

平成22年度入学試験問題

理 科

(注 意 事 項)

1. 問題冊子は指示があるまで開かないこと。
2. 届け出た選択科目以外は解答してはならない。
3. 問題冊子のページ及び解答紙は次のとおりである。「始め」の合図があったら届け出た選択科目についてそれぞれを確認すること。

科 目	問題冊子	解 答 紙	
	ペ ー ジ	解答紙番号	枚 数
物理Ⅰ・物理Ⅱ	1 ～ 12	18 ～ 20	3
化学Ⅰ・化学Ⅱ	13 ～ 26	21 ～ 25	5
生物Ⅰ・生物Ⅱ	27 ～ 38	26 ～ 30	5
地学Ⅰ・地学Ⅱ	39 ～ 49	31 ～ 35	5

4. 各解答紙の2箇所受験番号を記入すること。
5. 解答はすべて解答紙の所定の欄に記入すること。
6. 計算その他を試みる場合は、解答紙の裏又は問題冊子の余白を利用すること。
7. この教科は、2科目250点満点(1科目125点満点)です。なお、医学部保健学科(看護学専攻)については、2科目100点満点に換算します。

化 学 I · 化 学 II

〔1〕 実験1～実験9について述べた次の文章を読み、問1～問6に答えよ。

(26点)

実験1：三角フラスコに二酸化マンガンを取り、過酸化水素水溶液を加えると、
常温で気体の物質(a)が発生した。

実験2：亜鉛を三角フラスコに取り、希硫酸を加えると、常温で気体の物質(b)が
発生した。

実験3：気体の物質(a)と(b)を反応させると、常温で液体の物質(c)が生成した。

実験4：カルシウムカーバイドを三角フラスコに取り、水を加えると、常温で気
体の物質(d)が発生した。

実験5：硝酸銀水溶液にアンモニア水を加えると物質(e)が沈殿した。さらにアン
モニア水を加えると沈殿が溶解した。

実験6：気体の物質(d)を加熱した石英管に通すと、芳香性のある常温で液体の物
質(f)が生成した。

実験7：石灰石を三角フラスコに取り、希塩酸を加えると、常温で気体の物質(g)
が発生した。

実験8：水酸化カルシウム水溶液に気体の物質(g)を吹き込むと物質(h)が沈殿し
た。^①さらに物質(g)を吹き込むと沈殿は溶解した。

^②実験9：三角フラスコに銅粉を取り、濃硫酸を加えて加熱すると、気体の物質(i)
が発生した。^③

問1. 三重結合を含む化合物を物質(a)～(i)の中から選び、その記号と化学式を記
せ。

問2. 物質(a)～(i)の中で直線分子でない化合物の化学式をすべて記せ。

問3. 下線部分①～③の反応式を記せ。

問 4. 下記のうち間違っている記述をすべて選び、番号で答えよ。

- (1) 実験 5 で生成する沈殿は褐色である。
- (2) 気体の物質(b)および(i)を捕集するには、それぞれ上方置換法、水上置換法が最適である。
- (3) 気体の物質(i)の発生後、三角フラスコ中の液は青色になった。
- (4) 実験 8 の化学反応によりカルスト台地特有の地形が形成される。
- (5) 物質(f)は置換反応よりも付加反応を起こしやすい。
- (6) 気体の物質(i)は赤褐色で酸性雨を引き起こす環境汚染物質である。

問 5. 物質(a)、(b)および気体状態の(c)をそれぞれ構成している原子から生成するときに発生するエネルギー(熱量)は、それぞれ 496, 436, 926 kJ/mol である。実験 3 において常温で 1 mol の物質(b)を物質(a)と反応させたときに発生するエネルギー(熱量)を有効数字 3 桁で求めよ。ただし、物質(c)の凝縮熱は 44 kJ/mol である。

