

平成 29 年度 入学 試験 問題

理 科

	ページ
物 理.....	1～11
化 学.....	12～25
生 物.....	26～49
地 学.....	50～57

注 意 事 項

試験開始後、選択した科目の問題冊子及び解答用紙のページを確かめ、落丁、乱丁あるいは印刷が不鮮明なものがあれば新しいものと交換するので挙手すること。

1. 試験開始の合図があるまで問題冊子を開かないこと。
2. 解答は、必ず答案用紙の指定されたところに記入すること。
3. 解答する数字、文字、記号等は明瞭に書くこと。
4. 解答用紙は持ち出さないこと。

化 学

必要があれば、次の値を用いよ。原子量：H = 1.00, C = 12.0, N = 14.0, O = 16.0, Na = 23.0, Cl = 35.5。気体定数 $R = 8.31 \times 10^3 \text{ Pa}\cdot\text{L}/(\text{K}\cdot\text{mol})$ 。気体はすべて理想気体として取り扱うものとする。

1 次の文章を読み、問1～問7に答えよ。

金属原子の価電子は、結晶中を自由に動き回ることができる。このような電子のことを とよび、金属原子は により とよばれる化学結合を形成する。金属元素は陽イオンになりやすい傾向があり、金属元素の陽イオンは、陰イオンと結びついてイオン結合を形成する。

水素イオンが水分子と結合するとオキソニウムイオンが生じる。この結合の生成は、水分子の酸素原子がもつ が水素イオンに与えられることにより起こり、この結合を特に配位結合という。また、 を持つ分子や陰イオンが金属イオンに配位結合して生じたイオンを錯イオンとよび、配位結合している分子や陰イオンを という。

問1 ～ に入る適切な語句を記せ。

問2 174 mg の酸化マンガン(IV)に濃塩酸を加えて加熱し、酸化マンガン(IV)をすべて反応させたところ、水分子を含まない結晶 252 mg を得た。この反応を化学反応式で記せ。また、マンガンの原子量を整数値で求めよ。解答欄には計算の過程を含めて記入せよ。

問 3 次の(a)~(f)から誤りを含むものを2つ選び、記号で記せ。

- (a) 塩化スズ(Ⅱ)二水和物は、水によく溶け、還元作用がある。
- (b) 銀の単体は、金に次いで大きい電気伝導性をもち、硝酸に溶解する。
- (c) クロムの単体は、不動態をつくりやすいため、鉄のめっきに用いられる。
- (d) 酸化亜鉛は、NaOH水溶液に溶解し、鉛イオンを生じる。
- (e) 鉛の単体は、常温で希硫酸によく溶解し、水素が発生する。
- (f) 水銀は、多くの金属を溶かし、アマルガムとよばれる合金をつくる。

問 4 銅に濃硝酸を加えると、銅が溶解して気体 A が発生した。この気体 A は、水と反応して硝酸と気体 B を生じた。気体 A, B の化学式を記せ。

問 5 水溶液 C, D, E, F は、 K^+ , Zn^{2+} , Ag^+ , Pb^{2+} のうち、互いに異なる1つを含む。水溶液 C, D, E, F に少量の NaOH 水溶液を加えると C と E には白色沈殿が生じ、D には暗褐色沈殿が生じた。さらに、過剰量の NaOH 水溶液を加えると D に生じた暗褐色沈殿には変化がなく、C と E に生じた白色沈殿は溶解した。また、水溶液 C, D, E, F に希塩酸を加えた場合には、C と D には白色沈殿が生じた。

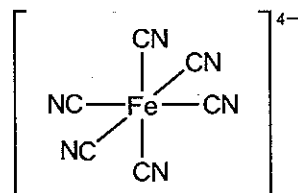
- (1) 少量の NaOH 水溶液を加えたときに水溶液 C に生じた白色沈殿を化学式で記せ。
- (2) 過剰量の NaOH 水溶液を加えたときに水溶液 E に生じた鉛イオンの名称を記せ。
- (3) 水溶液 D に生じた暗褐色沈殿にアンモニア水を加えていくと、沈殿が溶けて無色の水溶液になった。このときに起こった反応を化学反応式で記せ。

(問題は、次ページに続く。)

問 6 鉄に希塩酸を加えて反応させたところ、淡緑色の水溶液を得た。この水溶液に酸素を十分に通じたところ、水溶液の色が黄褐色に変化した。^①この後、生じた黄褐色の水溶液に $K_4[Fe(CN)_6]$ 水溶液を十分に加えたところ、濃青色沈殿が生じた。

