



43rd International Chemistry Olympiad

Preparatory Problems

問題 4 マグネシウムおよび窒素含有無機化合物

マグネシウムは人体にとって最も重要な元素のうちの一つである。エネルギー代謝や DNA 修復を進める数百もの生化学反応にはマグネシウムが使われている。300 種以上の様々な酵素がその触媒作用にマグネシウムを必要としている。マグネシウムは血圧を調節し、血管（動脈）の負担を軽減する。マグネシウム欠乏によって細胞の働きが低下し、癌の原因ともなる。様々なマグネシウム含有栄養補助食品（サプリメント）の中で、最もよく利用される酸化マグネシウムに比べて、クエン酸マグネシウムは生体内への吸収・利用が容易と報告されている。

マグネシウムはとても燃焼しやすい金属である。一度着火すると、水、二酸化炭素、窒素の雰囲気中でも燃焼を続けることが可能であり、消火がとても困難である。

a) マグネシウムが次の物質と反応して酸化マグネシウムになる反応を化学量論式で記せ。

- i. 酸素 (O_2)
- ii. 二酸化炭素 (CO_2)

b) 水酸化マグネシウムは Mg もしくは MgO が H_2O と反応することで生じる。次の物質が H_2O と反応して水酸化マグネシウムを形成する反応を化学量論式で記せ。

- i. Mg
- ii. MgO

c) 金属マグネシウムを窒素ガス中で加熱すると、黄白色の化合物 **A** が形成される。**A** の加水分解によって、無色の気体 **B** が発生する。この **B** は水に溶かすと塩基性を示す。**B** と次亜塩素酸イオン水溶液を反応させると、塩化物イオン、水とともに水溶性の分子状化合物 **C** が生成する。**B** と過酸化水素との反応でも同じく化合物 **C** と水が生成する。無色の気体 **B** を金属ナトリウムとともに熱すると、固体状の化合物 **D** と水素ガスが発生する。化合物 **D** と亜酸化窒素ガスを反応させると気体状のアンモニアと固体状の水酸化ナトリウム、固体状の化合物 **E** が得られる。固体 **E** を加熱すると金属ナトリウムと窒素ガスに分解する。化合物 **A**~**E** が生成するそれぞれの反応を化学量論式で記せ。



43rd International Chemistry Olympiad

Preparatory Problems

- d) 化合物 **E** 中に存在するアニオンのルイス構造式を描け。最も安定な共鳴構造はどれか。
- e) 化合物 **C** は第二次世界大戦でロケット燃料として初めて使われた。今日では、宇宙船の低出力の発射推進剤として使われている。カーボンナノファイバーや、アルミナ上にのせた窒化モリブデンなどの触媒によっておこる化合物 **C** の分解反応では、アンモニアと窒素ガスが生じることがある。化合物 **C** が分解し、アンモニアと窒素を発生する反応を化学量論式で記せ。
- f) 化合物 **C** が分解してアンモニアと窒素を生じる反応の反応熱と、 NH_3 ガスの (298 K における) 標準生成エンタルピーを算出せよ。ただし、化合物 **C** の 298 K における標準生成エンタルピーは液体状態で 50.6 kJ/mol, 気体状態で 95.4 kJ/mol である。また、各結合の平均結合エネルギーは $\text{N}\equiv\text{N}$ が 946 kJ/mol, $\text{N}=\text{N}$ が 418 kJ/mol, $\text{N}-\text{N}$ が 163 kJ/mol, $\text{N}-\text{H}$ が 389 kJ/mol とする。
- g) 2.00 mL の化合物 **C** を, 298 K で分解反応を起こす触媒が入った 1.00 L の真空の反応容器に入れる。分解反応が終わった後, 298 K に戻った時点での容器内の圧力を計算せよ。ただし, 液体 **C** の密度は 1.0045 g/cm^3 とする。
- h) 問題(g)の反応により, 反応容器が等温膨張したとする。その場合に外部に行った仕事を計算せよ。ただし大気圧は 1 atm とする。