問 6. 次の文章を読み、(ア)の中に入る式を必要な記号を用いて表し、(イ)の中に最も適当な用語を入れよ。

分子量 M のある物質が液体状態のとき、その密度を ρ [g/cm³] とする。アボガドロ数を N_A とすると、1 分子あたり分子が占める体積 V は(ア) cm³ と表される。1 つの分子が立方体の体積を占めていると仮定すると、(ア) の 3 乗根をとれば、液体中の分子どうしの距離を計算できる。この方法で、物質(a)~(c)の液体状態における分子どうしの距離を見積もると、物質(c)では、物質(a)および(b)よりかなり短い。また、物質(c)の沸点は物質(a)および(b)の沸点よりずっと高い。これは物質(c)では、分子間に(イ)による強い引力が働いているためである。

[2] 次の文章を読み、問 1 ～問 5 に答えよ。(23 点)

原子番号 26 の鉄には ^{54}Fe , ^{56}Fe , ^{57}Fe , ^{58}Fe という四種類の安定な〔ア〕
が存在する。鉄の単体の製造は、主に赤鉄鉱(酸化鉄(Ⅲ))と磁鉄鉱(四酸化三鉄)
を含む天然の鉱石を溶鉱炉内で生じる一酸化炭素によって高温で還元し、
〔イ〕を得ることから始まる。さらに酸素を吹き込み、炭素含有量を減少させ
るとともに、不純物を取り除くと〔ウ〕が得られる。

鉄に濃硝酸を作用させても〔エ〕を形成し、ほとんど反応しないが、希硫酸
を作用させると気体が発生する。また、鉄を希塩酸に溶かして塩素を通じたの
ち、過剰のアモニア水を加えると沈殿が生じる。

鉄は湿った空気の下では酸化が進み、 $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ で表されるさびを生じ
る。この物質の粒子サイズは 10^{-9} m 程度で非常に小さい。一方、単位質量当た
りの〔オ〕が非常に大きい。

問 1. 文中の〔ア〕～〔オ〕に適切な語句を記せ。

問 2. 下線部(a)において、鉄の原子量が M , ^{54}Fe と ^{58}Fe の存在割合がそれぞれ
 $a\%$, $b\%$ のとき、 ^{56}Fe の存在割合(%)を M , a , b で表せ。ただし、相対
質量を $^{54}\text{Fe} = 54$, $^{56}\text{Fe} = 56$, $^{57}\text{Fe} = 57$, $^{58}\text{Fe} = 58$ とする。

問 3. 下線部(b)において、赤鉄鉱と磁鉄鉱が一酸化炭素によって還元される反応
式をそれぞれ記せ。

問 4. 下線部(c)の反応式を記せ。また、鉄がすべて溶けて気体の発生が止まった
のち、しばらくの間大気にさらした。すると溶液の色が淡緑色から黄褐色に
変わった。溶液の色が変化した理由を述べよ。

問 5. 下線部(d)において、鉄を希塩酸に溶解させると FeCl_2 の水溶液になる。これに塩素を通じたときの反応式を記せ。また、アンモニア水を加えたときに生じる沈殿の化学式を記せ。

〔3〕 次の文章を読み、問1～問3に答えよ。(25点)

$\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ が $5.0 \times 10^{-2} \text{ mol/L}$ 、 CuSO_4 が $1.0 \times 10^{-1} \text{ mol/L}$ 、 H_2SO_4 が $5.0 \times 10^{-2} \text{ mol/L}$ となるように混合して調製した水溶液Aを用いて以下の実験1～3を行った。

実験1：25℃、500 mLの水溶液Aに $5.0 \times 10^{-3} \text{ mol}$ のZnO粉末を添加して溶液を攪拌したところ反応〔ア〕が進行し、反応終了後の溶液中の H_2SO_4 濃度は〔イ〕mol/Lになった。

実験2：25℃、500 mLの水溶液Aに $1.0 \times 10^{-1} \text{ mol}$ のZn粉末を添加して溶液を攪拌したところ最初は主に反応〔ウ〕が進み、続いて反応〔エ〕が優勢となった。さらに、溶液中のpHが〔オ〕を超えたところで、反応〔カ〕が起こり始め、Alを含む白色の沈殿が生じた。

