

5 3 5 4 5 5

理 科 問 題

(平成 27 年 度)

【注意事項】

1. この問題冊子は「理科」である。
2. 理科は 2 科目を解答すること。試験時間は 2 科目合計で 180 分である。
3. 試験開始の合図まで、この問題冊子を開いてはいけない。ただし、表紙はあらかじめよく読んでおくこと。
4. 試験開始後すぐに、以下の 5. に記載されていることを確認すること。
5. この問題冊子の印刷は 1 ページから 18 ページまであり、解答用紙は問題冊子中央に 10 枚はさみこんである。

科 目	問 題	解答用紙
物 理	1 ページから 6 ページ	3 枚 (53-1, 53-2, 53-3)
化 学	7 ページから 10 ページ	3 枚 (54-1, 54-2, 54-3)
生 物	11 ページから 18 ページ	4 枚 (55-1, 55-2, 55-3, 55-4)

6. 問題冊子に落丁、乱丁、印刷不鮮明な箇所等があった場合および解答用紙が不足している場合は、手をあげて監督者に申し出ること。
7. 試験開始後、解答する科目の解答用紙の所定欄に、受験番号と氏名を記入すること（1 枚につき受験番号は 2 箇所、氏名は 1 箇所）。
8. 解答は必ず解答用紙の指定された箇所に記入すること。解答用紙の裏面に記入してはいけない。
9. 解答する科目の問題番号に対応した解答用紙に解答していない場合は、採点されない場合もあるので注意すること。
10. 解答する字数に指定がある場合は、句読点も 1 字として数えること。英数字を記入する場合は、1 字分のマス目に 2 文字まで記入してよい。
11. 問題冊子の中の白紙部分は下書き等に使用してよい。
12. 解答用紙を切り離したり、持ち帰ってはいけない。解答しない科目の解答用紙も提出すること。
13. 試験終了時刻まで退室を認めない。試験中の気分不快やトイレ等、やむを得ない場合には、手をあげて監督者を呼び指示に従うこと。
14. 試験終了後は問題冊子を持ち帰ること。

54 化学

7 ページから 10 ページ

- 〔 I 〕 次の文章を読み、下記の問いに答えよ。ただし、気体はすべて理想気体として扱えるものとする。気体定数 R は $8.3 \times 10^3 \text{ Pa} \cdot \text{L} / (\text{K} \cdot \text{mol})$ である。計算過程も示すこと。

窒素と水素の混合気体を適当な触媒を用いて反応させると、アンモニアが生成する。右図のような内部の容積が変化できる反応容器に 12 mol の窒素と 36 mol の水素を触媒とともに入れ、全圧を $7.0 \times 10^7 \text{ Pa}$ に保ちながら反応させた。(A)容器の温度が 500°C で反応が平衡状態に達した場合には、モル分率で 50% のアンモニアを含むようになった。また、(B)容器の温度が 300°C で反応が平衡状態に達した場合には、 21.4 mol のアンモニアを含むようになった。

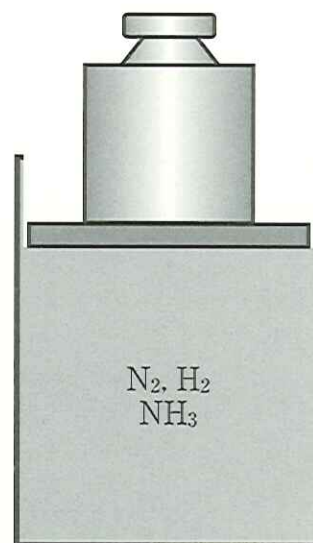


図. 容積可変の反応容器

- (1) 下線部 (A) の反応条件で、窒素、水素、アンモニアの物質量はそれぞれ何 mol か答えよ。
- (2) 下線部 (A) の反応条件で、反応容器内で平衡状態にある混合気体 (500°C , $7.0 \times 10^7 \text{ Pa}$) の体積は何 L か求めよ。数値は有効数字 2 桁まで答えよ。
- (3) この反応の濃度平衡定数 K を表す式を書き、下線部 (A) の反応条件での K の値を求めよ。ただし、 K の単位は $(\text{L}/\text{mol})^2$ とする。数値は有効数字 2 桁まで答えよ。
- (4) 仮に触媒を用いずに、反応容器を下線部 (A) と同じ条件で一定に保ちつつ反応させたならば、平衡状態に到達するまでの時間、および濃度平衡定数 K はどのようなになるか。その理由とともに 100 字程度で述べよ。
- (5) 下線部 (B) の反応条件でのアンモニアのモル分率は全体の何 % か求めよ。数値は有効数字 2 桁まで答えよ。
- (6) これらの実験の結果より、アンモニアの生成反応は発熱反応か、吸熱反応か。その理由とともに 50 字程度で述べよ。
- (7) 工業的にアンモニアを合成する場合には、温度が 500°C 、圧力が 10^7 Pa 程度で反応が行われる。その理由を 50 字程度で述べよ。

