

化 学 $\frac{1}{6}$

[解答にあたっての注意]

必要があれば、次の値を用いよ。

原子量 H 1.0, C 12, N 14, O 16, Fe 56

アボガドロ数 6.0×10^{23} , $\sqrt{2} = 1.41$, $\sqrt{3} = 1.73$, $\sqrt{5} = 2.23$

I 次の文を読んで、問1～5に答えよ。

金属の結晶では、原子が規則正しく配列している。図1に鉄、銅、マグネシウムの結晶格子を示す。

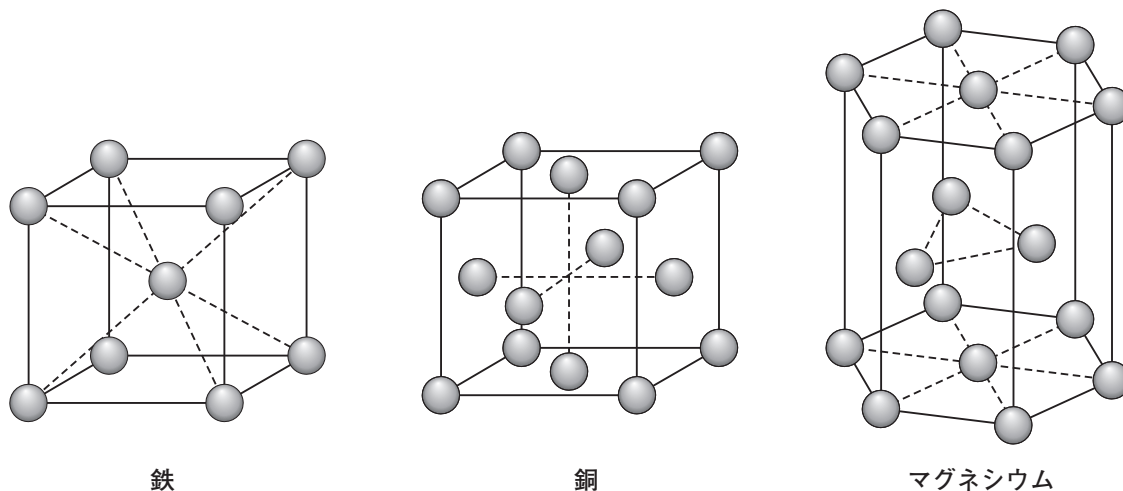


図1

問1 これらの結晶格子は、左から順番に（ア）格子、（イ）格子、（ウ）構造と呼ばれる。空欄（ア）～（ウ）に適切な語句を入れよ。

問2 図1の各単位格子中に含まれる原子の数をそれぞれ答えよ。

問3 鉄の単位格子の一辺は 2.9×10^{-8} cm である。鉄の原子半径は何 cm であるか。ただし、結晶内では最接近の原子は互いに接しているものとし、有効数字2桁で答えよ。

問4 鉄の単位格子中の原子の占める割合（充填率%）を有効数字2桁で答えよ。

問5 鉄の結晶の密度は何 g/cm^3 か。有効数字2桁で答えよ。

化 学 $\frac{2}{6}$

II 次の文を読んで、問1～6に答えよ。

大気中の窒素ガスを化学反応により窒素化合物に変換する手法は、窒素肥料を人工的に得る方法として極めて有用である。(a) 20世紀前半から目覚しく発展した人工的な窒素固定反応の開発により、天然のチリ硝石を代替する農業用肥料の大量生産が可能となり、人類の発展に大きく貢献した。反応は、(b) 窒素ガスと水素ガスを耐圧密閉容器内で高压で加熱することで進行する。この反応は発熱反応であり、(c) 正反応と逆反応がともに進行する。そのため、(d) 温度と圧力の制御が正反応を効率よく進める重要な鍵であり、窒素化合物の生成率を決定する。また、(e) 反応の進行は、酸化鉄を主成分とする触媒を加えることで促進される。

