

平成 31 年度 個別 学力 試験 問題

理 科

(医 学 科)

解答時間 120 分

配 点 各 100 点

| 科 目 | ページ |
|-----|---------------|
| 物 理 | 1 ページ～7 ページ |
| 化 学 | 8 ページ～13 ページ |
| 生 物 | 14 ページ～19 ページ |

問題冊子には上記の 3 科目の問題が載っていますが、2 科目を選択して解答しなさい。

注意事項

1. 試験開始の合図があるまで、この問題冊子及び解答冊子の中を見てはいけません。
2. 監督者の指示に従い、すべての解答冊子の所定の欄に氏名をはっきり記入しなさい。
ただし、表紙には受験番号も必ず記入しなさい。
3. 監督者の指示に従い、選択する科目の解答冊子の選択科目確認欄に○印を記入しなさい。正しく○印が記入されていない解答は無効とすることがあります。
4. 試験開始の合図のあとで問題冊子のページを上記の表に基づいて確認しなさい。
5. 解答はすべて選択した科目の解答冊子の指定された解答欄に記入しなさい。
6. 解答冊子のどのページも切り離してはいけません。
7. 下書きは問題冊子の余白部分を使用しなさい。
8. 試験時間中に問題冊子及び解答冊子の印刷不鮮明、ページの落丁及び汚損等に気がついた場合は、手を挙げて監督者に知らせなさい。
9. 解答冊子はすべて持ち帰ってはいけません。
10. 問題冊子は持ち帰ってもかまいません。

化 学

1. 化学は全部で3問題あり，合計5ページあります。
2. すべての問題に解答しなさい。
3. 解答冊子は各問題に1ページずつ，合計3ページあります。
4. 解答は解答冊子の所定の欄に記入しなさい。

1 次の文章を読んで、以下の問いに答えなさい。ただし、温度は 25℃とする。

炭酸や硫化水素のような 2 価の酸は、水に溶けて 2 段階に電離し平衡に達する。たとえば、硫化水素の場合は次のように表される。



(1)式の電離定数を K_1 、(2)式の電離定数を K_2 とすれば、 K_1 と K_2 はそれぞれ次式で表される。

$$K_1 = \boxed{\hspace{2cm} \text{(ア)} \hspace{2cm}} \quad (3)$$

$$K_2 = \boxed{\hspace{2cm} \text{(イ)} \hspace{2cm}} \quad (4)$$

ここで、(1)式と(2)式をまとめると、



と書けるので、(5)式の電離定数を K とすると、

$$K = \boxed{\hspace{2cm} \text{(ウ)} \hspace{2cm}} \quad (6)$$

が得られる。また、(3)式、(4)式、(6)式から、 K 、 K_1 、 K_2 には次のような関係が導かれる。

$$\boxed{\hspace{2cm} \text{(エ)} \hspace{2cm}} \quad (7)$$

いま、 $[\text{Ni}^{2+}]$ 、 $[\text{Cu}^{2+}]$ 、 $[\text{Zn}^{2+}]$ がいずれも $1.0 \times 10^{-3} \text{ mol/L}$ の水溶液をつくった。次に、それぞれの溶液に、 $[\text{H}_2\text{S}] = 0.10 \text{ mol/L}$ になるまで H_2S を吹き込んだ。 同様に、 0.30 mol/L の塩酸を使って $[\text{Ni}^{2+}]$ 、 $[\text{Cu}^{2+}]$ 、 $[\text{Zn}^{2+}]$ がいずれも $1.0 \times 10^{-3} \text{ mol/L}$ の水溶液をつくり、それぞれの溶液に $[\text{H}_2\text{S}] = 0.10 \text{ mol/L}$ になるまで H_2S を吹き込んだ。

問 1 文中の(ア)～(エ)にあてはまる式を書きなさい。

問 2 電離定数 K の値を求めなさい。なお、計算過程も示しなさい。ただし、 $K_1 = 9.6 \times 10^{-8} \text{ mol/L}$ 、 $K_2 = 1.3 \times 10^{-14} \text{ mol/L}$ とする。

問 3 $[\text{H}_2\text{S}] = 0.10 \text{ mol/L}$ である水溶液の pH を求めなさい。なお、計算過程も示しなさい。ただし、計算には $\sqrt{6} = 2.45$ 、 $\sqrt{13} = 3.61$ 、 $\log_{10} 3.61 = 0.56$ 、 $\log_{10} 9.80 = 0.99$ のうち必要なものを使いなさい。

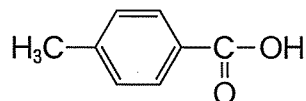
問 4 下線部(a)において、 Ni^{2+} 、 Cu^{2+} 、 Zn^{2+} が硫化物として沈殿するときの $[\text{S}^{2-}]$ をそれぞれ求めなさい。なお、計算過程も示しなさい。ただし、溶解度積 K_{sp} の値を、 $\text{NiS} : 1.1 \times 10^{-21} (\text{mol/L})^2$ 、 $\text{CuS} : 1.3 \times 10^{-36} (\text{mol/L})^2$ 、 $\text{ZnS} : 2.5 \times 10^{-24} (\text{mol/L})^2$ とする。

問 5 $[\text{H}_2\text{S}] = 0.10 \text{ mol/L}$ かつ $[\text{HCl}] = 0.30 \text{ mol/L}$ である水溶液中の $[\text{S}^{2-}]$ を求めなさい。なお、計算過程も示しなさい。ただし、 HCl は完全に電離しているものとする。