化学の試験問題〔Ⅱ〕は次に続く。

- 〔Ⅱ〕 次の文章を読み、下記の問いに答えよ。ただし、原子量は $H = 1$, $C = 12$, $N = 14$, $O = 16$ とする。

化合物 A は不斉炭素原子を 1 つ含む分子式が $C_6H_{10}O_5$ のアルコールで、a を作用させると水 1 分子を失って、ともに分子量が同じ化合物 B と C が得られた。B と C は b とよばれる異性体であった。B に c の水溶液を加え加熱して加水分解すると、化合物 D がメタノールとともに得られた。D に白金触媒を用いた水素付加反応を行うと分子量が 118 の化合物 E が得られた。

D はある種の酵素によりアンモニア 1 分子が付加反応し、不斉炭素原子を 1 つ含むアミノ酸 F が得られた。

(A) C を加水分解すると化合物 G が得られ、G は水素付加反応すると E が得られた。D と G は b である。(B) G は融点 133°C で水に溶けやすく、D は融点が高い水に溶けにくい。

G は加熱すると水 1 分子を失って化合物 H となった。D はこのような反応は起こさなかった。H はアミノ酸 F と反応して 3 価カルボン酸 I が得られた。

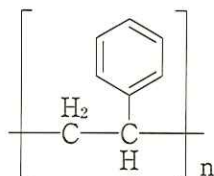
G はまた、エチレングリコール(1,2-エタンジオール)と反応させると d を起こし、J となった。得られた J をスチレンと e させると熱硬化性樹脂となった。

- (1) 空欄 a ~ e にあてはまる語句を以下の語群から最も適切と思われるものを選んで入れよ。ただし、同じ英字の欄には同じ語句が入る。必要なら何度使用してもよい。

縮合重合、開環重合、付加重合、鏡像異性体、幾何異性体、濃硫酸、水酸化ナトリウム、塩化カルシウム

- (2) 化合物 A ~ J の構造式を書け。ただし鏡像異性体がある場合はどちらか片方を答えよ。また J は例にならって書くこと。

(例)



- (3) 等しい物質量の化合物 **B** と **D** を含んだジエチルエーテル溶液がある。これらをそれぞれ分離し、有機溶媒に抽出する方法について、図を用いて説明せよ。ただしこの実験には以下の薬品から適切なものを選んで用いること。必要なら何度使用してもよい。

ジエチルエーテル、塩酸(1 mol/L)、水酸化ナトリウム水溶液(1 mol/L)、濃硫酸

- (4) 下線部(A)において、化合物 **E** を 20 g 得たいとき、化合物 **C** は何 g 必要か答えよ。計算過程も示せ。ただし、**C** から **G** の反応は 72 %、**G** から **E** の反応は 94 % の収率でそれぞれ進むものとする。ここで収率とは反応の進行率を表し、1.00 mol の化合物を反応させたときに 1.00 mol の生成物が得られた場合、その収率は 100 % である。

- (5) 下線部(B)において、**D** と **G** のこうした性質が異なる理由を述べよ。

〔Ⅲ〕 次の文章を読み、下記の問いに答えよ。

(A)アルミニウム Al は、元素の周期表第 13 族に属する酸とも塩基とも反応する両性元素である。単体は(B)ボーキサイト(主成分 $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$)から得られる酸化アルミニウム Al_2O_3 の溶融塩電解によってつくられる。Al は(C)延性や展性に富み、加工しやすい密度 2.70 g/cm^3 の軽金属である。(D)Al の結晶は面心立方格子であり、その格子の 1 辺の長さは $4.05 \times 10^{-10} \text{ m}$ である。(E)Al 粉末と酸化鉄(Ⅲ) Fe_2O_3 の粉末を混合して点火すると、激しく反応して鉄 Fe と Al_2O_3 を生じる。Al および Fe の燃焼熱は、それぞれ 838 kJ/mol 、 412 kJ/mol である。(F) Fe_2O_3 を黒鉛 C とともに燃焼させても Fe をつくり出すことができる。黒鉛 C の燃焼熱は 394 kJ/mol である。

- (1) 下線部(A)の反応について、例を化学式で示せ。
- (2) 下線部(B)について、ボーキサイトに不純物として含まれている Fe_2O_3 を除く方法を 80 字程度で述べよ。
- (3) 下線部(C)の延性および展性について、金属結合の観点から 180 字程度で説明せよ。
- (4) 下線部(D)を参考にして Al の原子量を算出し、小数第 1 位まで答えよ。ただし、アボガドロ定数を $6.02 \times 10^{23}/\text{mol}$ とする。計算過程を示すこと。
- (5) 下線部(E)と(F)の反応について、それぞれ熱化学方程式を示せ。
- (6) 下線部(E)と(F)の反応の違いを 100 字程度で説明せよ。