

令和3年度入学者選抜学力検査問題

(前期日程)

化 学

学類によって解答する問題が異なります。

指定された問題だけに解答下さい。

学 域	学 類	解 答 す る 問 題
融 合 学 域	先導学類(理系傾斜)	I, II, III, IV, V, VI (6問)
人間社会学域	学校教育学類	I, II, III, IV (4問)
理工学域	数物科学類 物質化学類 地球社会基盤学類 生命理工学類	I, II, III, IV, V, VI (6問)
医薬保健学域	医 学 類 薬 学 類 医 薬 科 学 類 保 健 学 類	I, II, III, IV (4問)
理 系 一 括 入 試		I, II, III, IV, V, VI, VII (7問)

(注 意)

- 1 問題紙は指示があるまで開いてはいけません。
- 2 問題紙は本文14ページです。答案用紙は、学校教育学類、医学類、薬学類、医薬科学類、保健学類は4枚、先導学類(理系傾斜)、数物科学類、物質化学類、地球社会基盤学類、生命理工学類は6枚、理系一括入試は7枚あります。
- 3 答えはすべて答案用紙の指定のところに記入下さい。
- 4 問題紙と下書き用紙は持ち帰ってください。

- ・解答にあたり，必要であれば以下の数値を用いなさい。

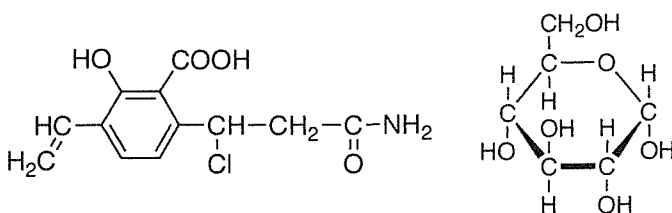
原子量：H = 1.0, C = 12, N = 14, O = 16, Na = 23, S = 32, K = 39,

Mn = 55, Fe = 56, I = 127

アボガド定数： 6.0×10^{23} [/mol], $\log_{10} 2 = 0.30$, $\log_{10} 3 = 0.48$,

$\sqrt{2} = 1.4$, $\sqrt{3} = 1.7$, 標準状態における気体のモル体積は 22.4 [L/mol] とする。

- ・字数制限のある解答で，化学式を用いる場合は，例えば Ca は 2 文字， Ca^{2+} は 4 文字とする。
- ・構造式は，下図の例にならって記入しなさい。



I [先導学類(理系傾斜)，学校教育学類，数物科学類，物質化学類，地球社会基盤学類，生命理工学類，医学類，薬学類，医薬科学類，保健学類，理系一括入試]

次の文章を読み，問 1 ～問 6 に答えなさい。

鉄は，多くの岩石に酸化物や硫化物として含まれている。単体の鉄を工業的に製造するときに必要な原料は，鉄鉱石，A，石灰石である。溶鉱炉に原料を入れ，下部より熱風を吹き込むと，鉄鉱石中の鉄の酸化物が，溶鉱炉内でAから生じる一酸化炭素によりBされ，鉄が得られる。鉄鉱石中の主な不純物として含まれているケイ砂(SiO_2)は石灰石と反応してケイ酸カルシウム(CaSiO_3)となって除かれる。こうして得られた鉄はCと呼ばれ，硬くてもろいが，融点が高いので鋳物に用いられる。Cを転炉に移して酸素を吹き込み，不純物の含有量を減らすとDになる。Dは硬くて強く，鉄骨，レールなど多方面で用いられる。

鉄は希硫酸と反応すると E を発生して溶ける。希硫酸のかわりに塩酸を ^(d)用いた場合も同様な反応が起こる。また、鉄は、湿った空気中では酸化されてさび ^(e)るため、鉄とクロム、ニッケルの合金である F として用いられることが多い。