実験3：25℃、500 mLの水溶液Aにおいて陽極および陰極に白金を用いて、1.00 Aの電流を96500秒間流して電気分解(電解)を行った。この電解により溶液中の Cu^{2+} は完全に消費された。電解が終了するまでに陰極では標準状態で〔キ〕Lの気体〔ク〕が発生し、電解終了後の溶液中の H_2SO_4 濃度は〔ケ〕mol/Lとなった。電解終了後、さらに $1.0 \times 10^{-2} \text{ mol}$ のZn粉末と $1.0 \times 10^{-2} \text{ mol}$ のCu粉末を添加し、溶液を攪拌したところ、標準状態で〔コ〕Lの気体〔ク〕が発生した。

問1. 〔ア〕、〔ウ〕、〔エ〕、〔カ〕のイオン反応式を記せ。

問2. 〔ク〕の分子式を記せ。

問3. 〔イ〕、〔オ〕、〔キ〕、〔ケ〕、〔コ〕に適切な数字を有効数字2桁で答えよ。ただし、本実験において、水溶液の体積は変化しないとする。また、25℃における水のイオン積 $[\text{H}^+][\text{OH}^-]$ は、 $1.0 \times 10^{-14} [\text{mol}^2/\text{L}^2]$ であり、 $\text{Al}(\text{OH})_3$ の溶解度積 $[\text{Al}^{3+}][\text{OH}^-]^3$ は、 $1.0 \times 10^{-32} [\text{mol}^4/\text{L}^4]$ とする。ファラデー定数は $9.65 \times 10^4 \text{ C/mol}$ である。

〔4〕 次の文章(1)~(3)を読み、問1~問5に答えよ。(23点)

(1) 一般に触媒が存在すると化学反応は速くなる。この理由は、触媒が作用すると反応の仕組みが変わって〔ア〕のより小さい経路で反応が進むためである。触媒を用いた場合、反応熱は〔イ〕。触媒はその作用の仕方でも〔ウ〕と〔エ〕に大別できる。例えば、過酸化水素の水溶液中における分解反応の触媒としてFeCl₃水溶液やMnO₂粉末を利用できるが、FeCl₃は〔ウ〕、MnO₂は〔エ〕として働いている。

細胞内の化学反応の多くは触媒として酵素(Eと表記する)が関わっている。酵素が触媒として作用する物質を〔オ〕(Sと表記する)という。Sは酵素と結合して「酵素-〔オ〕複合体」(E・Sと表記する)をつくる。

問1. 〔ア〕~〔オ〕に最も適切な語句を記せ。

(2) Sの加水分解により生成物Pを生じる反応を、酵素Eが触媒として進める場合を考えてみよう。

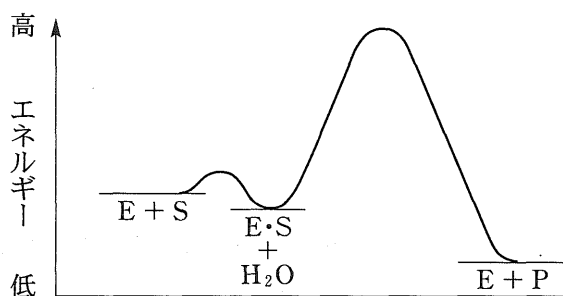


図1 酵素EによるSの加水分解反応に伴うエネルギー変化

図1のように、酵素Eの作用する反応ではE・Sがつくられるため、反応は式①、式②で表される2つの段階にわけることができる。



$E \cdot S$ に対して水が作用し P が生じるので、 P の生成する速度 v は速度定数を k として式③で与えられる。

$$v = k [H_2O] [E \cdot S] \quad \dots\dots③$$

最初に加えた酵素 E の濃度(初期濃度)を c [mmol/L] とすると、反応の進行中、酵素 E の濃度 $[E]$ [mmol/L]、 $E \cdot S$ の濃度 $[E \cdot S]$ [mmol/L] の間には、式④の関係が常に成立する。ただし、 $\text{mmol/L} = 10^{-3} \text{ mol/L}$ とする。

$$[E] + [E \cdot S] = c \quad \dots\dots④$$

多くの酵素反応では、式①の正反応およびその逆反応はいずれも式②の反応と比べはるかに速い。したがって、式②の反応が進行中でも式①の平衡関係が成立しているとみなすことができる。

