

平成31年度 個別学力試験問題

理 科 (120分)

人間学群 (教育学類, 心理学類, 障害科学類) ※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)

(看護学類) ※1科目選択で60分

目 次

物	理	1
化	学	9
生	物	18
地	学	30

注 意

1. 問題冊子は1ページから40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	
教 育 学 類	○	○	○	○	○印の中から1科目を選択解答
心 理 学 類	○	○	○	○	○印の中から1科目を選択解答
障 害 科 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
看 護 学 類	○	○	○		○印の中から1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。

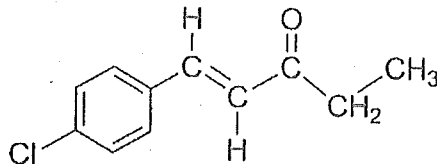
原子量：H = 1.00, C = 12.0, N = 14.0, O = 16.0, Na = 23.0,
Al = 27.0, S = 32.0, Cl = 35.4, Cu = 63.6, Zn = 65.4,
Ag = 107.9, I = 126.9

アボガドロ定数： $N_A = 6.02 \times 10^{23}/\text{mol}$

気体定数： $R = 8.31 \times 10^3 \text{ Pa}\cdot\text{L}/(\text{mol}\cdot\text{K})$

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

有機化合物の構造式は、次の記入例にならって示せ。なお、構造式の記入に際し、不斉炭素原子の存在により生じる異性体は区別しないものとする。



I 次の文章を読み、問1～問6に答えよ。

化石資源の燃焼による大気中の二酸化炭素濃度の増大は地球温暖化の要因と考えられている。そのため、二酸化炭素の排出量が少ないエネルギー供給方法の開発が盛んに行われている。水素と酸素の反応を利用した電池を燃料電池と呼び、二酸化炭素を発生しないクリーンエネルギーとして注目されている。また、メタンは、一般的な化石資源と比べて燃焼による大気汚染物質の排出量が少ないため、新たなエネルギー資源として注目されている。水分子の作る網目状構造にメタンが取り込まれた氷状物質(メタンハイドレート)は、日本近海の海底に分布している。メタンハイドレートは、常温常圧では気体のメタンを放出する。気体のメタンと塩素を混合して紫外線を当てると段階的な置換反応が起こり、水素原子が塩素原子に置き換わる。

問1 下線部(a)に関して、次の問に答えよ。

- (i) 二酸化炭素分子の電子式を示せ。
- (ii) 二酸化炭素に含まれる炭素には、同位体として ^{14}C が存在する。 ^{14}C は放射性同位体であり、その半減期は5730年である。原子核の崩壊によって、 ^{14}C がもとの量の12.5%になるのに要する年数を有効数字3桁で求めよ。
- (iii) 二酸化炭素は、ある条件で超臨界状態になり、液体と気体の区別がつかない状態になる。一般に物質が超臨界状態になる温度と圧力の条件を、25字以内で説明せよ。

問2 下線部(b)に関して、気体の水素1 molを完全燃焼して液体の水が生成する反応を、熱化学方程式で表せ。なお、計算には、表1の値を用いよ。

表1

水の蒸発熱	44 kJ/mol
H—Hの結合エネルギー	436 kJ/mol
O=Oの結合エネルギー	498 kJ/mol
O—Hの結合エネルギー	463 kJ/mol