問 1 A ~ F に入る最も適切な語句または物質名を答えなさい。

問 2 下線部(a)の鉄鉱石には主に Fe_2O_3 を主成分とする赤鉄鉱の他に磁鉄鉱がある。磁鉄鉱の主成分の化学式を示しなさい。

問 3 下線部(b)について、鉄の酸化物として Fe_2O_3 を用いた場合の化学反応式を示しなさい。

問 4 下線部(c)および(d)の化学反応式を示しなさい。

問 5 下線部(e)に関して、鉄を亜鉛でめっきしたトタンは、表面に傷がついて鉄が露出してもさびにくい。さびにくい理由を 45 字以内で述べなさい。

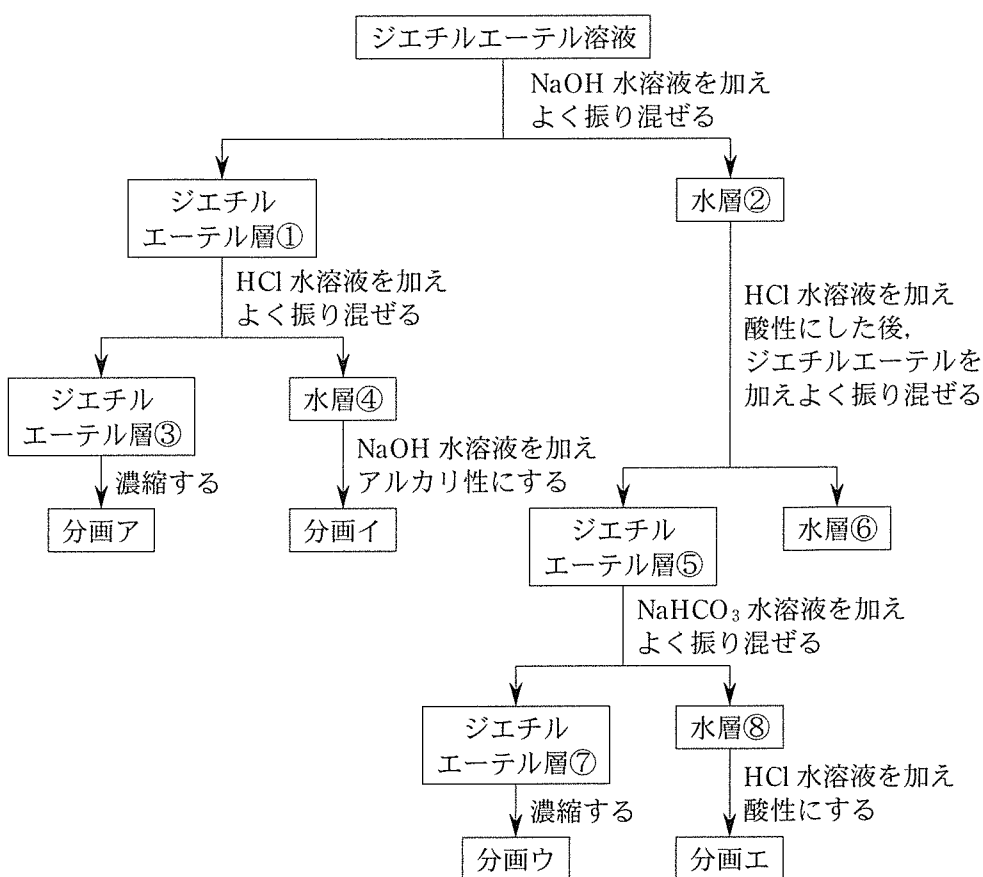
問 6 鉄が体心立方格子の結晶構造をとるとき、単位格子の一辺の長さは $2.9 \times 10^{-8} \text{ cm}$ である。それぞれの鉄原子は球形であり、他の原子と接しているとする。次の(1)~(4)に答えなさい。

- (1) この単位格子中に含まれる鉄原子の個数を答えなさい。
- (2) この結晶中の鉄原子の配位数を答えなさい。
- (3) 鉄原子の半径 [cm] を有効数字 2 桁で求め、計算過程も示しなさい。
- (4) 鉄の密度 [g/cm^3] を有効数字 2 桁で求め、計算過程も示しなさい。