(1) 下線部①の化学変化を、電子を含まないイオン反応式で記せ。

(2) $[Fe(CN)_6]^{4-}$ の形は正八面体であり、右図のように表わすことができる。 $[CoCl_2(NH_3)_4]^+$ も同様の形をとるが、2種類の異性体を考えることができる。右図にならって解答欄の図に Cl と NH_3 を記入し、この2種類の異性体の構造を示せ。



図

問 7 アルミニウムの粉末と酸化鉄(Ⅲ)の粉末を混合して点火すると、酸化アルミニウムと鉄の単体が得られる。この酸化還元反応の反応名を記せ。また、酸化アルミニウムが $NaOH$ 水溶液と反応して生じる錯塩の化学式を記せ。

2

次の文章を読み、問1～問5に答えよ。必要があれば、次の値を用いよ。

$$\log_{10} 2.0 = 0.30.$$

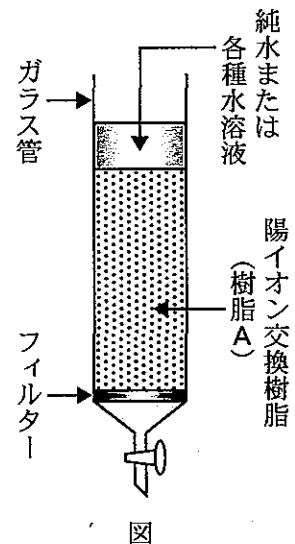
水溶液中のイオンを別の種類のイオンと交換するために利用される合成樹脂をイオン交換樹脂という。一般にスチレンと *p*-ジビニルベンゼンの共重合体が、^①この高分子母体を硫酸と反応させた場合には、スルホ基が導入された陽イオン交換樹脂（樹脂A）を合成することができる。樹脂Aを用いて以下のように実験1と実験2を行った。

（実験1）

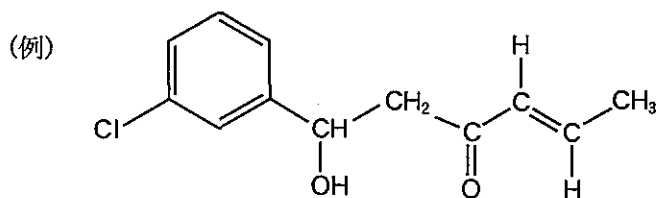
樹脂Aを2 mol/L 塩酸で洗浄した後、純水で完全に水洗いし、乾燥した。この1.00 gの樹脂Aには、スルホ基が2.00 mmol 含まれている。25.0 gの乾燥した樹脂Aをビーカーに入れ、0.100 mol/Lの塩化ナトリウム NaCl 水溶液400 mLを注ぎ、よくかき混ぜた。^②次に、その混合液をろ過し、さらに、樹脂を少量の純水で洗浄し、ろ液と洗浄液をともに蒸発皿に入れ、排気ができる設備内で加熱した。ろ液の水を完全に蒸発させると、0.936 gの物質が固体となって得られた。一方、樹脂Aを別のビーカーにすべて移し、純水を加えて沈降させた。

（実験2）

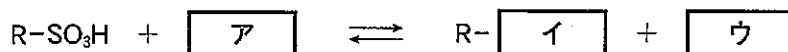
実験1で使用した樹脂Aすべてを、右図のように、活栓がついたガラス管につめた。ガラス管の上部から、2 mol/Lの塩酸をゆっくり通して樹脂Aの再生を行った後、^③純水で完全に水洗いした。その後、上部から、濃度のわからない塩化カルシウム CaCl₂ 水溶液5.00 mLを通して完全にイオン交換し、^④さらに純水を通して樹脂を水洗いした。流出した液はすべて集め、100 mL メスフラスコに移し、^⑤標線まで純水を加えた。このメスフラスコの溶液50.0 mLをビーカーに取り、0.100 mol/Lの水酸化ナトリウム NaOH 水溶液で滴定したところ、中和点までの NaOH 水溶液の滴下量は10.0 mLであった。



