

令和6年度(2024 年度) 公募制入学試験問題

化 学 (4 問・50 分)

- 注 意
1. 解答はすべて解答用紙に書くこと。
 2. 問題用紙は持ち帰ること。

- 解答上の注意
1. 数値で答える場合には、特に指定しない限り四捨五入して有効数字 3 桁で答えなさい。
 2. 必要なときは、次の数値を用いなさい。

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

原子量：H = 1.0, O = 16, C = 12, Ca = 40

標準状態における気体のモル体積：22.4 L/mol

問題1 次の問1～3に答えなさい。

問1 表は11種の元素について、原子の電子配置を示し、表中のあ～こは対応する原子を記号で示したものである。
次の(1)～(4)の記述に該当する原子を表中から選び、あ～この記号で答えなさい。

- (1) 電気陰性度が最も大きい。
- (2) イオン化エネルギーが最も大きい。
- (3) 水素原子と共有結合をして分子となり、さらに水素イオンと配位結合を作ること正四面体形の陽イオンとなる。
- (4) 単体を水に入れると反応し、生成する陽イオンの電子配置がネオンと同じになる。

表

原子	電子殻の電子の数		
	K殻	L殻	M殻
H	1		
あ	2		
い	2	1	
う	2	2	
え	2	3	
お	2	4	
か	2	5	
き	2	6	
く	2	7	
け	2	8	
こ	2	8	1

問2 (1)～(3)の分子は共有電子対が何組あるかそれぞれ答えなさい。

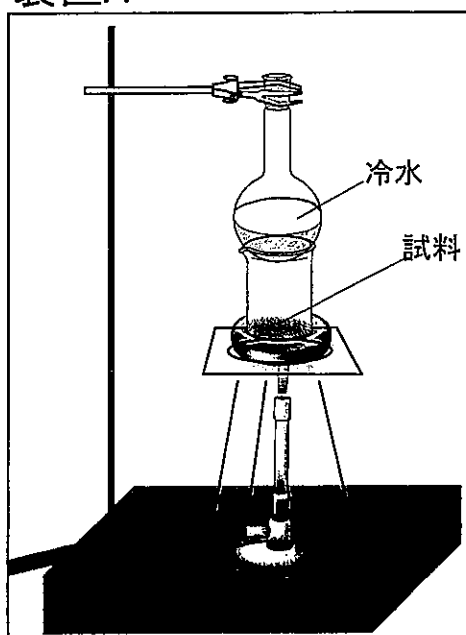
- (1) 二酸化炭素
- (2) 酢酸
- (3) プロピン (メチルアセチレン)

問3 下記ア～エの実験を実験室で行うため、それぞれに対応する4種類の実験装置を用意した。そのうちの2種類の実験装置（装置Aと装置B）を図で示してある。（1）～（3）に答えなさい。

