問 9 元素 D の説明文中の下線(5)の記述にある配列をもたらず結合力を、以下の(ア)~(オ)の中から選び記号で答えよ。

(ア) イオン結合 (イ) 共有結合 (ウ) 金属結合
(エ) 水素結合 (オ) 分子間力

問10 元素 D の説明文中の下線(6)で示した、油脂 100 g に付加する元素 D の質量を g 単位で表したときの数値を何というか答えよ。

2 以下の問1～問7に答えよ。

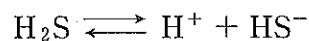
Al^{3+} , Cd^{2+} , Fe^{3+} , Mn^{2+} の4種類のイオンをそれぞれ濃度 $1.0 \times 10^{-3} \text{ mol/L}$ で含む水溶液がある。この水溶液に以下の操作1～4を順に行った。

- 操作1 この水溶液に希塩酸を加えて酸性としたのち、硫化水素の気体を通じたところ、沈殿Aが生成した。
- 操作2 沈殿Aをろ過で取り出したのち、ろ液を煮沸して硫化水素を除いてから希硝酸を加えた。冷却後、塩化アンモニウムとアンモニアの混合溶液を加えたところ、沈殿Bと沈殿Cが生成した。
- 操作3 沈殿BとCをろ過で取り出したのち、ろ液に硫化水素の気体を通じたところ、沈殿Dが生成した。
- 操作4 操作3で取り出した沈殿BとCに過剰の水酸化ナトリウム水溶液を加えたところ、沈殿Bのみが溶解した。

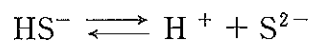
必要ならば以下の値を用いよ。

$$\text{水のイオン積 } K_w = 1.0 \times 10^{-14} (\text{mol/L})^2$$

硫化水素の電離定数

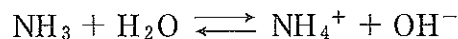


$$K_1 = \frac{[\text{H}^+][\text{HS}^-]}{[\text{H}_2\text{S}]} = 9.1 \times 10^{-8} \text{ mol/L}$$



$$K_2 = \frac{[\text{H}^+][\text{S}^{2-}]}{[\text{HS}^-]} = 1.1 \times 10^{-12} \text{ mol/L}$$

アンモニアの電離定数



$$K_b = \frac{[\text{NH}_4^+][\text{OH}^-]}{[\text{NH}_3]} = 2.3 \times 10^{-5} \text{ mol/L}$$

硫化物の溶解度積 K_{sp}

$$\text{CdS} \quad K_{sp} = 2.1 \times 10^{-20} (\text{mol/L})^2$$

$$\text{MnS} \quad K_{sp} = 5.0 \times 10^{-9} (\text{mol/L})^2$$

$$\text{FeS} \quad K_{sp} = 2.5 \times 10^{-9} (\text{mol/L})^2$$

$$\log_{10} 2 = 0.30 \quad \log_{10} 3 = 0.48 \quad \log_{10} 5 = 0.70$$

問 1 操作 1 で硫化水素を通じることで、水溶液中の硫化水素の濃度 $[H_2S]$ は、 $1.0 \times 10^{-1} \text{ mol/L}$ となった。また、水溶液の pH は 3.0 であった。水溶液中の S^{2-} の濃度 $[S^{2-}]$ を有効数字 2 桁で求めよ。

問 2 Fe^{3+} は、操作 1 で硫化水素を通じることにより Fe^{2+} に還元される。そのため、操作 2 で煮沸したのち、希硝酸を加えることで、 Fe^{2+} を Fe^{3+} に戻す。①硫化水素により Fe^{3+} が還元される反応、および②希硝酸を加えて Fe^{3+} に戻す反応、それぞれのイオン反応式を書け。

問 3 操作 1 を行ったのち、水溶液中に含まれる Cd^{2+} 、 Fe^{2+} 、 Mn^{2+} の濃度を有効数字 2 桁で求めよ。ただし、操作 1 により Fe^{3+} は完全に Fe^{2+} に還元されているものとする。

問 4 操作 2 を行うために、 1.0 mol/L のアンモニア水 1 L に 4.6 mol の塩化アンモニウムを溶解して混合溶液を調製した。溶解による体積増は無視し、この混合溶液の pH を小数第 2 位まで求めよ。

問 5 操作 3 で沈殿 D が生成するためには、pH がいくつ以上である必要があるか。小数第 2 位まで求めよ。ただし水溶液中の $[H_2S]$ は $1.0 \times 10^{-1} \text{ mol/L}$ とする。

問 6 操作 4 で沈殿 B が溶解する反応式を書け。

問 7 沈殿 A~D の色をそれぞれ次の(ア)~(ク)の中から 1 つ選び、記号で答えよ。

同じ色を複数回選択してもよい。

- | | | | |
|--------|---------|---------|--------|
| (ア) 黒色 | (イ) 赤紫色 | (ウ) 赤褐色 | (エ) 桃色 |
| (オ) 黄色 | (カ) 緑白色 | (キ) 青白色 | (ク) 白色 |