問 1 下線部①の化合物の構造式を、例にならって記せ。



問 2 下線部②における反応は、次の反応式で表わすことができる。 ~ に適切な化学式を入れ、反応式を完成せよ。Rは、スルホ基を除いた樹脂部分を示す。



問 3 問 2 の反応が平衡状態にあるとき、 と のモル濃度 (mol/L) を求めよ。解答欄には計算の過程を含めて記入し、有効数字 3 桁で示せ。

問 4 下線部③で、塩酸を通す操作により樹脂 A が再生されたことを確認するための方法を、30 字以内で記せ。

問 5 下線部④の CaCl_2 水溶液の濃度は、どれだけか。解答欄には計算の過程を含めて記入し、有効数字 3 桁で示せ。

また、下線部⑤の標線まで純水を加えた後のメスフラスコ中の溶液の pH を小数点以下第 1 位まで求めよ。

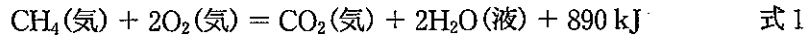
3

次の文章Ⅰおよび文章Ⅱを読み、問1～問8に答えよ。

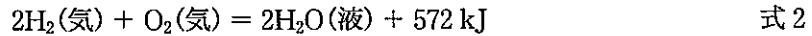
(文章Ⅰ)

石油や天然ガスの成分である飽和炭化水素を完全燃焼させると、二酸化炭素と水が生成する。

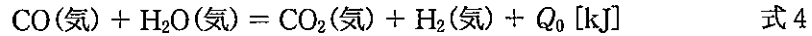
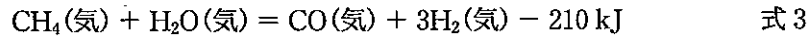
たとえば、メタンは式1のように反応する。



一方、水素の燃焼では二酸化炭素は生じない。

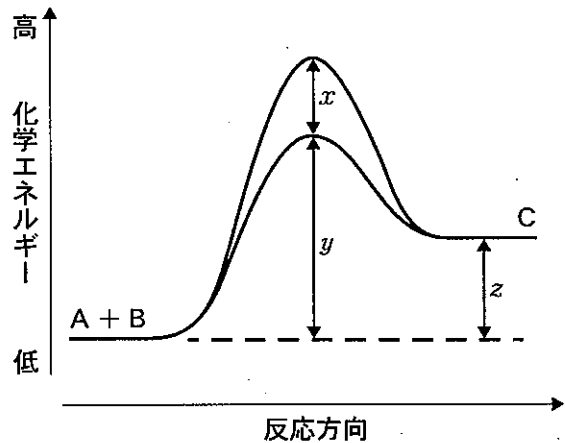


水素は、一般的にはメタンと水蒸気から、以下の反応により製造される。この過程では二酸化炭素が生じる。この水素製造方法を水蒸気改質という。



(文章Ⅱ)

水蒸気改質は、工業的には触媒を用いて行われる。右図は、一般的な $A + B \rightleftharpoons C$ の反応経路とエネルギーの変化を、触媒がある場合とない場合について模式的に表わした図である。ここに示す $A + B \rightleftharpoons C$ の反応に用いられる触媒は、反応の前後でそれ自身は変化せず、反応速度を大きくするような物質である。



図

問 1 水蒸気の生成熱 (kJ/mol) を式 2 から求めよ。ただし、水の蒸発熱を 40 kJ/mol とする。

問 2 式 3 と式 4 の反応から、1.0 mol のメタンが水蒸気と反応してすべて二酸化炭素と水素になる反応を、 Q_0 [kJ] を含む 1 つの熱化学方程式として表わせ。

問 3 式 4 の Q_0 [kJ] を求めよ。

問 4 n 個の炭素からなる直鎖状飽和炭化水素を完全燃焼させる反応を、 n を含む熱化学方程式で書け。ただし、物質はすべて気体状態とし、燃焼熱を Q_n [kJ/mol] とする。

問 5 結合エネルギーの値から、 n 個の炭素からなる直鎖状飽和炭化水素の燃焼熱 Q_n を n を用いて表わせ。解答欄には計算の過程を含めて記入せよ。なお、結合エネルギーは下の表に示した値とする。

表 結合エネルギー [kJ/mol]

結合	O-H	C-C	C-H	C=O	O=O
結合エネルギー	463	330	416	809	498

問 6 標準状態で 10 L の空気を、0.010 mol/L の水酸化バリウム $\text{Ba}(\text{OH})_2$ 水溶液 100 mL とよく振り混ぜて、空気中の二酸化炭素を完全に吸収させたところ、水に不溶な沈殿が生じた。生じた沈殿をろ過し、得られたろ液のうち 50 mL を 0.10 mol/L の塩酸で滴定したところ、中和点までの塩酸の滴下量は 7.0 mL であった。空気中に含まれていた二酸化炭素 CO_2 の体積百分率 (%) を求めよ。解答欄には計算の過程を含めて記入し、有効数字 2 桁で示せ。なお、下線の沈殿は水に全く溶けないものとする。