II [先導学類(理系傾斜), 学校教育学類, 数物科学類, 物質化学類, 地球社会基盤学類, 生命理工学類, 医学類, 薬学類, 医薬科学類, 保健学類, 理系一括入試]

次の文章を読み, 問1~問5に答えなさい。

ジエチルエーテル溶液に含まれる4種類の芳香族化合物A~Dを下図に示す操作で分離した後, 以下の実験1~6を行った。



実験1 化合物A(分子量136)は炭素, 水素, 酸素のみからなる化合物で, 元素分析の結果, 成分元素の質量百分率は, 炭素70.6%, 水素5.9%であった。

- 実験 2 化合物 A は水溶液中で弱い酸性を示した。また、中性～アルカリ性の過マンガン酸カリウム水溶液と反応させると、化合物 E となった。化合物 E を加熱すると、分子内で脱水反応が起こって化合物 F となった。
- 実験 3 化合物 B (分子式 C_6H_7N) の希塩酸溶液を冷却しながら、亜硝酸ナトリウム水溶液を加えると、化合物 G が得られた。この化合物 G とナトリウムフェノキシド水溶液を反応させると、橙赤色の化合物 H が得られた。
- 実験 4 化合物 C (分子式 $C_8H_{10}O$) と化合物 D (分子式 C_7H_8O) は、ともにナトリウムと反応し、気体を発生した。
- 実験 5 化合物 C はヨードホルム反応が進行したが、化合物 D では反応しなかった。一方、化合物 D は $FeCl_3$ 水溶液を加えると青色に呈色したが、化合物 C は呈色しなかった。
- 実験 6 化合物 D のベンゼン環に結合した炭化水素基を酸化すると、サリチル酸となった。サリチル酸に無水酢酸を作用させると、解熱鎮痛作用のある化合物 I が生成した。

問 1 化合物 A の分子式を求め、計算過程も示しなさい。

問 2 下線部(a)で発生する気体の名称を答えなさい。

問 3 化合物 A～I の構造式をそれぞれ記しなさい。ただし、鏡像異性体を考慮する必要はない。

問 4 化合物 A～I で鏡像異性体をもつ化合物を記号で答えなさい。

問 5 化合物 A～D は図の 分画ア ～ 分画エ のどこに分離されたと考えられるか、ア～エの記号で答えなさい。

Ⅲ [先導学類(理系傾斜), 学校教育学類, 数物科学類, 物質化学類, 地球社会基盤学類, 生命理工学類, 医学類, 薬学類, 医薬科学類, 保健学類, 理系一括入試]

次の問1～問3に答えなさい。

問1 次の文章を読み, 次の(1)～(2)に答えなさい。

化学反応に伴って発生または吸収される熱量を という。
 は着目する物質1 molあたりの熱量(単位記号 kJ/mol)で表され, 反応の経路によらず, 反応の初めの状態と終わりの状態で決まる。これは総熱量保存の法則(ヘスの法則)とよばれる。

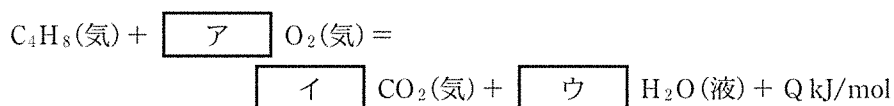
化学反応には光の放出や吸収を伴う反応がある。例えば微量の血液を検出するために用いられる 反応は, 反応の際に青い光を発する。また, ホタルなど生体内の化学反応によって起こる光の放出現象を という。光エネルギーを化学エネルギーに変換しているのが植物の であり, (a) デンプンなどの糖類を生成する。

- (1) ~ に入る適切な語句を記入しなさい。
- (2) 下線部(a)において, 葉緑体が光を吸収し, 光エネルギーによって水が酸化され, 電子 e^- が生じる。この酸化反応を電子 e^- を含むイオン反応式で表しなさい。

