持帰り厳禁

問題用紙は、試験監督員からの開始の指示があるまで
一切開かないでください。

令和８年度

甲 種 化 学　　学 識 試 験 問 題

AZ

試験時間　13:30 ～ 15:30

〔注意事項〕

1. 配布された問題用紙の種類（左上に黒地白文字で示しています。）が受験する試験の種類に間違いがないか、また、問題用紙と受験番号札の色が合致しているかどうか、必ず確認してください。
   万一、異なる場合は、速やかに試験監督員に申し出てください。

2. 解答は、問題ごとの「解答用紙」に記入してください。
   別問題の「解答用紙」に解答した場合、その解答は無効となりますので、記入を間違えないように注意してください。

3. 「解答用紙」は、採点の際に問題ごとに切り離しますので、すべての解答用紙に「受験番号」、「氏名」を必ず記入してください。

4. 試験問題に関する質問にはお答えできません。

5. 「問題用紙」および「解答用紙」は、試験監督員の指示に従い必ず提出してください。

6. 問題中において、特に記述のない場合、圧力は絶対圧力で表しています。

問１　内容積が$2.00\times10^{-2}\,\mathrm{m}^3$と一定の密閉容器に、温度300 K のアルゴン1.00 mol と水素1.00 mol からなる混合気体を入れ、熱量Qを加えたところ、圧力が500 kPa になった。以下の問に答えよ。なお、アルゴン、水素およびその混合気体は理想気体とし、モル熱容量は温度によらず一定とする。また、定圧モル熱容量と定容モル熱容量の比γは、アルゴンが1.67、水素が1.41とする。

〔 15 点 〕

(1)　加熱後の混合気体の温度を求めよ。

(2)　加えた熱量Qを求めよ。

問２　内容積一定の圧力容器に、ある実在気体 50.0 molを充填したところ、温度 174 ℃、圧力 22.6 MPa となった。以下の問に答えよ。

〔 15 点 〕

(1)　この気体が理想気体であるとして、容器の内容積を求めよ。

(2)　対応状態原理に基づいて、この実在気体の対臨界温度T_rおよび対臨界圧力p_rを計算し、下の一般化z線図を用いて容器の内容積を求めよ。ただし、この気体の臨界温度T_cは406 K 、臨界圧力p_cは11.3 MPa とする。

