

令和9年度

理 学 部

化学生物環境学科 化学コース

第3年次編入学者選抜学力試験問題

化 学

令和8年6月6日(土)

10:00～11:30

注 意

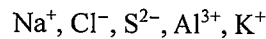
1. 出題されている試験問題（Ⅰ～Ⅲ）すべてに解答すること。
2. 総ページ数———7ページ
問題ページ———第2及び第4～第7ページ
（第1, 第3ページは白紙）
3. 試験問題ごとに別添の解答用紙に解答を記入すること。
解答用紙が不足した人は手をあげてその旨を試験監督者に告げ, 必要枚数の解答用紙を受け取ること。なお, 解答用紙を追加した場合は, 解答用紙の上方に問題番号を書くこと。
4. 解答用紙の枠外には何も記入しないこと。
5. 計算機および携帯電話は使用しないこと。
6. 試験終了後, この問題冊子と下書き用紙は持ち帰ること。

I 問1～問4の設問に答えよ。

問1 以下の化合物について、水溶液中における酸として強いものから順に並べ、その理由を説明せよ。

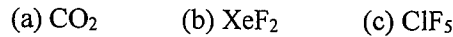


問2 以下のイオンについて、イオン半径の小さいものから順に並べ、その理由を説明せよ。



問3 化合物の構造に関する、以下の設問(1)および(2)に答えよ。

(1) 以下の化合物について、ルイス構造を描け。

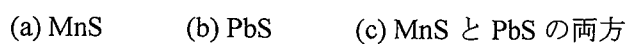


(2) 原子価殻電子対反発モデル(VSEPRモデル)に基づき、上記(1)の化合物の形を立体構造がわかるように描き、その形を表す名称を答えよ。また、中心原子に非共有電子対がある場合は、その方向も図示せよ。

問4 硫化水素 H₂S は、常温で気体であるが水に溶解し、二塩基酸の弱酸としてふるまう。また、各種の重金属イオンと反応し、難溶性の硫化物の沈殿を生じることがある。これについて、以下の設問(1)および(2)に答えよ。

(1) 0.30 mol L⁻¹ 塩酸に H₂S ガスを十分に吹き込んだときの飽和溶液について、S²⁻の濃度 [S²⁻] を有効数字2桁で求めよ。ただし、H₂S の濃度 [H₂S] はその溶解度に等しく 0.10 mol L⁻¹ とし、逐次酸解離定数は $K_{a1} = 1.0 \times 10^{-7}$ mol L⁻¹ および $K_{a2} = 1.0 \times 10^{-15}$ mol L⁻¹ とする。

(2) 上記(1)の溶液が、 1.0×10^{-3} mol L⁻¹ の Mn²⁺ と Pb²⁺ を含む場合、硫化物の沈殿が生じた。このとき、生じた沈殿は以下のどれであるか答えよ。またその理由を、沈殿が生じはじめる [S²⁻] を有効数字2桁で求めて説明せよ。ただし、MnS および PbS の溶解度積をそれぞれ $K_{sp}(\text{MnS}) = 8.0 \times 10^{-14}$ および $K_{sp}(\text{PbS}) = 8.0 \times 10^{-28}$ とする。



II 問1および問2の設問に答えよ。

問1 1 mol の実在気体に対するファンデルワールスの状態方程式は式①で表される。

$$\left(P + \frac{a}{V_m^2}\right)(V_m - b) = RT \quad \dots\dots\dots \text{①}$$

ここで、 P は圧力、 V_m はモル体積、 T は絶対温度、 R は気体定数、 a および b は気体の種類に固有の定数（ファンデルワールス定数）である。

実在気体は、十分に希薄な極限において理想気体の挙動に近づく。したがって、 V_m が無限大に近づく極限においては、圧縮因子 $Z (= PV_m / RT)$ は1に収束する。この圧縮因子 Z を V_m の逆数についてべき級数展開したものは、次式のビリアル方程式②で表される。

$$Z = 1 + \frac{B}{V_m} + \frac{C}{V_m^2} + \dots\dots\dots \text{②}$$

ここで、 B および C は、それぞれ第2ビリアル係数、第3ビリアル係数を表す。このとき、設問(1)および(2)に答えよ。

(1) 式①における定数 a および b の物理的意味について説明せよ。

(2) 式①で表されるファンデルワールス気体に対して、式②の第2ビリアル係数 B を a , b , R , T で表せ。ただし、必要に応じて、次の級数展開の公式を用いてもよい。

$$(1-x)^{-1} = 1 + x + x^2 + x^3 + \dots\dots$$

II のつづき

問2 次の文章を読んで、設問(1)～(3)に答えよ。式の誘導および計算過程を示し、数値は有効数字2桁で答えよ。ただし、気体定数 $R = 8.3 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$ とし、必要に応じて $\ln 2 = 0.69$, $\ln 3 = 1.1$, $\ln 5 = 1.6$ を用いよ。

内部エネルギー U の微小変化 dU は、熱力学第一法則により、系にされた仕事を dw 、系に熱として流入したエネルギーを dq とすると、 $dU = \boxed{\text{ア}}$ で表される。また、系の圧力 P と等しい外圧のもとで、体積 dV の可逆膨張が起こるとき、系にされた仕事は、 $dw = \boxed{\text{イ}}$ で表される。エントロピー S の微小変化 dS は、系に可逆的に流入した熱 dq_{rev} と T を用いて、 $dS = \boxed{\text{ウ}}$ と表すことができる。