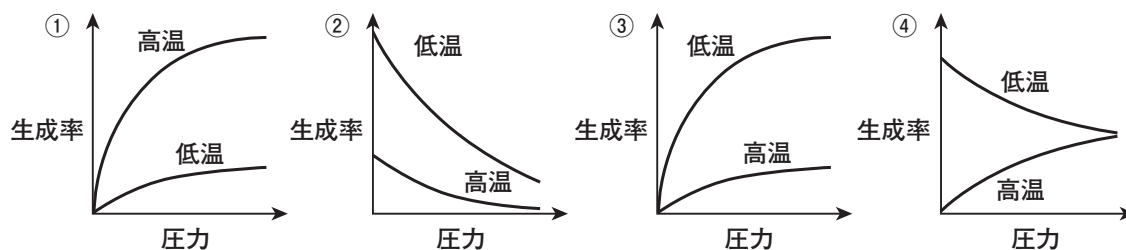
問1 下線(a)において、1900年代前半にドイツで開発された工業的な窒素固定法の名称を答えよ。

問2 下線(b)の化学反応式を示せ。また、この反応における反応物と生成物のモル濃度の時間変化を図に示せ。

問3 下線(c)を一般に何というか。

問4 下線(d)において、化学平衡の観点から窒素化合物の生成率を高くするには、温度と圧力をどのように制御すればよいか。

問5 下図の①～④のうち、問4の関係を正しく表すものを一つ選び、番号で答えよ。



問6 下線(e)について、同じ温度、圧力のもとで反応を行なった場合、触媒を添加すると窒素化合物の生成率、反応速度、および生成熱は、それぞれどのようなようになるか答えよ。

化 学 $\frac{3}{6}$

Ⅲ 次の文を読んで、問1～8に答えよ。

銀は_(a)展性に富む金属であり、(ア)の伝導性が全ての金属の中で最も大きい。化学的に安定であるが、硝酸のような(イ)の強い酸には溶解して硝酸銀を生成する。硝酸銀の水溶液(A液)に食塩水を加えたところ、_(b)顕著な変化が観察された。

一方、_(c)塩化アンモニウムと水酸化カルシウムの混合物を加熱することにより発生した気体BをA液に吹き込んだところ、_(d)褐色の沈殿が観察された。さらに気体Bを吹き込むと、その沈殿は消失し_(e)無色の溶液(C液)が得られた。C液に_(f)グルコースを加えて加熱すると、_(g)顕著な変化が観察された。

問1 下線(a)の展性とはどのようなものか。

問2 空欄(ア)と(イ)に適切な語句を入れよ。

問3 下線(b)の変化とはどのようなものか。また、この変化を化学反応式で示せ。

問4 下線(c)の変化を化学反応式で示せ。

問5 下線(d)の沈殿は何か。化学式で示せ。

問6 下線(e)における銀の変化を化学反応式で示せ。

問7 下線(f)の化合物の構造式を示せ。

問8 下線(g)の変化とはどのようなものか。また、その変化は問7の構造がどのように変化したために起こったものか。

化 学 $\frac{4}{6}$

IV 次の文を読んで、問1～6に答えよ。

(a)塩化鉄(Ⅲ)の水溶液を沸騰水に加えると赤褐色の溶液が得られた。 (b)この溶液にレーザー光を照射すると、光の進路が明るく輝いて見えた。 (c)図2の様に、この溶液をセロファン膜でできた袋に入れ、水を入れたビーカーにしばらく浸した。

問1 下線(a)で起こる変化を化学反応式で示せ。

問2 下線(b)で観測された現象を名称で答えよ。また、この現象が観測される理由を説明せよ。

問3 下線(c)で得られたビーカーの水を試験管に取り、プロモチモールブルーを少量加えた。この時、溶液は何色に変化したか。最もふさわしい色を解答群から1つ選び、番号で答えよ。

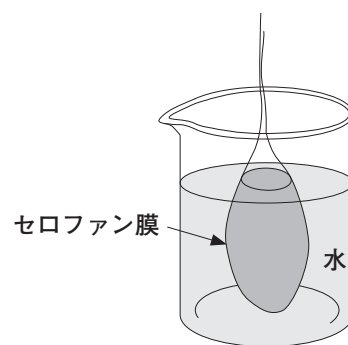


図2

解答群

- ① 緑 ② 赤 ③ 青
④ 黄 ⑤ 茶 ⑥ 無色

問4 セロファン膜の内側に残った物質、および外側に出て行った物質は、それぞれ何か。化合物名で答えよ。

問5 下線(c)の操作の後に得られたセロファン袋の中の溶液を図3のようなU字管に移し、電気泳動を行った。その結果、陰極側に色のついた溶液が移動した。この理由を説明せよ。