問 2 メタンとプロパンの混合気体があり、その体積は標準状態で 8.96 L である。この混合気体を完全燃焼させたとき、1.70 mol の酸素が消費された。ただし、メタンの燃焼熱は 890 kJ/mol、プロパンの燃焼熱は 2220 kJ/mol とする。

- (1) 混合気体中のメタンとプロパンの物質質量比を、最も簡単な整数比で求めなさい。計算過程も示しなさい。
- (2) この混合気体が完全燃焼したとき、何 kJ の熱量が発生するか整数値で答えなさい。計算過程も示しなさい。

問 3 C_4H_8 の燃焼反応は、次の熱化学方程式で表される。次の(1)~(4)に答えなさい。



- (1) 熱化学方程式の $\boxed{\text{ア}}$ ~ $\boxed{\text{ウ}}$ に入る適切な係数を答えなさい。
- (2) 燃焼熱 Q が 2703 kJ/mol のとき、 C_4H_8 の生成熱を求めなさい。ただし、二酸化炭素(気)と水(液)の生成熱は、それぞれ 394, 286 kJ/mol として、計算過程も示しなさい。
- (3) C_4H_8 の立体異性体も考慮した全ての異性体について、構造式で答えなさい。
- (4) 2-メチルプロパンの沸点は、ブタンの沸点よりも低い。その理由について、50 字以内で説明しなさい。

IV [先導学類(理系傾斜), 学校教育学類, 数物科学類, 物質化学類, 地球社会基盤学類, 生命理工学類, 医学類, 薬学類, 医薬科学類, 保健学類, 理系一括入試]

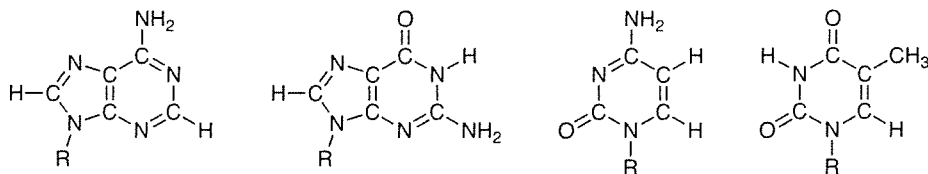
次の文章を読み, 問1~問6に答えなさい。

糖類は, 単糖類, 二糖類, 多糖類に分類され, 二糖類についてはさらに還元性の有無で分類することができる。糖類の還元性については, ガラス容器にアンモニア性硝酸銀水溶液をとり, 糖類の水溶液を加えて加温する実験^(a)や, 糖類の水溶液にフェーリング液を加えて加熱する実験^(b)によって確認できる。マルトースやラクトースは還元性を示すが, スクロースやトレハロースは還元性を示さない^(c)。

多糖類には, α -グルコースが多数脱水縮合したデンプン^(d)や, β -グルコースが多数脱水縮合した, 植物の細胞壁の主成分である が含まれる。

単糖類のうち, リボースと の2つは, 生物の遺伝にかかわる核酸の構成成分である。糖に塩基と 基が結合した, 核酸の構成単位をヌクレオチドという。リボースが構成成分である核酸を , が構成成分である核酸を DNA という。

DNA は二重らせん構造をとっている。DNA 中の塩基には下に示す4種類があり, 相補性のある塩基同士が, 水素結合によって塩基対を形成することで, 二重らせん構造が安定化している^(e)。



DNA 中の4種類の塩基
(R = DNA の糖部分)

問1 ~ にあてはまる最も適切な語句または物質名を答えなさい。

問 2 下線部(a)の実験について、糖類に還元性がある場合に起こる反応の名称を答えなさい。

問 3 下線部(b)の実験について、糖類に還元性がある場合のフェーリング液の呈色反応について、どのような反応が起こるか 45 字以内で説明しなさい。

問 4 下線部(c)について、次の(1)および(2)に答えなさい。

(1) α -グルコースと β -フルクトースが脱水縮合したスクロースは還元性を示さない。その理由を 45 字以内で説明しなさい。

(2) 解答欄にはトレハロースの構造式が途中まで描かれている。トレハロースは 2 分子の α -グルコースが脱水縮合した二糖類であり、還元性を示さない。このことを参考に、トレハロースの構造式を完成させなさい。