(問題は、次ページに続く。)

問 7 文章Ⅱ中の $A + B \rightleftharpoons C$ で表わされる化学反応について、次の(1)~(3)のエネルギーを図中の $x \sim z$ を用いて表わせ。

- (1) 触媒を用いない場合の反応 $A + B \rightarrow C$ の活性化エネルギー
- (2) 触媒を用いた場合の反応 $A + B \rightarrow C$ の活性化エネルギー
- (3) 触媒を用いない場合の反応 $C \rightarrow A + B$ の活性化エネルギー

問 8 文章Ⅱ中の $A + B \rightarrow C$ の反応に関して、次の(a)~(f)の中から正しいものを1つ選び、記号で答えよ。

- (a) 発熱反応であり、触媒を用いると反応熱の値は大きくなる。
- (b) 吸熱反応であり、触媒を用いると反応熱の値は大きくなる。
- (c) 発熱反応であり、触媒を用いると反応熱の値は小さくなる。
- (d) 吸熱反応であり、触媒を用いると反応熱の値は小さくなる。
- (e) 発熱反応であり、触媒を用いても反応熱の値は変化しない。
- (f) 吸熱反応であり、触媒を用いても反応熱の値は変化しない。

4 次の文章を読み、問1～問6に答えよ。

タンパク質はアミノ酸が縮合重合して $-CO-NH-$ 結合でつながった天然高分子化合物で、生命活動を支える重要な働きをもつ。たとえば、ヘモグロビンは、血液中に存在し、酸素の運搬を担っている。ヘモグロビンは、2種類のポリペプチド鎖が2つずつ、合計4つ集まって高次構造を形成している。

生活必需品である合成繊維にも $-CO-NH-$ 結合をもつものがある。一般に、単量体が縮合重合して $-CO-NH-$ 結合でつながった合成繊維を **ア** 系合成繊維という。特に、脂肪族の **ア** 系合成繊維をナイロンという。ナイロン6 (6-ナイロン) は、 **イ** に少量の水を加えて加熱することにより合成される。また、芳香族の **ア** 系合成繊維を、特に **ウ** という。

デンプンは、多数のグルコース(分子式： $C_6H_{12}O_6$)が縮合重合した構造をもつ多糖類である。デンプンの中には、直鎖状構造をもち、温水に可溶な **エ** と、分枝が多い構造をもち、温水に溶けにくい **オ** とがある。 **カ** は動物デンプンともよばれ、動物では肝臓などに貯蔵されている。

酵素 **キ** をデンプンに作用させると、 **ク** を経てマルトース(麦芽糖)が生じる。マルトースにフェーリング液を作用させると、 **ケ** が赤色沈殿として生じる。

エ は、らせんを巻いた構造をもつ。その水溶液にヨウ素ヨウ化カリウム水溶液(ヨウ素溶液)を加えると、青紫色に呈色する。

濃青色

問 1 タンパク質の高次構造の性質に関する次の記述(a)~(e)のうち、正しいものを1つ選び、記号で答えよ。

- (a) 酵素反応の速度は、温度を変化させても常に一定である。
- (b) ヘモグロビンの酸素運搬能は、高次構造には依存しない。
- (c) タンパク質の高次構造には、二次構造、三次構造および四次構造がある。
- (d) ポリペプチド鎖の側鎖に含まれる官能基は、高次構造の形成に影響しない。
- (e) α -ヘリックスは水素結合をもつが、 β -シート (β 構造) は水素結合をもたない。

問 2 アミノ酸 S, A, G, G の4つが縮合して生じた鎖状ペプチドの異性体は全部でいくつ存在するか。数字で答えよ。ただし、光学異性体(鏡像異性体)は考慮しないものとする。なお、Sはセリン、Aはアラニン、Gはグリシンをそれぞれ一文字で表わしている。

問 3 文章中の

ア

 ~

ケ

 に入る適切な語句を記せ。

問 4 酵素

キ

 によって、直鎖状構造のデンプン 200 g を完全にマルトースまで加水分解すると、マルトースは何 g 得られるか。解答欄には計算の過程を含めて記入せよ。

問 5 ヨウ素 I_2 に関する次の記述(a)~(e)のうち、正しいものを1つ選び、記号で答えよ。

- (a) I_2 は昇華しない。
- (b) I_2 の酸化力は、 Cl_2 の酸化力よりも強い。
- (c) I_2 は、室温では赤褐色の液体である。
- (d) I_2 は、ヘキサンよりも水に溶けやすい。
- (e) KI 水溶液に Br_2 水を加えると I_2 が遊離する。