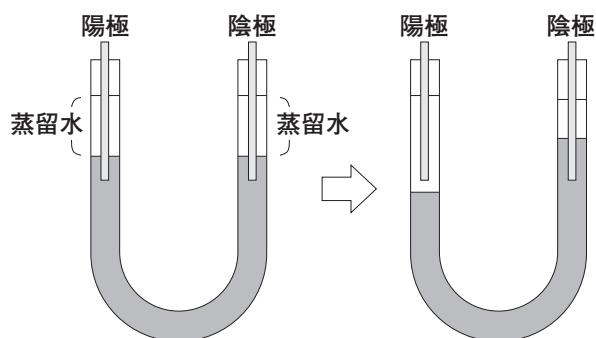


図3

問6 下線(c)の操作の後に得られたセロファン袋の中の溶液を試験管に取り、ここに少量の硫酸ナトリウム水溶液を加えた。このとき観測される変化を示せ。また、その理由を説明せよ。

化 学 $\frac{5}{6}$

V 次の文を読んで、問1～8に答えよ。

炭素、水素、窒素、酸素から構成されるアミノ酸 A の元素分析を行ったところ、質量百分率は炭素 40.24 %、水素 8.02 %、窒素 15.82 % であった。化合物 A には 2 つの異性体 B および C が存在する。化合物 A は平面偏光を回転させる性質を有しており、化合物 B は平面偏光を逆方向に化合物 A と同じ角度で回転させたが、化合物 C は回転させなかった。化合物 A は水に可溶であるが、有機溶媒にほとんど溶解しない。化合物 A を無水酢酸と反応させると化合物 D が得られた。

問1 化合物 A の組成式を示せ。

問2 化合物 A ～ D の構造式を書け。異性体はその構造の違いが分かるように明示せよ。ただし、化合物 A の分子量は 100 より小さいものとする。

問3 化合物 A と化合物 B のような関係の異性体を何というか。また、化合物 A と化合物 C のような関係の異性体を何というか。

問4 化合物 A は 20℃ の水 100 g に 15.8 g 溶解する。化合物 B の溶解度はこの値に比べてどのような値を示すか。

問5 化合物 A が有機溶媒にほとんど溶解しない理由を述べよ。

問6 化合物 D が生成した際に新たに形成された結合を何というか。

問7 1 分子の化合物 A と 1 分子の化合物 C から 2 分子の水が取れて縮合した際、得られる生成物を構造式で示せ。

問8 2 分子の化合物 A と 1 分子の化合物 C から 2 分子の水が取れて縮合した際、何種類の生成物が得られる可能性があるか。

化 学 $\frac{6}{6}$

VI 次の文を読んで、問1～8に答えよ。

高分子化合物からなる繊維材料は、天然の化合物に由来するものや、石油を原料として人工的に合成されるものなど、数多くの種類がある。(a) アクリル繊維 (ポリアクリロニトリル)、アラミド繊維、アセテート繊維、ポリエチレンテレフタレート、ナイロン 66などが代表的なものとして挙げられる。また、(b) ビニロンは、ポリ酢酸ビニルからポリビニルアルコールを合成し、それをホルムアルデヒドによりアセタール化することで得られる。これらの繊維材料には、(c) 加熱すると柔らかくなり、冷却すると硬くなる性質を持つものもある。また、吸湿性や(d) 機械的強度、耐久性といったそれぞれの特長から、衣料品やスポーツ用品、(e) 航空機の翼の複合材料など様々な用途で利用されている。

問1 下線(a)の中から、天然の高分子化合物を原料とするものを挙げ、その原料となる化合物の名称を書け。

問2 下線(b)に関して、ポリビニルアルコールの化学構造式を示せ。また、アセタール化して得られるビニロンの化学構造式を示せ。

問3 合成されたビニロンの分析を行ったところ、炭素成分の質量百分率は57.82%であった。何%のヒドロキシ基がアセタール化されずに残っているか。有効数字2桁で答えよ。

問4 下線(c)の性質を何と呼ぶか。

問5 アクリル繊維やポリ酢酸ビニルの原料となる単量体は、共通の有機化合物から合成することができる。その名称と化学構造式を示せ。

問6 下線(d)に関して、ビニロン、ナイロン66は他の繊維材料と比較して強度や耐久性に優れる。どのような化学構造上の特徴によるものか説明せよ。

問7 アクリル繊維を不活性ガス中で加熱して得られる繊維は、下線(e)で示す用途で用いられている。その名称を答えよ。

問8 ポリエチレンテレフタレートはケミカルリサイクルが可能である。その理由を構造上の特徴から説明せよ。