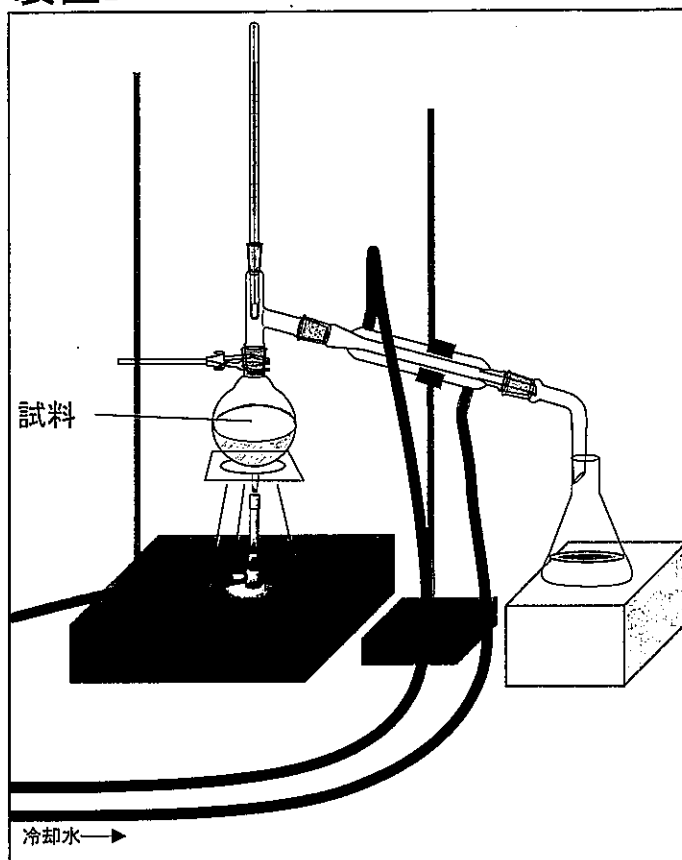
〔実験〕

- ア 塩化ナトリウムの粉末とダイヤモンド粉末の混合物からダイヤモンドの粉末を取り出す。
- イ 砂とヨウ素の混合物からヨウ素を取り出す。
- ウ 硫酸銅と硝酸カリウムの混合物から硝酸カリウムを取り出す。
- エ 海水から水を取り出す。

装置A



装置B



- （1）装置Aはどの実験に対応した装置か。ア～エの記号で答えなさい。
- （2）装置Bはどの実験に対応した装置か。ア～エの記号で答えなさい。
- （3）次のうち、装置Bにある器具はどれか。オ～ケから選び、記号で答えなさい。

- オ メスフラスコ
- カ リービッチ冷却器
- キ 洗気びん
- ク ビュレット
- ケ 吸引びん

問題2 次の問1～4に答えなさい。

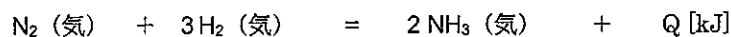
問1 水 1.80 g に含まれる水分子の数は何個か求めなさい。

問2 炭酸カルシウム CaCO_3 に十分な量の塩酸を加えて二酸化炭素 CO_2 1.12 L (標準状態に換算したもの) を発生させたい。炭酸カルシウムは何 g 必要か求めなさい。

問3 0.100 mol/L の酢酸水溶液の電離度は 1.40×10^{-2} であった。この水溶液のpHを求めなさい。ただし、 $\log_{10} 1.40 = 0.15$ とする。

問4 窒素 N_2 と水素 H_2 よりアンモニア NH_3 が生じる反応について、以下の(1)と(2)に答えなさい。

(1) 以下の熱化学方程式の Q [kJ] の値を有効数字2桁で求めなさい。ただし、H-H, N-H, $\text{N}\equiv\text{N}$ の結合エネルギーをそれぞれ 436 kJ/mol, 391 kJ/mol, 945 kJ/mol とする。



(2) 体積が変化しない密閉容器に窒素と水素をそれぞれの分圧が 2.0×10^6 Pa, 5.0×10^6 Pa となるように入れて、触媒を加えて一定温度に保つと全圧が 5.0×10^6 Pa となり、反応が平衡に達した。平衡状態でのアンモニアの分圧 [Pa] を有効数字2桁で求めなさい。ただし、触媒の体積は無視できるものとする。

問題3 次の問1～4に答えなさい。

問1 以下の元素に関する記述A～Eのうち、誤っているものを2つ選び、記号で答えなさい。

- A 周期表の1, 2族と12～18族の元素は、典型元素である。
- B ハロゲンの原子は、価電子を7個もち、一価の陽イオンになりやすい。
- C アルカリ金属元素は、一価の陽イオンになりやすい。
- D アルゴンは貴ガスに分類される元素である。
- E アルミニウムは遷移金属に属する。

問2 次の酸化物のうち、塩基性酸化物をすべて選び、記号で答えなさい。

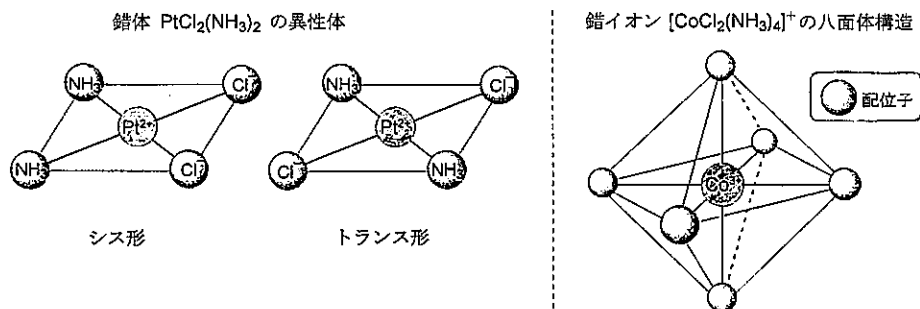
ア CO イ NO ウ Al_2O_3 エ SiO_2 オ SO_3 カ K_2O キ CaO ク ZnO