問 3 下線部(c)の水素と酸素の反応を利用した燃料電池について、正極および負極で起こる反応を、電子 e^- を含むイオン反応式で表せ。

問 4 下線部(d)に関して、次の問に答えよ。

(i) この構造は、水分子どうしの水素結合により形成される。構造の形成に水素結合が重要な役割を担うものを次の①～⑤からすべて選び、番号で答えよ。

- ① 酢酸の二量体(会合体) ② 水晶の結晶構造
- ③ タンパク質の一次構造 ④ ポリエチレンの結晶構造
- ⑤ DNA の二重らせん構造

(ii) 水分子の形は、折れ線形である。メタン、アンモニアおよびアセチレンの分子の形を次の①～⑥の中から選び、それぞれ番号で答えよ。

- ① 直線形 ② 折れ線形 ③ 正三角形
- ④ 正四面体形 ⑤ 三角錐形 ⑥ 正八面体形

問 5 下線部(e)に関して、次の問に答えよ。ただし、メタンは理想気体としてふるまい、メタンの水への溶解は無視できるものとする。また、メタンハイドレートは水とメタンのみからなる。

(i) メタンハイドレート 47.8 g を常温常圧で放置したところ、すべてのメタンは気体として放出され、41.4 g の水が得られた。このメタンハイドレートに含まれていた水の物質量はメタンの物質量の何倍か、有効数字 2 桁で求めよ。

(ii) (i)で放出されたメタンの標準状態(0℃, 1.01×10^5 Pa)における体積はメタンハイドレート 47.8 g の体積の何倍か、有効数字 2 桁で求めよ。ただし、メタンハイドレートの密度は 0.91 g/cm^3 とする。

問 6 下線部(f)に関して、次の問に答えよ。

(i) メタンは、実験室では酢酸ナトリウムを水酸化ナトリウムとともに加熱して発生させる。この反応を化学反応式で表せ。

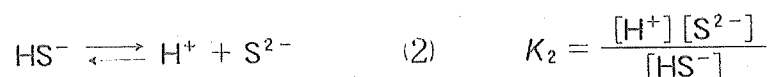
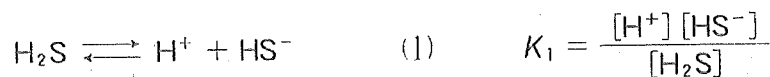
(ii) 塩素分子が紫外線を吸収して生成する物質の電子式を示せ。

(iii) 下線部(f)の光化学反応では、複数の置換体が生じる。生成するメタンの塩素置換体のうち、沸点が最も高いものを化学式で示せ。

II 次の文章を読み、問1～問5に答えよ。

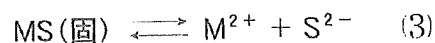
硫化水素は、無色で腐卵臭をもつ有毒な気体である。硫化水素は二酸化硫黄と反応し、^(a)硫黄を生じる。空气中に微量に含まれる硫化水素は、^(b)装飾品や食器に利用されている銀と湿った環境下で反応し、硫化銀を生じる。生じた硫化銀は、食塩水が入ったアルミニウム容器に入れて加熱することで、銀へと戻すことができる。これは、アルミニウムの方が銀よりもイオン化傾向が ため、アルミニウムが としてはたらくからである。

^(c)硫化水素は水に溶け、水溶液中で次のように2段階で電離する。



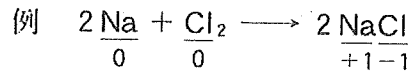
ここで、 $[\text{H}_2\text{S}]$ 、 $[\text{HS}^-]$ 、 $[\text{S}^{2-}]$ 、 $[\text{H}^+]$ はそれぞれ水溶液中の硫化水素(H_2S)、硫化水素イオン(HS^-)、硫化物イオン(S^{2-})、水素イオン(H^+)のモル濃度を表す。また、電離定数 K_1 、 K_2 をそれぞれ $1.0 \times 10^{-7} \text{ mol/L}$ 、 $1.0 \times 10^{-14} \text{ mol/L}$ とする。

硫化物イオンはさまざまな金属イオン(M^{2+})と反応して難溶性の金属硫化物(MS)を生じるため、硫化水素は金属イオンの分離や検出に利用される。 MS はわざわざ水に溶け、次のように電離する。^(d)