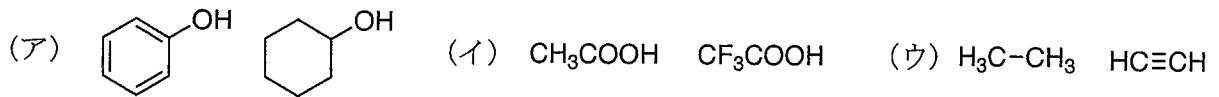
$n \text{ mol}$ の理想気体を一定温度 T において、体積 V_1 から V_2 まで等温可逆膨張させた場合、このときの系にされた仕事 w は、 n , V_1 , V_2 , T , R を用いて、 $w = \boxed{\text{エ}}$ と表される。エントロピー変化 ΔS は n , V_1 , V_2 , R を用いて、 $\Delta S = \boxed{\text{オ}}$ と表すことができる。

また、系のエンタルピー H は、内部エネルギー U 、圧力 P 、体積 V を用いて、 $H = \boxed{\text{カ}}$ と定義されるので、圧力一定の条件下におけるエンタルピーの微小変化 dH は、 $dH = \boxed{\text{キ}}$ となる。したがって、系のエンタルピー変化 dH と系に入る熱量 dq の関係は $\boxed{\text{ク}}$ となる。

- (1) 文章中の $\boxed{\text{ア}}$ ～ $\boxed{\text{ク}}$ に入る適切な式を記せ。
- (2) 1.0 mol の理想気体を 300 K において等温可逆的に膨張させたところ、体積が5倍に増大した。このとき、系にされた仕事と外界から系に流入した熱量を求めよ。
- (3) 体積 2.0 L の容器 A と体積 8.0 L の容器 B が仕切り板で区切られて接続されている。容器 A に 300 K の 1.0 mol の理想気体を入れ、容器 B 内は真空である。両容器と外部との間には熱の出入りはない。仕切り板を取り除くと、気体は容器 A と B 全体に自発的に広がった。このとき、気体の内部エネルギー変化、エンタルピー変化、およびエントロピー変化を求めよ。

III 問1～問6の設問に答えよ。

問1 以下の化合物の組 (ア) ~ (ウ) それぞれについて pK_a が小さい方を答えよ。



問2 分子式 $\text{C}_4\text{H}_8\text{Cl}_2$ で表される化合物のうち, (a) および (b) の構造をすべて答えよ。

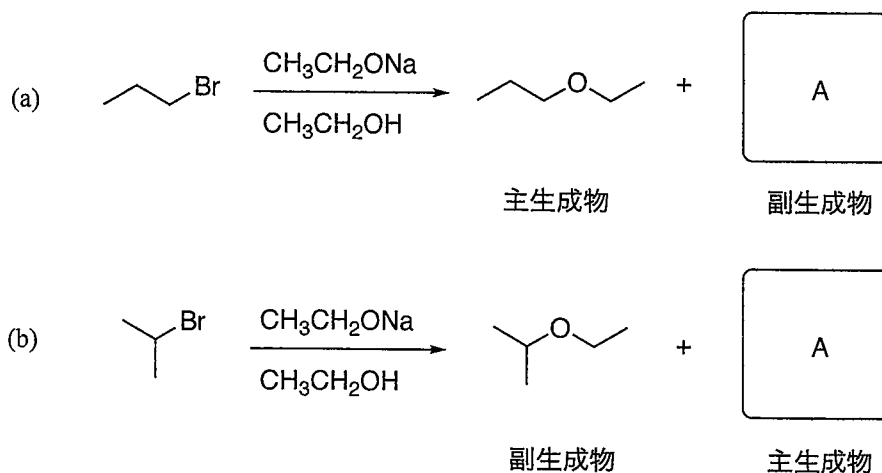
- (a) 不斉炭素を一つだけもつ R 体の化合物
 (b) メソ化合物

問3 シクロアルカンに関する以下の設問 (1) および (2) に答えよ。

(1) シクロヘキサンが平面構造ではなくいす形配座をとる理由を説明せよ。

(2) 同じ質量のシクロヘキサンとシクロプロパンを完全燃焼させたとき, 発生する熱量はどちらが大きいか理由とともに答えよ。

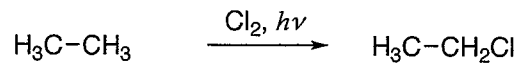
問4 次の反応 (a) ではエーテルが主生成物になるのに対して反応 (b) では化合物 A が主に得られる。化合物 A の構造を答えよ。また反応 (b) において化合物 A が主生成物になる理由を説明せよ。



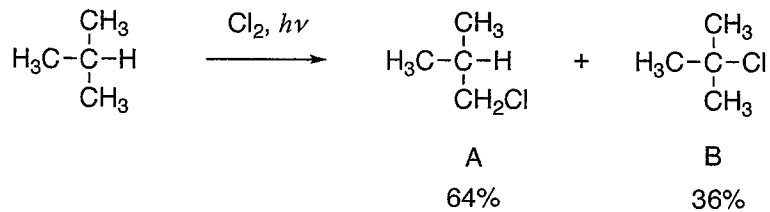
IIIのつづき

問5 光によるラジカル反応に関する以下の設問 (1) および (2) に答えよ。

(1) 次に示すエタンの光による塩素化の反応機構を示せ。



(2) 次の式に示した光による塩素化反応において、一つだけ塩素化された生成物 A および B の比率が単純な反応点の数だけを考えただけの場合の 9:1 にならない理由を答えよ。



問6 次の反応の主生成物の構造を答えよ。(c) については生成物の立体化学も示せ。

