

1 次の文章を読み、問(1)~(4)に答えよ。原子量は $\text{Al} = 27.0$, $\text{Zn} = 65.4$, アボガドロ定数を $6.0 \times 10^{23}/\text{mol}$ とする。

金属の代表的な結晶構造として図1の(ア)格子, 図2の(イ)格子, 六方最密構造がある。アルミニウムは, 図1の(ア)格子の構造で, 単体格子中の原子の数は(ウ), 隣接している原子の数(配位数)は(エ)である。原子は互いに接している球であり, アルミニウムの単体格子一辺の長さは $4.05 \times 10^{-8} \text{ cm}$ なので, アルミニウム原子の半径は(①) cm , アルミニウムの結晶の密度は(②) g/cm^3 と求められる。

アルミニウムは, 金属の中で鉄に次いで多量に利用される金属である。アルミニウムの単体は, 鉱石の(オ)から得られる酸化アルミニウムを溶融塩電解してつくられる。単体はやわらかい銀白色の金属で, 展性・延性に富み電気伝導性が大きい。また, アルミニウムが主成分の合金である(カ)は軽いが強度高く, 航空機の機体などに利用されている。

アルミニウムは, 周期表上の(キ)族に属し, 金属元素と非金属元素の境界に位置する。単体は両性金属で, 塩酸, 水酸化ナトリウム水溶液のいずれとも反応して溶けるが, 濃硝酸には表面に緻密な酸化被膜を形成して(ク)となるため, 酸化が内部まで進行せず溶けない。

アルミニウムの単体を製造するとき, 大量の電気エネルギーを必要とする。回収した使用済みのアルミニウム製品を融解して再生アルミニウムをつくれば, (オ)から製造する場合の約3%のエネルギーで済むので, (ケ)などのアルミニウム製品は広くリサイクルして利用されている。

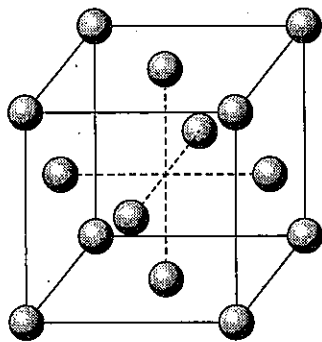


図1

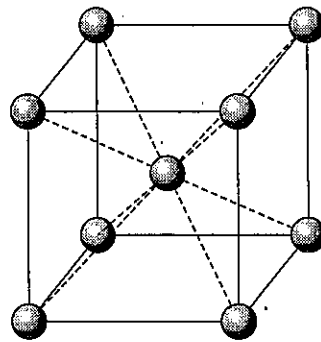
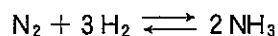


図2

- (1) (ア)~(ケ)に適切な語句または数値を記せ。
- (2) (①)~(②)に適する数値を有効数字2桁で答えよ。計算過程も示せ。ただし、 $\sqrt{2} = 1.41$, $\sqrt{3} = 1.73$, $4.05^3 = 66.4$ とする。
- (3) 下線部(a)の性質を示す金属として亜鉛がある。①亜鉛と塩酸との反応, ②亜鉛と水酸化ナトリウム水溶液との反応をそれぞれ化学反応式で記せ。
- (4) 物質比が1:1のアルミニウムの単体と亜鉛の単体の混合物23.1gを水酸化ナトリウム水溶液と完全に反応させた。このとき発生する気体の物質量は何molか。有効数字3桁で答えよ。計算過程も示せ。