問 6 下線部(b)において、 Ni^{2+} 、 Cu^{2+} 、 Zn^{2+} のうち硫化物として沈殿するものを全て選びなさい。また、その根拠を説明しなさい。

- 2 次の文章を読んで、以下の問いに答えなさい。ただし、原子量は $H = 1.0$, $C = 12.0$, $N = 14.0$, $O = 16.0$, $Cl = 35.5$ とする。なお、構造式は例にならって書きなさい。

(例)



ニトロベンゼンを試験管に入れ、スズと濃塩酸を加えて加熱した。しばらくすると、試験管内^(a)の油滴が消えた。加熱をやめてスズを除去し、冷却した後、^(b)NaOH 水溶液を加えると再び油滴が生成した。

いま、分子式が $C_9H_{11}NO$ の化合物 A を加水分解すると、化合物 B と C が、同じ物質質量ずつ生成した。化合物 B は、上のニトロベンゼンから生じた最終生成物の有機化合物と同じ化合物で、さらし粉溶液を加えると赤紫色を呈した。また、化合物 B の希塩酸溶液を氷冷しながら、亜硝酸ナトリウム水溶液を加えると、化合物 D が得られた。化合物 D は、染料や色素の原料となる。一方、化合物 C は、アルコールである化合物 E を硫酸酸性の二クロム酸カリウム水溶液で酸化して得られる生成物と同じ化合物であった。化合物 E には他に 2 つの構造異性体 F と G が存在する。F と G に、それぞれナトリウムを加えると、F の場合だけ水素が発生した。

問 1 下線部(a)におけるスズの変化を化学反応式で示しなさい。

問 2 下線部(a)のスズの代わりに用いられる物質の名称を記しなさい。

問 3 ニトロベンゼン 50 mg を使用すると、下線部(b)の反応で生成した有機化合物が、31 mg 得られた。ニトロベンゼンの何%が反応したか答えなさい。なお、計算過程も示しなさい。

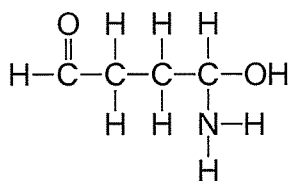
問 4 化合物 C の構造式を書きなさい。

問 5 化合物 D と G の名称を書きなさい。

問 6 化合物 E, F, G を、沸点の順番に(左が低く、右が高い)並べなさい。また、その理由を 120 字以内(句読点を含む)で答えなさい。

- 3 次の文章を読んで、以下の問いに答えなさい。構造式は例にならって書きなさい。ただし、原子量は $H = 1.0$, $C = 12.0$, $N = 14.0$, $O = 16.0$ とする。また、立体異性体を区別する必要はないものとする。

(例)



3つの鎖状のペプチド A, B, C がある。A はジペプチド, B はトリペプチド, C はポリペプチドである。アスパラギン酸とフェニルアラニンから構成された A をメタノールでエステル化したアスパルテームは、人工甘味料として利用されている。

ペプチド A と B について、以下の実験を行った。まず等しい物質量の A と B を含む混合物にメタノールを作用させて、カルボキシ基をエステル化し、さらにアミノ基をメチル化した。その後、アミド結合のみを加水分解したところ、システインとともに、グリシンのエステル、フェニルアラニンのエステル、アミノ基がメチル化されたグルタミン酸のエステル、アミノ基がメチル化されたアスパラギン酸のエステルが等しい物質量ずつ得られた。このうち、グルタミン酸とアスパラギン酸は共に、それぞれがもつ2つのカルボキシ基のうち一方のカルボキシ基のみがエステル化されていた。すなわち、アスパラギン酸は、側鎖のカルボキシ基がエステル化されていたが、グルタミン酸は、側鎖のカルボキシ基はエステル化されていなかった。

次に、A を構成するアミノ酸からできた鎖状のジペプチドについて、分子中のカルボキシ基とアミノ基から水分子がとれた、同一分子中にアミド結合を2つもつ環式化合物を合成した。

一方、ペプチド C はフェニルアラニンとグリシンから構成されている。20.1 g のペプチド C を完全に加水分解したところ、13.2 g のフェニルアラニンと、10.5 g のグリシンが得られた。

注：各アミノ酸の一般式 $R-CH(NH_2)COOH$ における R は、グリシンは H, システインは $HS-CH_2$, アスパラギン酸は $HOOC-CH_2$, グルタミン酸は $HOOC-(CH_2)_2$, フェニルアラニンは $C_6H_5-CH_2$ である。

問 1 ペプチド A, B, C のうち、キサントプロテイン反応で呈色するものを全て選び、記号で答えなさい。

問 2 ペプチド A と B の構造式をそれぞれ書きなさい。

問 3 下線部(a)において、構造異性体の関係にあるジペプチドは全部で何種類あるか答えなさい。ただし、ジペプチドには A も含め、更に、同一のアミノ酸からなるジペプチドも含めるものとする。

問 4 下線部(b)において、問 3 のジペプチドから生成するものは全部で何種類あるか答えなさい。

問 5 ペプチド B を構成するアミノ酸からできた、構造異性体の関係にある鎖状のトリペプチドは、B を含めて全部で何種類あるか答えなさい。ただし、各トリペプチドは同一のアミノ酸を複数含まないものとする。

問 6 ペプチド C の 1 分子を構成している、フェニルアラニンの個数を x 、グリシンの個数を y とする。

(1) x と y を用いて、ペプチド C の分子量を表しなさい。なお、解答に至る過程も示しなさい。

(2) x と y の値をそれぞれ求めなさい。なお、計算過程も示しなさい。