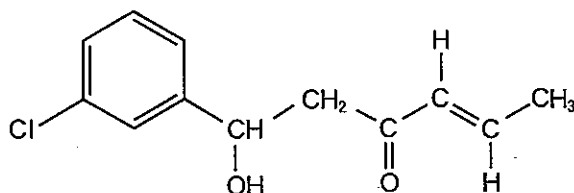
(問題は、次ページに続く。)

濃青色

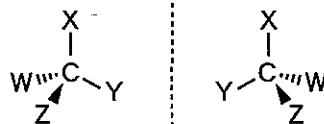
問 6 文章中の下線部で青紫色に呈色した水溶液を加熱すると色が消えるが、冷却すると再び呈色する。その理由を 75 字以内で説明せよ。

- 5 次の文章Ⅰおよび文章Ⅱを読み、問1～問9に答えよ。解答を構造式で示す場合には例にならって記せ。

(例1)



(例2) 光学異性体(鏡像異性体)の表わし方：X, C, Yは同一平面(紙面)上にあり、Zは紙面の手前に、Wは紙面の向こう側にある。点線は鏡を表わす。なお、W, X, Y, Zは炭素Cに結合した原子あるいは原子団を表わす。



(文章Ⅰ)

分子式 C_7H_8O で表わされるベンゼン環を含むすべての構造異性体を考える。
 ① これらの異性体の中で、塩化鉄(Ⅲ) $FeCl_3$ 水溶液を加えると、呈色を示す化合物が3つある。また、呈色反応を起こさない異性体には、ナトリウムと反応して水を発生する化合物 A がある。

(文章Ⅱ)

分子式 $C_{14}H_{12}$ で表わされる芳香族炭化水素で、ベンゼン環2つと炭素—炭素二重結合をもち、ナフタレンの環構造はもたないすべての構造異性体および立体異性体を考える。これらの異性体と臭素 Br_2 を室温、暗所下で反応させる。このとき、異性体1分子に対して1分子の Br_2 が付加した化合物のみが得られるものとし、付加反応で生じた生成物はさらに反応は起こさないものとする。

問 1 文章 I の下線部①の異性体の中で，呈色反応を示す 3 つの化合物の構造式を記せ。

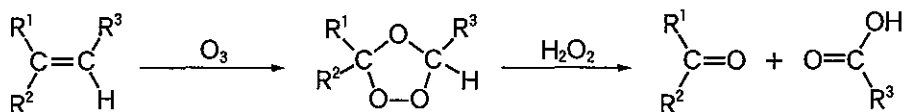
問 2 文章 I 中の化合物 A の構造式を記せ。

問 3 文章 I の下線部①の異性体の中で，沸点が最も低いと予想される化合物の構造式を記せ。また，その理由を 30 字以内で説明せよ。

問 4 文章 II の下線部②で，考えられる異性体はいくつあるか。数字で答えよ。

問 5 文章 II の下線部②の異性体の中に，互いにシス・トランス異性体(幾何異性体)の関係にある化合物 B と C がある。シス形 B の構造式を記せ。

問 6 一般に炭素—炭素二重結合をもつ化合物は，以下の式に示すように，オゾンと反応させて生じる中間体を過酸化水素存在下で酸化的に処理すると，ケトンやカルボン酸を生じる。問 5 の化合物 C の炭素—炭素二重結合をこの方法で切断したときに得られる化合物 D は何か。構造式と名称を記せ。



$\text{R}^1, \text{R}^2, \text{R}^3$ は炭化水素基を表わす。

問 7 文章 II の下線部③の反応で，不斉炭素原子を 1 つもつ化合物を与える異性体(分子式 $\text{C}_{14}\text{H}_{12}$) の構造式をすべて記せ。

(問題は，次ページに続く。)

問 8 文章Ⅱの下線部②の異性体の中で、化合物 E は、 Br_2 と反応させると不斉炭素原子をもたない化合物を生じる。化合物 E の構造式を記せ。また、化合物 E の任意の水素原子 1 つをメチル基で置換して得られる化合物には、いくつの異性体があるか。数字で答えよ。

問 9 問 8 の水素原子 1 つをメチル基で置換した化合物の中には、ベンゼン環にメチル基をもたない化合物がある。その化合物 1 分子に対して 1 分子の Br_2 が付加すると、1 対の光学異性体(鏡像異性体)が得られる。その構造式を記せ。なお、不斉炭素原子と不斉炭素原子に結合した原子あるいは原子団の表わし方については例 2 にならうこと。