- 2 次の文章を読み、問(1)~(5)に答えよ。原子量はH = 1.0, N = 14とする。すべての気体は理想気体とする。

アンモニアを窒素と水素から合成する反応は、次の化学反応式で表される。



- (1) この反応の熱化学方程式を示せ。計算過程も示せ。ただし、 $\text{N} \equiv \text{N}$, $\text{H}-\text{H}$, $\text{N}-\text{H}$ の結合エネルギーをそれぞれ946 kJ/mol, 436 kJ/mol, 391 kJ/molとする。
- (2) この反応において以下の①~③の操作を行った場合、平衡はどうか。「右に移動」, 「左に移動」, 「移動しない」から選びそれぞれ答えよ。
- ① 生成したアンモニアを除去する。
 - ② 四酸化三鉄(Fe_3O_4)を主成分とした触媒を加える。
 - ③ 体積を一定に保ちながらアルゴンを加える。
- (3) 一定圧力で窒素と水素を低温または高温で反応させ、それぞれアンモニアを得る。問①~③に答えよ。
- ① 高温で平衡に達する時間は、低温で平衡に達する時間と比べてどうか。「長い」, 「短い」, 「変わらない」から選び答えよ。
 - ② 次の文章は①の理由である。空欄(ア)~(ウ)に入る適切な語句を下記の語群から選び、それぞれ答えよ。

高温にすると、(ア)エネルギーを超える運動エネルギーをもつ(イ)の数の割合が急激に(ウ)するため

【語群】 振動 熱 位置 活性化 イオン化 生成物 酸素 分子 増加 減少

- ③ 高温で平衡に達するときのアンモニアの生成率は、低温で平衡に達した時と比べてどうか。「上がる」, 「下がる」, 「変わらない」から選び答えよ。

- (4) 窒素 28 g と水素 6.0 g を混合して圧力を一定に保ちながら 400 °C に加熱して平衡に達したとき、気体中に含まれるアンモニアの物質量の百分率は 40 % であった。このときのアンモニアの物質量は何 mol か。有効数字 2 桁で答えよ。その計算過程も示せ。
- (5) 温度 T [K] で体積 1 L 中で平衡に達したときの窒素、水素、アンモニアの物質量はそれぞれ 1, 2, 2 mol であった。圧平衡定数を、気体定数 R [Pa·L/(mol·K)], 温度 T [K] を用いて表せ。その計算過程も示せ。

3 次の文章を読み、問(1)~(4)に答えよ。原子量はH = 1.0, C = 12, O = 16, Ca = 40 とする。

炭酸カルシウムは、石灰石や大理石などとして天然に多量に存在する。石灰石が存在する地域では、二酸化炭素が溶け込んだ地下水の作用で炭酸カルシウムが溶けて、地下に(ア)ができる^(a)ことがある。反対に、炭酸水素カルシウムを含む水溶液から二酸化炭素が放出されて、再び炭酸カルシウムが析出したものが石筍^{せきじゆん}などである。

石灰石は、セメントの主な原料であり、コンクリートなどの骨材や製鉄などに用いられる。石灰石を強熱すると(イ)が得られる。さらに、(イ)に水を加えると発熱膨張し、(ウ)が得られる。^(b)(イ)や(ウ)は、^(c)様々な化学工業原料、土壌・河川の中和、建築材料であるしゅくいの原料などに広く使われる。(ウ)は水に少し溶け、この飽和水溶液を(エ)という。(エ)に二酸化炭素を通じると、白色沈殿が生じる。

^(d)Ca²⁺ や Mg²⁺ を多く含む水を硬水といい、硬水の中でセッケンを使用すると泡立ちが悪くなる。水1Lに含まれるCa²⁺ とMg²⁺ の物質量の合計を、炭酸カルシウムの質量に換算したものを総硬度^(e)といい、120 mg/L 以上は硬水と分類される。

水の総硬度を分析する方法として、エチレンジアミン四酢酸イオン(図1)を含む水溶液を用いた滴定法がある。エチレンジアミン四酢酸イオンは、Ca²⁺ やMg²⁺ などの金属イオンと物質量比1 : 1で反応し、安定な錯イオンを形成する。なお、実際の滴定において、Fe²⁺ やCu²⁺ などの分析対象外の金属イオンは前もってシアン化物イオンと反応させ、エチレンジアミン四酢酸イオンと反応しない錯イオンにする必要がある。^(f)

