

化 学

必要ならば，原子量として次の値を使え。

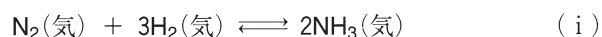
H : 1.0, C : 12, O : 16, Ca : 40

I (配点 50)

次の文を読み，(1)～(8)の問いに答えよ。すべての気体は，理想気体としてふるまうものとせよ。

アンモニア NH_3 は，工業的に ア 法によって，窒素 N_2 および水素 H_2 から合成される。

いま， $2a$ [mol] の窒素と $6a$ [mol] の水素を内容積 V [L] の密閉できる容器に入れて加熱し，温度を T [K] に保ったところ， $2a$ [mol] のアンモニアが生成して，式 (i) で表される平衡状態に達した。



気体の平衡状態は，気体のモル濃度 [mol/L] を用いる濃度平衡定数 K_C ，または気体の分圧 [Pa] を用いる圧平衡定数 K_P によって表すことができる。

式 (i) で表される反応の K_P は，平衡状態における各気体の分圧 p_{N_2} ， p_{H_2} および p_{NH_3} を用いて式 (ii) のように表される。

$$K_P = \frac{p_{\text{NH}_3}^2}{p_{\text{N}_2} p_{\text{H}_2}^3} \quad (\text{ii})$$

- (1) ア にあてはまる名称を記せ。
- (2) 平衡状態に達したのち，容器内に存在する水素の物質量は何 mol か。 a を含む文字式で表せ。
- (3) K_C はいくらか。 a および V を含む文字式で表せ。
- (4) アンモニアの分圧は何 Pa か。 a ， V ， 気体定数 R および T を含む文字式で表せ。
- (5) 容器内の全圧力は何 Pa か。 a ， V ， R および T を含む文字式で表せ。
- (6) K_P を K_C ， R および T を含む文字式で表せ。

- (7) 式 (i) の反応が平衡状態にあるとき、体積 V と温度 T を一定に保ったまま、
1) ~ 3) の操作を行うと、容器中のアンモニアの物質量はどのように変化するか。

解答群 1 からそれぞれ選び、番号を記せ。

- 1) 新たに窒素を加える。
- 2) アルゴンを加える。
- 3) 体積が無視できる量の触媒を添加する。

解答群 1

① 増加する ② 減少する ③ 変化しない

- (8) 温度を T [K] に保った状態で、この容器の体積 V を大きくすると、元の平衡時と比べて水素および窒素の分圧がそれぞれ 0.80 倍となり、新たな平衡に達した。このとき、アンモニアの分圧は、元の平衡時と比べて何倍になるか。**有効数字 2 桁** で示せ。

II (配点 50)

次の文を読み、(1)～(8)の問いに答えよ。数値での解答は、有効数字2桁で示せ。

周期表の2族に属する元素は、すべて **ア** 元素である。2族元素のうち、Ca, Sr, Ba および Ra は、特に化学的性質がよく似ているので **イ** 元素と呼ばれる。**イ** 元素を含む化合物を炎の中に入れると、それぞれの元素に特有な炎色がみられる。これを炎色反応という。

酸化カルシウムは、**ウ** と呼ばれる白色の固体で、炭酸カルシウムを強熱して得られる。
i) 酸化カルシウムは、水と反応して発熱し、水酸化カルシウムを生じる。水酸化カルシウムは、**エ** と呼ばれる白色の固体で、水にわずかに溶けて強い **オ** を示す。ii) 水酸化カルシウムの飽和水溶液を石灰水と呼び、二酸化炭素を通じると、炭酸カルシウムの白色沈殿を生じる。iii) 炭酸カルシウムは、塩酸と反応して二酸化炭素を発生する。また、iv) 炭酸カルシウムは、二酸化炭素を含む水には炭酸水素カルシウムを生じて溶ける。

硫酸カルシウムは、天然には硫酸カルシウム二水和物(セッコウ)として産出する。セッコウを120～140℃に加熱すると、白色粉末状の焼きセッコウになる。v) 焼きセッコウを水で練ると、発熱しながら膨張し、再びセッコウになって固まる。そのため、建築材料、医療用ギブスあるいは塑像などに用いられる。

(1) **ア** ～ **オ** にあてはまる最も適切な語句を解答群1からそれぞれ選び、番号を記せ。

解答群1

- | | | | |
|-------|-------|--------|------------|
| ① 両性 | ② 遷移 | ③ 非金属 | ④ アルカリ金属 |
| ⑤ 酸性 | ⑥ 金属 | ⑦ 不活性 | ⑧ アルカリ土類金属 |
| ⑨ 消石灰 | ⑩ 生石灰 | ⑪ さらし粉 | ⑫ 重晶石 |
| ⑬ 塩基性 | | | |