3 次のⅠ，Ⅱについて答えよ。

Ⅰ 次の文章を読み，問1～問5に答えよ。

分子量が1万以上の化合物を高分子化合物という。高分子化合物は炭素原子を骨格とする(ア)化合物と，炭素以外の原子を骨格とする(イ)化合物に大別される。高分子化合物のうち，天然に存在するものを(ウ)化合物，石油などを原料として合成したものを(エ)化合物という。高分子化合物は，小さな構成単位が繰り返し結合した構造をしており，この構成単位となる小さな分子を(オ)という。多数の(オ)が次々と結合する反応を重合という。重合にはいくつかの種類がある。

炭素原子間に二重結合や三重結合を持つ物質は，適当な方法で反応させると^(a)高分子化合物が生成するが，このような反応を(カ)という。1つの分子中^(b)に2個以上の官能基を持つ物質は，分子間で簡単な分子が次々に取れて高分子化合物が生成するが，この反応を(キ)という。

一般に，鎖状の(エ)化合物を繊維状にしたものを合成繊維という。天然繊維よりも優れた性質を持った合成繊維が作られている。例えば，ナイロン66^(c)は絹に似た触感を持ちながら耐久性に優れており，ビニロンは木綿に似た触感を持ち耐摩耗性に優れている。このように，私たちの身のまわりには，高分子化合物の物理的・化学的な性質を有効に活用した，さまざまな製品が開発されている。導電性高分子や吸水性高分子など，特殊な機能を持った機能性材料の開発もその一例である。

問1 (ア)～(キ)にあてはまる最も適当な語句を書け。

問2 ポリ酢酸ビニルは，下線部(a)に示した反応で合成されている。原料となる化合物の構造式を書け。

問 3 下線部(b)に示した反応により、アジピン酸と(ク)とから(ケ)結合を持つナイロン 66 や、テレフタル酸と(コ)とから(サ)結合を持つポリエチレンテレフタレートが合成される。

(ク)~(サ)に最も適する語句を書け。

問 4 下線部(c)のナイロン 66 は強度や耐久性に優れているが、その理由はナイロン 66 が持っているある相互作用に由来している。この相互作用について簡潔に書け。

問 5 ビニロンは、ポリビニルアルコールに化合物(シ)の水溶液を作用させ(ス)基の一部を(セ)化させて作った日本初の合成繊維である。ビニロンには多数の(ス)基が残っているので、適度な吸湿性を示す。

(シ)~(セ)に入る最も適する語句を記入し、ビニロンの一般的な構造式を書け。

II 次の文章を読み、問 1 ~ 問 5 に答えよ。

タンパク質はアミノ酸がペプチド結合により重合した高分子化合物である。
(1)
タンパク質を構成するアミノ酸の並び順(配列)を一次構造とよぶ。さらにタンパク質は二次構造、三次構造とよばれる立体構造を形成する。タンパク質の重要な機能の一つに化学反応の触媒がある。タンパク質が触媒としてはたらくとき、無機触媒にはない特徴がみられる。
(2)
(3)
(4)

問 1 下線部(1)について、側鎖として置換基 R をもつアミノ酸 2 分子が結合したときの構造式を書け。

問 2 下線部(2)について、タンパク質中に多くみられる二次構造の名前を二つ答えよ。

問 3 下線部(3)について、触媒があるときの化学反応では、反応に必要な活性化エネルギー、反応熱の値、反応速度は、触媒が無いときと比較してどのように変化するか、①～④の記号で答えよ。

- ① 大きくなる
- ② 小さくなる
- ③ 変わらない
- ④ ゼロになる

問 4 下線部(4)について、例えばタンパク質分解を触媒するトリプシンは、タンパク質のなかでも塩基性アミノ酸の部分のみを切断する。このような性質を何というか答えよ。

問 5 ここに①～④のいずれか1種類のペプチドを含む水溶液 I, II, III, IVがある。

- ① アラニンとシステインが結合したペプチド
- ② チロシンとシステインが結合したペプチド
- ③ グリシンとグルタミン酸とフェニルアラニンが結合したペプチド
- ④ グリシンとグルタミン酸とアラニンが結合したペプチド

水溶液 I～IVに対し、以下の実験 1～3 を行なった。

実験 1：濃硝酸を加えて加熱した後、アンモニア水を加えると、水溶液 I と IV が橙黄色になった。

実験 2：適当な条件下で酸化させると、水溶液 II と IV において分子量が反応前の約 2 倍となったペプチドが検出された。

実験 3：水酸化ナトリウム水溶液を加えた後、少量の硫酸銅(II)水溶液を加えると、水溶液 が赤紫色になった。

この水溶液 I, II, III, IV に含まれると考えられるペプチドを、①～④の番号で答えよ。また、 に当てはまる I～IV の水溶液をすべて答えよ。