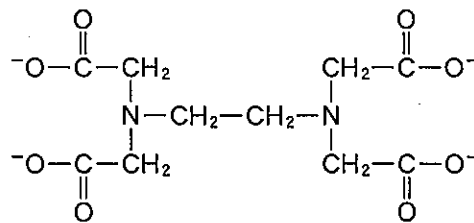


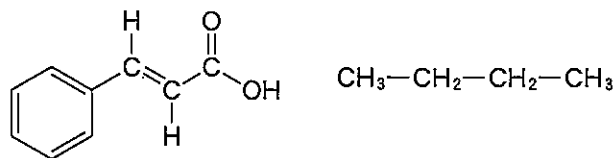
図1 エチレンジアミン四酢酸イオン

- (1) (ア)~(エ)に適切な語句または化学式を記せ。
- (2) 下線部(a)~(d)の反応を化学反応式で記せ。
- (3) しっくい^①は、(ウ)が空気中の二酸化炭素を吸収し、炭酸カルシウムを生じることで固まる。100 kgの(ウ)に対して二酸化炭素は最大何 kg 吸収されるか。有効数字2桁で答えよ。計算過程も示せ。
- (4) エチレンジアミン四酢酸水溶液による水の総硬度分析に関して、問①~②に答えよ。
- ① 下線部(f)に関して、 Fe^{2+} の錯イオンはヘキサシアニド鉄(II)酸イオンである。この錯イオンの化学式を記せ。また、この錯イオンの構造を以下の語群から選べ。

【語群】 直線形 正方形 正四面体形 正八面体形

- ② 総硬度を調べたい水 100 mL を滴定したところ、 1.0×10^{-2} mol/L のエチレンジアミン四酢酸イオンを含む水溶液 6.0 mL を要した。この水の総硬度は何 mg/L か。有効数字2桁で答えよ。計算過程も示せ。ただし、この水中に含まれ、エチレンジアミン四酢酸イオンと反応する金属イオンを Ca^{2+} のみとし、 Ca^{2+} の物質量を炭酸カルシウムの質量に換算することで総硬度を求めよ。また、この水は硬水といえるか、下線部(e)の基準より○か×で答えよ。

- 4 次の文章を読み、問(1)~(4)に答えよ。原子量は $H = 1.0$, $C = 12$, $O = 16$ とする。構造式の記入例を以下に示す。



実験(ア) ナトリウムフェノキシドに高温・高圧で二酸化炭素を反応させて、サリチル酸ナトリウムを得た。 ^(a) これに希硫酸を加えて、サリチル酸を得た。

実験(イ) サリチル酸を水酸化ナトリウム水溶液と完全に反応させた。 ^(b) その後、この水溶液に対し ^(c) 室温、大気圧下で二酸化炭素を十分に通じた。

実験(ウ) 試験管に 483 mg のサリチル酸と 6.00 g の (A) を入れ、試験管を振りながら、濃硫酸 0.50 mL を少しずつ加えた。その後試験管を振り混ぜながら、おだやかに 5 分間加熱した。試験管の内容物を 20 mL の (B) に加えて反応を停止させ、サリチル酸メチルを得た。

- (1) 実験(ア), (イ) について、下線部(a)~(c)のときに起こる変化をそれぞれ化学反応式で記せ。ただし、有機化合物については構造式を用いよ。
- (2) 実験(ウ) について、文中の (A), (B) に適切な語句を以下の選択肢から選び、それぞれ答えよ。

【選択肢】 フェノール メタノール メタン 臭素
6.0 mol/L 水酸化ナトリウム水溶液 飽和炭酸水素ナトリウム水溶液

(3) 実験(ウ) に関して、問①~③に答えよ。

- ① 使用したサリチル酸は何 mol か。有効数字 2 桁で答えよ。計算過程も示せ。
- ② 得られたサリチル酸メチルは何 mg か。有効数字 2 桁で答えよ。計算過程も示せ。ただし、反応は完全に進行するものとする。
- ③ サリチル酸メチル 76 mg を元素分析装置で完全燃焼すると、二酸化炭素は何 mg 得られるか。有効数字 2 桁で答えよ。計算過程も示せ。