温度が一定ならば、 MS の飽和水溶液中のイオンのモル濃度の積 $K_{\text{sp}} = [\text{M}^{2+}][\text{S}^{2-}]$ は一定値となる。ここで、 $[\text{M}^{2+}]$ は M^{2+} のモル濃度を表し、 K_{sp} を MS の溶解度積という。 $[\text{M}^{2+}][\text{S}^{2-}]$ が K_{sp} よりも大きければ MS の沈殿が析出し、小さければ沈殿は生じない。

問 1 下線部(a)の反応の反応式を、次の例にならって硫黄原子の酸化数がわかるように表せ。



問 2 下線部(b)に関して、次の問に答えよ。ただし、1.0 Lあたりに 4.42×10^{-8} g の硫化水素を含む空気を考える。この空気の圧力は 1.01×10^5 Pa とする。また、すべての気体および水は同一の温度であるとする。

(i) この空気 1.0 L に含まれる分子の全物質量 (mol) を有効数字 2 桁で求めよ。ただし、この空気の平均分子量を 30.0、密度を 1.30×10^{-3} g/cm³ とする。

(ii) この空気と水 1.0 L が接しているとき、空気中から水に溶ける硫化水素の物質量 (mol) を有効数字 2 桁で求めよ。ただし、水 1.0 L に 1.01×10^5 Pa の硫化水素は 0.10 mol 溶け、硫化水素の水への溶解はヘンリーの法則にしたがうものとする。また、すべての気体は理想気体とする。

問 3 , にあてはまる適切な語句を次の①~⑥のうちから 1 つずつ選び、番号で答えよ。

- | | | |
|-------|-------|-------|
| ① 大きい | ② 小さい | ③ 酸化剤 |
| ④ 還元剤 | ⑤ 酸 | ⑥ 塩基 |

問4 下線部(c)に関して、次の問に答えよ。

(i) 飽和していない硫化水素の水溶液に、さらに硫化水素を溶解させる。このとき、水溶液のpHはどうか、最も適切なものを次の①~③から1つ選び、番号で答えよ。ただし、硫化水素を溶解させても水溶液の体積は変化しないものとする。

- ① 大きくなる ② 小さくなる ③ 変わらない

(ii) 硫化水素の水溶液において、 $[\text{H}_2\text{S}]$ および $[\text{HS}^-]$ がそれぞれ

$3.0 \times 10^{-3} \text{ mol/L}$ 、 $0.030 \times 10^{-3} \text{ mol/L}$ であるとき、水溶液のpHおよび $[\text{S}^{2-}]$ (mol/L)を有効数字2桁で求めよ。

問5 下線部(d)に関して、次の問に答えよ。ただし、式(1)~(3)で表される平衡のみを考えるものとする。

(i) MSの飽和水溶液中の $[\text{H}^+]$ を、 $[\text{M}^{2+}]$ 、 $[\text{H}_2\text{S}]$ 、 K_1 、 K_2 、 K_{sp} を用いて表せ。

(ii) 0.10 mol/L の H_2S 、 $1.0 \times 10^{-9} \text{ mol/L}$ の Zn^{2+} および $1.0 \times 10^{-9} \text{ mol/L}$ の Cu^{2+} を含む水溶液 1.0 L を考える。どちらか一方の金属イオンの硫化物のみが沈殿するpHの範囲を、有効数字2桁で求めよ。また、そのpHの範囲で沈殿する硫化物を化学式で示せ。ただし、硫化亜鉛の溶解度積を $1.0 \times 10^{-22} (\text{mol/L})^2$ 、硫化銅の溶解度積を $1.0 \times 10^{-20} (\text{mol/L})^2$ とする。また、硫化水素の電離度が小さいため、ここではpHによらず $[\text{H}_2\text{S}]$ の値は 0.10 mol/L とみなせるものとする。

(次ページに問題Ⅲがあります。)