(2) Ca原子の電子配置において、1) M殻と2) N殻にある電子の数をそれぞれ記せ。

(3) 3) Ca および 4) Ba の炎色反応の色として最も適切なものを解答群2からそれぞれ選び、番号を記せ。

解答群2

- | | | | | |
|------|-------|-------|-------|-------|
| ① 黄色 | ② 橙赤色 | ③ 黄緑色 | ④ 深赤色 | ⑤ 赤紫色 |
|------|-------|-------|-------|-------|

- (4) 下線部 i) の反応で、1.0 mol の酸化カルシウムが水と反応するとき 65 kJ の熱が発生する。いま、0.050 mol の酸化カルシウムを 20℃ の水 100 g と反応させると、水の温度は何℃になるか。ただし、1 g の水の温度を 1℃ 上昇させるためには、4.2 J の熱量が必要であるものとせよ。また、発生する熱はすべて水の温度を上げるために使われるものとし、生成する水酸化カルシウムは水に溶けないものとせよ。
- (5) 下線部 ii) の反応で、2.0 g の水酸化カルシウムから生成する炭酸カルシウムは、計算上何 g か。
- (6) 下線部 iii) で起こる反応の化学反応式を記せ。
- (7) 下線部 iv) で起こる反応の化学反応式を記せ。
- (8) 下線部 v) の反応で、1.0 mol の焼きセッコウから 1.0 mol のセッコウが生成するときに必要な水は、計算上何 mol か。

Ⅲ (配点 50)

芳香族化合物の反応に関する〔1〕および〔2〕の文を読んで、(1)～(6)の問いに答えよ。
構造式はすべて例1にならって記せ。

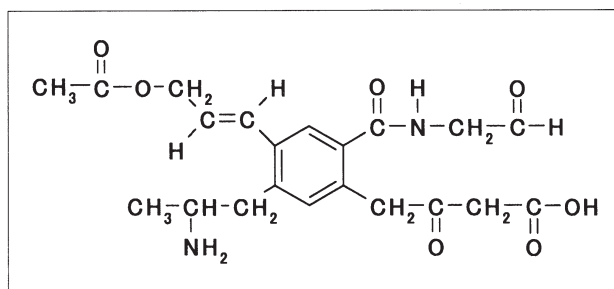
〔1〕 トルエンを酸化マンガン(Ⅳ)と硫酸でおだやかに酸化すると、分子式 C_7H_6O で表される化合物 **A** が生成した。一方、トルエンを過マンガン酸カリウムで酸化すると、分子式 $C_7H_6O_2$ で表される化合物 **B** が生成した。**A** は銀鏡反応を示し、また、空気中の酸素によって酸化され、徐々に **B** に変化した。

A を還元すると、分子式 C_7H_8O で表される化合物 **C** が生成した。**C** に塩化鉄(Ⅲ)水溶液を加えても呈色しなかった。一方、**C** と同じ分子式をもつ *o*-クレゾールに、塩化鉄(Ⅲ)水溶液を加えると青色に呈色した。

〔2〕 サリチル酸は、分子中にカルボキシ基とヒドロキシ基をもつため、**ア** としての性質と **イ** としての性質の両方を示す。

サリチル酸とメタノールを混合し、少量の濃硫酸を加えて加熱すると、消炎鎮痛剤として用いられる化合物 **D** が生成する。一方、サリチル酸と無水酢酸を混合し、少量の濃硫酸を加えて加熱すると、解熱鎮痛剤に用いられる化合物 **E** が生成する。

例1



- (1) A～Cの名称と構造式を記せ。
- (2) *o*-クレゾールの構造式を記せ。
- (3) Cと*o*-クレゾールのように、分子式は同じであるが、原子の結合のしかたが異なる化合物どうしを互いに何と呼ぶか。
- (4) および にあてはまる語句の組み合わせとして適切なものを解答群1から選び、番号を記せ。

解答群1

- | | |
|------------------|-----------------|
| ① アルデヒド と エーテル | ② アルデヒド と エステル |
| ③ エーテル と カルボン酸 | ④ エステル と フェノール類 |
| ⑤ カルボン酸 と フェノール類 | |

- (5) DおよびEの構造式を記せ。
- (6) サリチル酸の二ナトリウム塩 ($C_7H_4O_3Na_2$) の水溶液に二酸化炭素を通じたときに生成する有機化合物の構造式を記せ。