問 5 下線部(d)について、2.7 g のデンプンを完全に加水分解すると、何分子のグルコースが生じるか、有効数字 2 桁で答えなさい。計算過程も示しなさい。ただし、デンプンの末端構造は無視できるものとする。

問 6 下線部(e)について、次の(1)および(2)に答えなさい。

(1) グアニンと相補的な塩基対を形成する塩基の名称を答えなさい。

(2) 解答欄には、DNA 内の塩基対の一部が描かれており、糖部分(R で表す)にはグアニンが結合している。グアニンと(1)で解答した塩基が相補的な塩基対を形成する様子を、構造式を用いて示しなさい。水素結合は点線で表しなさい。

V [先導学類(理系傾斜), 数物科学類, 物質化学類, 地球社会基盤学類, 生命理工学類, 理系一括入試]

次の文章を読み, 問1～問5に答えなさい。

環境省が定める「生活環境の保全に関する環境基準」の測定項目の一つに溶存酸素量がある。これは, 試料水(測定対象の水) 1 Lあたりに, 酸素が何 mg 溶けているかで表され, 水生生物の生息や, 水道水としての利用可否などに関わる指標の一つである。

以下のようにして, ある試料水の溶存酸素量を測定した。なお, 記載されている反応以外の反応は起こらなかったとする。

- 操作1 密栓できる容器に試料水 100 mL を入れ, MnSO_4 水溶液とアルカリ性 KI 水溶液を加えて満たし, 栓をした。このとき液中では, $\text{Mn}(\text{OH})_2$ が生成した。^(a)
- 操作2 容器の内容物を十分に混和すると, 操作1で生成した $\text{Mn}(\text{OH})_2$ は, すべての溶存酸素と反応して $\text{MnO}(\text{OH})_2$ の褐色沈殿となった。^(b)
- 操作3 希硫酸を加えて液性を酸性にし, 十分に混和した。このとき, 操作2で生成したすべての $\text{MnO}(\text{OH})_2$ が, 操作1で加えた KI と反応し, ヨウ素が遊離した。^(c)
- 操作4 操作3で遊離したヨウ素全量を, $2.50 \times 10^{-2} \text{ mol/L}$ のチオ硫酸ナトリウム水溶液で滴定した。^(d)

問1 下線部(a)について, $\text{Mn}(\text{OH})_2$ が生成する反応を, イオン反応式で示しなさい。

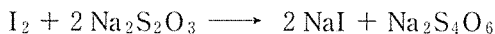
問2 下線部(b)について, $\text{Mn}(\text{OH})_2$ と酸素が反応して $\text{MnO}(\text{OH})_2$ が生成する化学反応式を示しなさい。

問 3 下線部(c)について、マンガン原子の酸化数は から になり、ヨウ素原子の酸化数は から になる。次の(1)から(3)に答えなさい。

- (1) から に入る酸化数を答えなさい。なお、 $\text{MnO}(\text{OH})_2$ は Mn^{2+} に変化する。
- (2) $\text{MnO}(\text{OH})_2$ から Mn^{2+} への変化を、電子 e^- を含むイオン反応式で示しなさい。
- (3) 下線部(c)の反応において、 $\text{MnO}(\text{OH})_2$ が 1 mol 反応したとき、ヨウ素は何 mol 生成するか答えなさい。