Ⅲ 次の文章を読み、問1～問5に答えよ。ただし、特に断りのない限り、化合物は ^1H 、 ^{12}C 、 ^{16}O からなるものとする。

化合物A、Bはいずれもエステル結合をもち、 $\text{C}_{16}\text{H}_{22}\text{O}_4$ の分子式で表される化合物である。

化合物Aを希硫酸で完全に加水分解したところ、不斉炭素原子をもたない化合物C、D、Eが生じた。化合物Cは芳香族ジカルボン酸であり、加熱すると分子式 $\text{C}_8\text{H}_4\text{O}_3$ で表される酸無水物^(a)が生じた。化合物D、Eは互いに構造異性体の関係にあるアルコールであり、化合物D、Eの沸点はそれぞれ 117°C 、 108°C であった。化合物D、Eを穏やかに酸化して生じた化合物それぞれを、アンモニア性硝酸銀水溶液に加えて加熱したところ、いずれも器壁に銀鏡が生じた。

一方、化合物Bを希硫酸で完全に加水分解したところ、不斉炭素原子をもたない化合物Fと、いずれも不斉炭素原子を1つもつ化合物G、Hが生じた。酸触媒存在下で化合物Fと無水酢酸を反応させると、アセチルサリチル酸が得られた。化合物Gを炭酸水素ナトリウム水溶液に加えると気体が発生したが、化合物Hを炭酸水素ナトリウム水溶液に加えても気体は発生しなかった。化合物Hにヨウ素と水酸化ナトリウム水溶液を加えて加熱したところ、ヨードホルムが生じた。

問1 化合物A、C、D、Eに関して、次の問に答えよ。

- (i) 下線部(a)に示した化合物Cの反応を化学反応式で表せ。ただし、有機化合物は構造式で示せ。
- (ii) 化合物Dは第何級アルコールであるか答えよ。
- (iii) 化合物Eを構造式で示せ。
- (iv) 化合物Aを構造式で示せ。

問2 化合物A 278 mgを完全にけん化するのに理論上必要な水酸化ナトリウムの質量(mg)を、有効数字2桁で答えよ。

問 3 下線部(b)の不斉炭素原子に関する次の問に答えよ。

- (i) 不斉炭素原子をもつ鎖状のアルカンのうち、最も分子量が小さい化合物の炭素数を答えよ。
- (ii) 図 1 に示す α -グルコースに含まれる不斉炭素原子の数を答えよ。

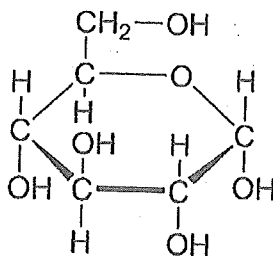


図 1

- (iii) 鎖状構造のグルコースに含まれる不斉炭素原子の数を答えよ。

問 4 化合物 B, F, G, H に関して、次の問に答えよ。

- (i) 化合物 F を構造式で示せ。
- (ii) 下線部(C)の反応で発生した気体を化学式で示せ。また、この反応の結果から、化合物 G に含まれると判断できる官能基の名称を答えよ。
- (iii) 化合物 H を構造式で示せ。
- (iv) 化合物 B を構造式で示せ。

問 5 エステルの加水分解の反応機構を調べるために、酸素の同位体である ^{18}O を含む水 (H_2^{18}O) で酢酸メチルを加水分解した。この反応の生成物であるメタノールには ^{18}O が含まれていなかった。この結果から、加水分解で切断されたと判断できる結合を図 2 の①~④から 1 つ選び、番号で答えよ。

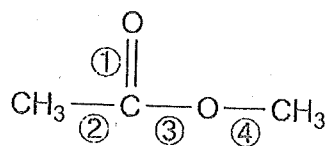


図 2

問題訂正〔理科(化学)〕

問題冊子について次のとおり訂正があります。

理科(化学)

問題冊子 11 ページ 問題I 問6 (ii)

(誤) 塩素分子が . . .



(正) メタンと反応する前に, 塩素分子が . . .