問3 次の文章を読み、(1)～(4)に答えなさい。

リンは周期表の(あ)族に属し、原子は(い)個の価電子をもつ。リンはリン酸塩として動物の骨や歯に含まれるほか、核酸の構成元素でもあり、生命活動に欠かせない元素の1つである。また、①リンは肥料の三要素に含まれる重要な元素で単体のリンには、代表的な2種の(う)が存在する。分子式が P_4 で表される(え)は、毒性が極めて強く、空気中で自然発火するので、(お)に保存する。一方、空気を遮断して(え)を加熱して得られる(か)は毒性が少なく、マッチ箱の側葉や医薬品の原料などに用いられる。リンを過剰の乾燥空気または酸素中で燃焼させると、十酸化四リンが得られる。これは吸湿性、脱水作用が強い白色結晶で、強力な(き)として用いられる。②十酸化四リンは水を加えて熱すると、徐々に反応してリン酸に変化する。リン酸カルシウムを硫酸で処理すると、リン酸二水素カルシウムと硫酸カルシウムの混合物が得られる。この混合物は(く)とよばれ、肥料に用いられる。

- (1) 文章中の(あ)と(い)に当てはまる適切な数字を書きなさい。
- (2) 文章中の(う)～(く)に当てはまる適切な語句を書きなさい。
- (3) 下線部①について、「肥料の三要素」として知られる他の2つの元素の元素記号を書きなさい。
- (4) 下線部②で生じた変化を化学反応式で書きなさい。

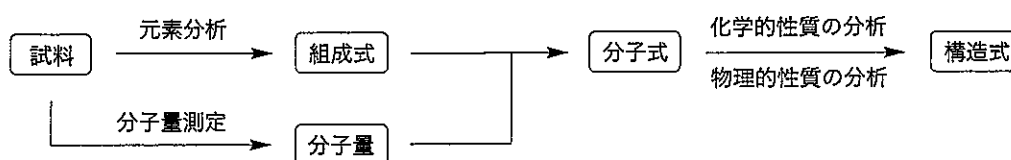
問4 錯体とは、分子や陰イオンが金属イオンに配位結合した化合物のことである。白金イオン(Pt^{2+})は、2つのアンモニア分子(NH_3)、2つの塩化物イオン(Cl^-)を配位子とする錯体 $\text{PtCl}_2(\text{NH}_3)_2$ を形成する。この錯体は平面四角形構造をもち、下図左に示すような異性体が存在する。このうちシス形はシスプラチンとよばれ、抗がん剤として利用されている。コバルトイオン(Co^{3+})は4つの NH_3 、2つの Cl^- を配位子とする錯イオン $[\text{CoCl}_2(\text{NH}_3)_4]^+$ を形成する。この錯イオンは下図右のような八面体構造をもちシス形とトランス形の異性体が存在する。解答欄のすべての○の中に配位子である NH_3 あるいは Cl^- のいずれかを記入して、シス形とトランス形の2つの異性体の構造を完成させなさい。ただし、解答欄にはあらかじめ Cl^- が1つ記入されている。