問 4 下線部(d)について、次の(1)および(2)に答えなさい。

- (1) 2.50×10^{-2} mol/L のチオ硫酸ナトリウム水溶液を 250 mL 調製するときに必要なチオ硫酸ナトリウム五水和物 $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ の質量 [g] を有効数字 3 桁で求めなさい。計算過程も示しなさい。
- (2) 2.50×10^{-2} mol/L のチオ硫酸ナトリウム水溶液を 4.07 mL 滴下したところで、ヨウ素とチオ硫酸ナトリウムが過不足なく反応し、終点となった。このとき、試料水の溶存酸素量 (mg/L) を有効数字 2 桁で求めなさい。計算過程も示しなさい。なお、各操作で加えられた試薬の液量は無視できるものとし、操作の途中で酸素の出入りはなかったとする。また、ヨウ素とチオ硫酸ナトリウムの反応は、以下の化学反応式で表される。



問 5 酸素は、 20.0°C 、 1.01×10^5 Pa において水 1.00 L に 1.38×10^{-3} mol 溶ける。 20.0°C 、 1.01×10^5 Pa の空気と接している水の溶存酸素量は何 mg/L になるか、有効数字 2 桁で求めなさい。計算過程も示しなさい。ただし、空気中の酸素の体積百分率は 21 % とする。

VI [先導学類(理系傾斜), 数物科学類, 物質化学類, 地球社会基盤学類, 生命理工学類, 理系一括入試]

次の文章を読み, 問1～問4に答えなさい。

ポリスチレンは代表的な合成高分子のひとつであり, 分子内に二重結合を有するスチレンの ^(a) 重合によって得られる。ポリスチレンは熱処理により様々な形の容器やがん具に加工される。スチレンに少量の ^(b) p-ジビニルベンゼン を加えて共重合を行うと, 架橋構造を有するポリスチレンが得られる。この構造に塩基性の官能基を導入すると イオン交換樹脂が得られ, 酸性の官能基を導入すると イオン交換樹脂が得られる。

一方, 天然の高分子であるタンパク質は, α -アミノ酸が 結合によって長くつながった高分子化合物である。 α -アミノ酸はアミノ基とカルボキシ基が同一の炭素原子に結合しており, 酸と塩基の両方の性質を示す。そのため水に溶解すると イオンとなって存在する。 α -アミノ酸の一つであるグリシンを水に溶かしたとき, グリシンイオンの平衡混合物の電荷が全体として0になるpHをグリシンの という。グリシン水溶液に塩酸を加え, pHを調整すると, ^(d) pHがほとんど変化しない 液が得られる。

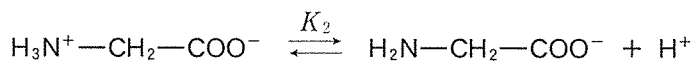
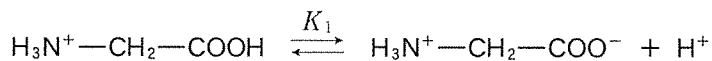
問1 ~ に入る最も適切な語句を記入しなさい。

問 2 下線部(a)～下線部(c)について、次の(1)～(4)に答えなさい。

- (1) 平均分子量 1.30×10^4 のポリスチレンの平均の重合度を、有効数字 3 桁で求め、計算過程も示しなさい。
- (2) 下線部(b)の熱特性をもつ樹脂は、一般にどのような名称で分類されるか、答えなさい。
- (3) 下線部(c)の化合物の構造式を記しなさい。
- (4) スチレンと 1,3-ブタジエンの共重合を行うと、スチレン-ブタジエンゴムが得られる。スチレン-ブタジエンゴム 50 g に、触媒の存在下で水素を完全に反応させたところ、水素は標準状態で 13.4 L 必要であった。この合成ゴム中のスチレンのモル分率を有効数字 2 桁で求め、計算過程も示しなさい。ただし、ベンゼン環は水素とは反応しないものとする。

問 3 濃度不明の塩化カルシウム水溶液(試料 A) 10 mL を十分な量の陰イオン交換樹脂に通し、その溶出液を 2.0 mol/L の塩酸で滴定したところ、中和まで 20 mL を要した。一方、試料 A 10 mL を十分な量の陽イオン交換樹脂に通し、1.0 mol/L の水酸化ナトリウム水溶液で滴定すると、中和に要する量は何 mL か、有効数字 2 桁で求め、計算過程も示しなさい。