- (4) サリチル酸に無水酢酸と濃硫酸を作用させるとアセチルサリチル酸を生じる。アセチルサリチル酸、サリチル酸、およびサリチル酸メチルに対し塩化鉄(Ⅲ)水溶液を加えたときに、赤紫色に呈色するものをすべて選び、化合物の名称で答えよ。

- 5 透明な固体材料として、無機化合物ではガラス、有機化合物ではポリカーボネートやポリメタクリル酸メチルなどが存在する。それらの化合物について、問(1)~(7)に答えよ。図1にポリカーボネート樹脂の構造を示す。原子量はH = 1.0, C = 12, O = 16 とする。

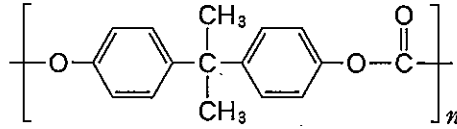


図1 ポリカーボネート樹脂の構造

- (1) 透明な固体材料は、構成粒子の配列が不規則で、結晶化しにくいという性質を有している。
 下線部(a)のような状態の固体を何というか。
- (2) 窓や瓶などとして最もよく使われているガラスの主要原料を3つ記せ。
- (3) ポリカーボネートやポリメタクリル酸メチルは熱を加えると軟化し、冷却すると再び硬化する性質を持つ。このような性質を持つ樹脂を何というか。
- (4) ポリカーボネートとポリメタクリル酸メチルはそれぞれどのような方法で単量体から合成されるか、反応の名称を答えよ。
- (5) 高分子鎖の絡み合いが大きいポリカーボネートやポリメタクリル酸メチルで作られた透明材料は、有機ガラスとも呼ばれ、航空機の窓や眼鏡のレンズ、哺乳瓶などに使われている。これらに無機ガラスではなく有機ガラスが使われている理由を2つ、それぞれ30字程度で説明せよ。

- (6) コンタクトレンズの材料として、ポリメタクリル酸メチルと類似構造を持つポリメタクリル酸 2-ヒドロキシエチルなどが使われている。その単量体であるメタクリル酸 2-ヒドロキシエチルを図 2 に示す。ポリメタクリル酸 2-ヒドロキシエチルの構造を、図 1 のポリカーボネート樹脂の構造を例にして示せ。

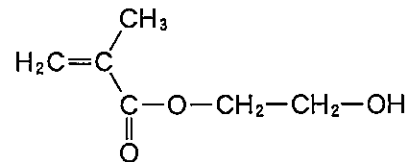


図 2 メタクリル酸 2-ヒドロキシエチル

- (7) ポリメタクリル酸 2-ヒドロキシエチルの分子量を測定したところ 9.1×10^3 であった。この分子内に不斉炭素原子は理論上何個存在するか求めよ。有効数字 2 桁で答えよ。計算過程も示せ。

表面

問 題 訂 正 紙

理 科 (化学)

注 意 事 項

- 1 試験開始まで、この問題訂正紙の裏面を見てはいけません。「解答を始めてください。」の指示の後に、訂正の内容を確認しなさい。
- 2 試験終了後、問題訂正紙は持ち帰りなさい。

問題訂正
理科(化学)

訂正箇所	問題冊子 9 ページ 5 (2)の問題文
誤	窓や瓶などとして最もよく使われている <u>ガラス</u> の主要原料を3つ記せ。
正	窓や瓶などとして最もよく使われている <u>無機化合物のガラス</u> の主要原料を3つ記せ。

訂正箇所	問題冊子 9 ページ 5 (5)の問題文
誤	これらに <u>無機ガラス</u> ではなく有機ガラスが使われている理由を2つ、それぞれ30字程度で説明せよ。
正	これらに <u>無機化合物のガラス</u> ではなく有機ガラスが使われている理由を2つ、それぞれ30字程度で説明せよ。