問 2. 式①の平衡定数を K [(mmol/L)⁻¹] とする。 K を $[E \cdot S]$ 、 c 、 S の濃度 $[S]$ [mmol/L] を用いて表せ。

問 3. $[E \cdot S]$ を K 、 c 、 $[S]$ を用いて表せ。

(3) 酵素による反応を水溶液中で行う場合、大過剰に存在する水の濃度 $[H_2O]$ [mmol/L] は定数とみなしてよい。文章(2)で説明した酵素反応において、式③の速度定数 k [(mmol/L)⁻¹(秒)⁻¹] と $[H_2O]$ の積は 5.0 (秒)⁻¹ であり、式①の平衡定数 K は 0.10 [(mmol/L)⁻¹] であった。

問 4. 反応溶液内の S の濃度を高めると式①の平衡が移動するため、式②の反応速度 v は増大する。しかし S の濃度をいくら高めても、最大速度 v_{\max} とよばれる値を超えることはない。酵素 E の初期濃度 c が 0.30 mmol/L である水溶液中で、酵素 E による S の加水分解反応を行なう場合の v_{\max} を有効数字 2 桁で答えよ。

問 5. 酵素の触媒能力の目安として、 v が v_{\max} の半分となる S の濃度が用いられる。酵素 E の初期濃度 c が 0.10 mmol/L である水溶液では、酵素 E による S の加水分解反応の v_{\max} は $0.50 [(\text{mmol/L}) (\text{秒})^{-1}]$ である。 v が v_{\max} の半分となる S の濃度を有効数字 2 桁で答えよ。

〔5〕 次の文章を読み、問1～問6に答えよ。(28点)

炭素と水素からなり常温・常圧で気体である化合物Aは、臭素水に通じると臭素水の赤褐色を脱色した。化合物Aを水と反応させると、常温・常圧において液体で、沸点が異なる異性体の化合物Bおよび化合物Cを生じた。化合物B 11.1 mgを完全燃焼させたところ、二酸化炭素が26.4 mg、水が13.5 mg生じた。化合物BおよびCにニクロム酸カリウムの硫酸酸性水溶液を加えて加熱すると、化合物Bからは化合物Dが、化合物Cからは化合物Eが得られた。化合物Dにヨウ素と水酸化ナトリウム水溶液を加えて温めた結果、黄色沈殿が生じた。^(a) また、化合物Dにアンモニア性硝酸銀水溶液を加えて温めたが、とくに変化は見られなかった。^(b) 一方、化合物Eについて同様の操作を行ったところ、下線(a)の操作では変化が見られず、下線(b)の操作では試験管壁面への金属析出が確認された。また、化合物DおよびEをそれぞれ過マンガン酸カリウムの硫酸酸性水溶液で処理すると、片方の化合物〔ア〕でのみ水溶液に色の変化が生じた。色の変化が生じた水溶液中には化合物〔ア〕から化合物Fが生成していた。

問 1. 化合物Bの分子式を記せ。

問 2. 化合物BとCの構造式を記せ。また、化合物BおよびCの構造異性体の構造式を全て記せ(ただし、化合物BおよびCは含めない)。なお、構造式中に不斉炭素原子が存在する場合は当該炭素原子に*を付すこと。

問 3. 化合物Aの構造式を記せ。また、化合物Aの構造異性体の構造式を全て記せ(ただし、化合物Aは含めない)。

問 4. 下線(a)の操作で沈殿を生じる反応、および下線(b)の操作で金属が析出する反応の名称を答え、化合物DおよびEの構造式を記せ。

問 5. 文章中の下記の化学反応のうち、もっとも起こりにくいと考えられる反応を一つ選び、番号で答えよ。

(1) 化合物A → 化合物B

(2) 化合物A → 化合物C

(3) 化合物B → 化合物D

(4) 化合物C → 化合物E

問 6. [(ア)]に当てはまる化合物を記号で答え、化合物Fの構造式を記せ。