問 4 下線部(d)に示す pH の値を有効数字 2 桁で求め、計算過程も示しなさい。なお、グリシンの電離平衡は、次の 2 つの平衡から成り立っている。



ただし、電離定数は、 $K_1 = 4.5 \times 10^{-3}$ mol/L、 $K_2 = 2.0 \times 10^{-10}$ mol/L とする。

VII [理系一括入試]

次の文章を読み、問1～問7に答えなさい。

周期表 族元素のうち、カルシウム、ストロンチウム、バリウム、ラジウムの4種類の元素は性質が似ており、 と呼ばれる。単体のカルシウムは常温で水と激しく反応して気体を発生する。^(a) 一方、同じ 族元素の は常温の水とはほとんど反応せず、熱水とは徐々に反応する。

カルシウムは地殻中では石灰岩や大理石の主成分である として存在する。 が二酸化炭素を含んだ水と反応すると、 となって溶解する。自然界で石灰岩が二酸化炭素を含んだ水によって侵食されてできたものが鍾乳洞^{しょうにゅうどう}であり、一方で を含んだ水溶液から水が蒸発し、二酸化炭素が放出されると、 が析出して鍾乳石や石筍^{せきじゆん}ができる。

また、 は塩酸と反応して二酸化炭素を発生する。さらに、 ^(b)を強熱することで、生石灰と呼ばれる ^(c)が生成する。生石灰に水を作用させると、発熱しながら反応し、 になる。 は消石灰とも呼ばれる白色の粉末で、しっくい壁や、酸性土壌などの中和剤として用いられる。 ^(d)の飽和水溶液は石灰水と呼ばれ、二酸化炭素を通じると白色の沈殿を生じる。さらに二酸化炭素を過剰に通じると、沈殿は溶解する。^(e) 塩化カルシウムの無水塩^(f)は吸湿性が高く、空気中に放置すると水分を吸収して溶ける。^(g)

問1 および に入る最も適切な数字または語句を答えなさい。

問2 ~ に入る適切な化学式を記しなさい。

問3 下線部(a)~(c)の化学反応式を示しなさい。

問 4 下線部(d)および(e)においてそれぞれどのような反応が起こっているか、化学反応式を示しなさい。

問 5 下線部(f)について、塩化カルシウム水溶液に二酸化炭素を通じても、沈殿を生じることはない。その理由を 40 字以内で説明しなさい。

問 6 下線部(g)について、このような現象を何と呼ぶか答えなさい。

問 7 バリウムイオンの炭酸塩は水に対する溶解性が非常に低い。これを利用して、以下の方法で空気中の二酸化炭素濃度を決定することができる。

操作 1 少量の二酸化炭素を含む空気を、密閉容器内にて濃度既知の水酸化バリウム水溶液とよく混合し、バリウムイオンの炭酸塩を生じさせる。

操作 2 沈殿物であるバリウムイオンの炭酸塩を取り除く。

操作 3 残った水溶液中の水酸化バリウムを濃度既知の塩酸で中和滴定する。

次の(1)および(2)に答えなさい。

(1) 操作 1 および操作 3 で起こる化学反応について、それぞれ化学反応式で示しなさい。

(2) 呼気中の二酸化炭素濃度を調べるために以下のような実験を行った。

標準状態で、1.0 L の呼気をとり、 4.0×10^{-2} mol/L の水酸化バリウム水溶液 100 mL を加えて反応させたのち、バリウムイオンの炭酸塩を取り除いた水溶液を中和滴定するのに 2.0×10^{-1} mol/L の塩酸 24 mL を要した。呼気中に含まれる二酸化炭素の体積百分率〔%〕を有効数字 2 桁で求め、計算過程も示しなさい。ただし、二酸化炭素は完全に反応してバリウムイオンの炭酸塩として沈殿したものとする。