注：シス形は、金属に対し Cl^- が隣り合う。トランス形は、金属に対し Cl^- が反対側。

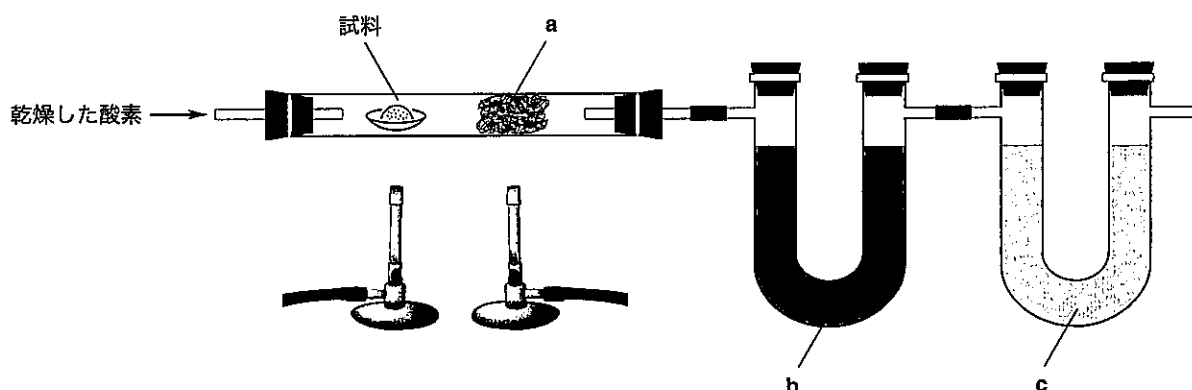
問題4 次の文章を読み、問1～4に答えなさい。

有機化合物にはさまざまな機能を有するものが存在し、医薬品や機能性材料として活用されている。しかし、炭素原子を中心とした原子が共有結合してできる有機化合物の構造は多岐にわたるため、あらたに得られた有機化合物の構造式を決定することが重要である。構造式を決定するための手順のひとつとして以下に示す方法がある。



- (1) 元素分析により、有機化合物の構成元素とその質量比を調べ、組成式を決定する。
- (2) 分子量を測定し、得られた分子量および組成式に基づいて分子式を決定する。
- (3) 化学的性質および物理的性質に基づいて構造式を決定する。

問1 下記は、元素分析の実験装置の図と、これを用いた組成式決定法の説明である。文章中の（あ）～（く）に当てはまる適切な語句を語群からそれぞれ選び、書きなさい。ただし、同じ語句を何度用いてもよい。



炭素 C、水素 H、酸素 O からなる試料の質量を正確に量り、図の実験装置を用い乾燥酸素中で燃焼させる。この際、不完全燃焼で発生した（あ）は図中に a として示した（い）によって完全に燃焼され（う）となる。したがって、試料中の成分元素である炭素 C はすべて（う）となる。また、同じく成分元素である水素 H は燃焼によって（え）となる。

燃焼によって生じた（お）は、図中に b として示した（か）に、生じた（き）は、図中に c として示した（く）に、それぞれ吸収される。また、c は（お）も吸収するため、発生した気体は先に b を通過させる。

b および c が入った各吸収管の質量の増加分から、発生した（お）および（き）の質量を計算し、これらをもとに試料中の炭素 C と水素 H の質量を計算する。つづいて、試料の質量から、これらの質量を引くことによって試料中の酸素 O の質量を計算する。

それぞれの質量から成分元素の物質量の比を求め、その比を整数比に直すことによって組成式が得られる。

【語群】

塩化カルシウム	白金	クエン酸	水	塩化水素	メタン
塩化ナトリウム	酸化銅 (II)	ソーダ石灰	過酸化水素	一酸化炭素	二酸化炭素

問 2 前述の方法を用いて元素分析を行った。炭素 C, 水素 H, 酸素 O からなる有機化合物 X の試料 41.3 mg を完全に燃焼したところ, **b** が入った吸収管の質量は 27.3 mg, **c** が入った吸収管の質量は 115 mg 増加した。この化合物 X の組成式を求めなさい。また, 計算の過程も示しなさい。

問 3 問 2 で組成式を求めた有機化合物 X の分子量を測定すると 190 であった。この化合物 X の分子式を書きなさい。

問 4 分子式が得られても, 有機化合物には様々な構造異性体が存在するため, 構造式を決定するのは分子式を決定するよりも難しい。有機化合物の化学的性質から構造に含まれる官能基を決定することは, 構造式を推定するための方法のひとつである。

問 3 で分子式を求めた有機化合物 X をナトリウムと反応させたところ, 水素が発生した。このことから推定し, 有機化合物 X が有する可能性がある官能基の名前を 2 つ書きなさい。