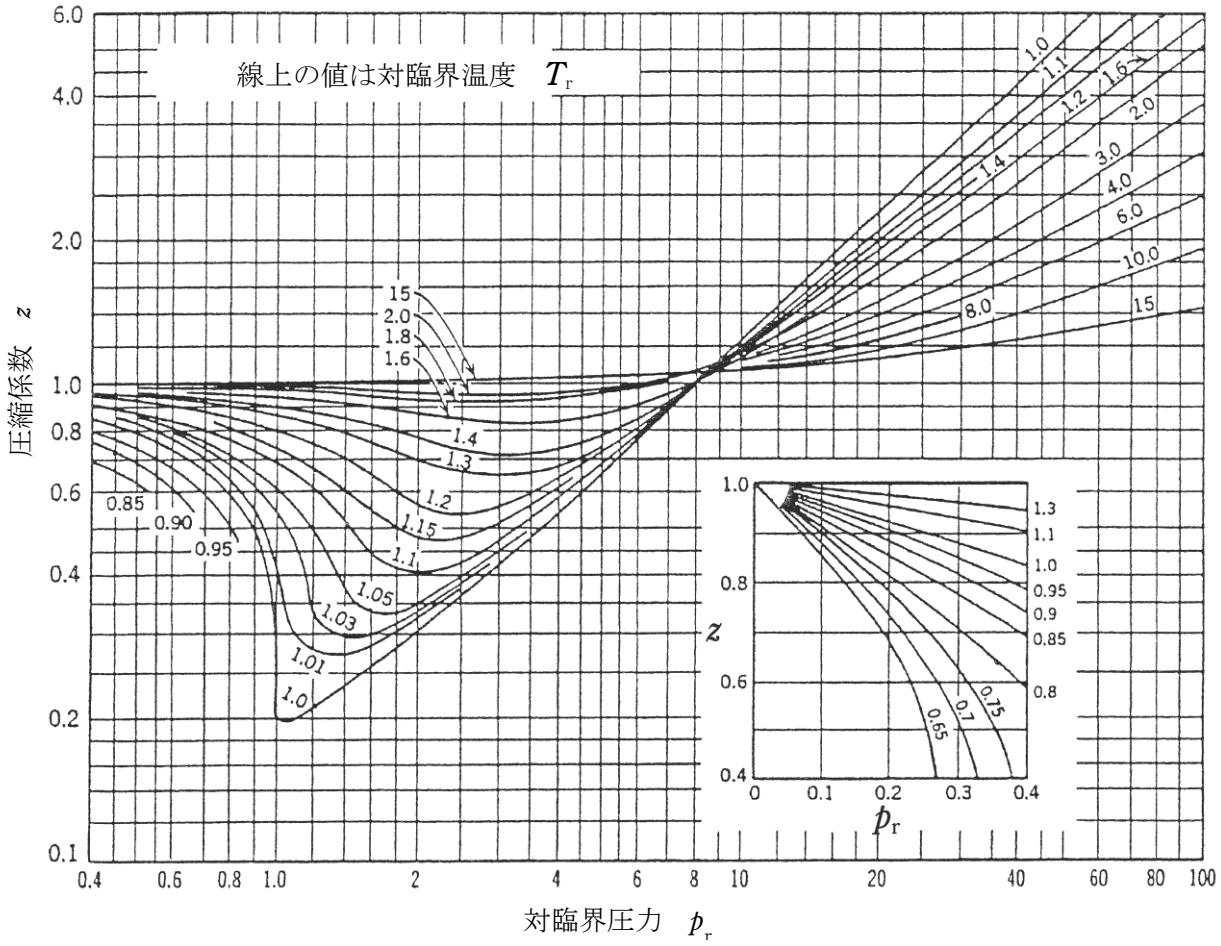


図　一般化z線図

問3　反応のエンタルピー変化$\Delta_r H^\circ$と反応のエントロピー変化$\Delta_r S^\circ$は、温度によらずほぼ一定とみなせるので、反応のギブズエネルギー変化$\Delta_r G^\circ$を温度に対してプロットすると、傾きが$(-\Delta_r S^\circ)$、y切片が$\Delta_r H^\circ$の直線となり、次式を用いて任意の温度における$\Delta_r G^\circ$を求めることができる。

$$\Delta_r G^\circ = \Delta_r H^\circ - T\Delta_r S^\circ \qquad ①$$

ただし、記号の肩の$^\circ$は標準状態圧力(標準大気圧)の状態であることを示す。

また、圧平衡定数K_pと反応のギブズエネルギー変化$\Delta_r G^\circ$の間には次の関係式が成り立つとする。

$$-\Delta_r G^\circ = RT\ln K_p \qquad ②$$

次のアンモニア合成反応について、以下の問に答えよ。

$$N_2(g) + 3H_2(g) \rightarrow 2NH_3(g)$$

ただし、標準状態(298.15 K、101.3 kPa)でのアンモニア合成反応の標準エンタルピー変化$\Delta_r H^\circ$と標準エントロピー変化$\Delta_r S^\circ$は、次のように与えられている。

$$\Delta_r H^\circ = -91.8\ \mathrm{kJ/mol}$$

$$\Delta_r S^\circ = -0.198\ \mathrm{kJ/(mol\cdot K)}$$

また、必要であれば、以下の値を用いよ。なお、$\ln X = 2.303\log_{10} X$である。

$10^{0.45} = 2.82$、$10^{0.59} = 3.89$、$10^{0.73} = 5.37$、$10^{0.87} = 7.41$、$10^{0.98} = 9.55$

〔 15 点 〕

(1)　アンモニア合成で圧平衡定数K_pが1となるときの温度T^*を求めよ。

(2)　温度298.15 Kにおける反応のギブズエネルギー変化$\Delta_r G^\circ$を求めよ。また、このときの圧平衡定数K_pを求めよ。

(3)　温度T、全圧pで、この反応が平衡にあるとき、アンモニアのモル分率をxとして、N_2、H_2およびNH_3の分圧をそれぞれxとpを用いて表せ。ただし、反応開始前のN_2とH_2の体積比は1：3とする。

(4)　(3)の結果より、圧平衡定数K_pをxとpを用いて表せ。

(5)　アンモニアの合成は工業的には高温高圧下で行われている。この理由を平衡と反応速度の観点から説明せよ。

問4　次に示す2種の物質について、それぞれの性質、用途、工業的製造法における原料および製造プロセス(化学反応とその触媒、プロセスの特徴など)を解答欄に簡潔に記せ。

〔 20点 〕

物　質	アセチレン	ホスフィン
性　質		
用　途		
工業的製造法における原料および製造プロセス		

問５　温度25℃、標準大気圧下で、エタンとプロパンを体積比が4：1になるように混合した。この混合気体について、以下の問に答えよ。ただし、空気中の酸素濃度は21vol％とする。

〔 15 点 〕

(1)　この混合気体が完全燃焼するときの燃焼熱（真発熱量）Q_cを求めよ。ただし、エタンおよびプロパンの燃焼熱は、それぞれ 1430kJ/mol および 2040kJ/mol とする。

(2)　この混合気体と空気を容器内に充填する。容器内で完全燃焼するために必要な最少空気量（空気の体積分率［vol％］）を求めよ。

(3)　エタンの爆発下限界が3.0vol％のとき、この混合気体の爆発下限界を求めよ。ただし、爆発下限界Lと燃焼熱Q_cの間には以下のバージェス－ホイーラーの法則が成り立つとする。

$$L \times Q_c = K\text{（定数）}$$

問６　次の問に答えよ。

〔 20 点 〕

(1)　蒸気爆発が起こるメカニズムと特徴を説明せよ。また、蒸気爆発事故に至るシナリオの例を１つ示せ。

(2)　発火温度の測定方法には、断熱圧縮法、流動法、ボンベ法、衝撃波管法などがあるが、得られる値が方法によって異なる。なぜ測定方法によって値が異なるかを熱発火理論の観点から説明せよ。