

岡山大学大学院自然科学研究科
博士前期課程
物質生命工学専攻
物質応用化学系

平成23年度入学学力試験問題
専門科目 物理化学

(注意)

- 各解答用紙の全てに受験番号と氏名を記入のこと。
- 解答用紙は各問題1枚である。用紙が足りなくなった場合には、それぞれの解答用紙の裏面を使用すること。
裏面を使用する際には、おもて面の解答記入欄に相当する範囲内に解答すること。

平成23年度入学学力試験問題

専門科目 物理化学

本試験では、基本物理定数は以下の値とする。

Plank 定数	$h = 6.63 \times 10^{-34} \text{ Js}$
Avogadro 定数	$N_A = 6.02 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$
気体定数	$R = 8.31 \text{ JK}^{-1}\text{mol}^{-1}$ $= 0.0831 \text{ L bar K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$
重力加速度	$g = 9.81 \text{ m s}^{-2}$

物理化学

問題 1

(60点)

問1 分子量 16.0 のある物質 1.00 mol について、温度 170 K での圧力と体積の関係を測定したところ、右図に示す結果が得られた。次の(1)~(4)に答えよ。

- (1) A 点での圧縮因子 Z を求め、有効数字 2 桁で記せ。
- (2) 理想気体の場合、圧縮因子 Z はいくらになるか。また、(1)で求めた値がこの値と異なる場合はその理由を記せ。
- (3) B 点のとき、この物質が液体として何 mol 存在しているかを求め、有効数字 2 桁で記せ。
- (4) 30 bar, 170 K のとき、この物質の液体の密度は何 g cm^{-3} を求め、有効数字 2 桁で記せ。ただし、この物質の融点は 170 K より低いものとする。

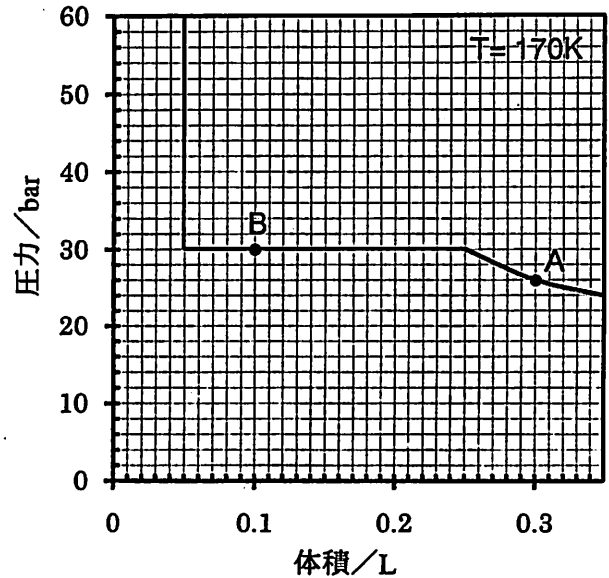


図 分子量 16.0 のある物質 1.00 mol の 170 K での圧力と体積の関係

問2 He が 1 L の容器 A に、Ar が 5 L の容器 B に、同じモル数だけ入って、気体状態で存在している。この場合、He の根平均 2 乗の速さは Ar の根平均 2 乗の速さの 3 倍であった。次の(1)および(2)に答えよ。ただし原子量は、He = 4.0, Ar = 40.0 とし、両気体は理想気体としてふるまうものとする。

- (1) 容器 A の内壁の単位面積あたりに毎秒衝突する He 原子数は、容器 B の内壁の単位面積あたりに毎秒衝突する Ar 原子数の何倍になるかを求めよ。
- (2) 容器 A 内の圧力は容器 B 内の圧力の何倍かを求めよ。

物理化学

問題 2

(40点)

- 問 1 熱容量とは何かを説明せよ。
- 問 2 理想気体のモル定圧熱容量 \bar{c}_p とモル定積熱容量 \bar{c}_v との差が気体定数 R となることを、式を用いて説明せよ。なお、式中で使用した記号の意味も示すこと。
- 問 3 定圧における 1) 相変化に伴うエントロピー変化および 2) 温度変化に伴うエントロピー変化を求める式をそれぞれ示せ。なお、式中で使用した記号の意味も示すこと。
- 問 4 ある物質の相変化が融解と蒸発のみである場合、その物質の気体状態での温度 T におけるエントロピーの求め方を、式を用いて説明せよ。なお、式中で使用した記号の意味も示すこと。

物理化学

問題 3

(50点)

溶媒 A と少量の不揮発性の溶質 B からなる溶液における束一的性質について以下の問に答えよ。

問 1 以下の文章の () の中に適切な言葉を記入せよ。

束一的性質とは、溶質 B の (ア) に共通した依存性をもつが、溶質 B の粒子の (イ) には依存しない希薄な溶液の性質である。

問 2 「蒸気圧降下」は束一的性質である理由を Raoult の法則から説明せよ。

問 3 図は、溶媒 A の純粋な液体と気体 (蒸気)、それぞれの化学ポテンシャル μ_A と温度 T の関係である。この図を用いて、液体 A に溶質 B を溶解させると「沸点上昇」の現象が見られることを説明せよ。

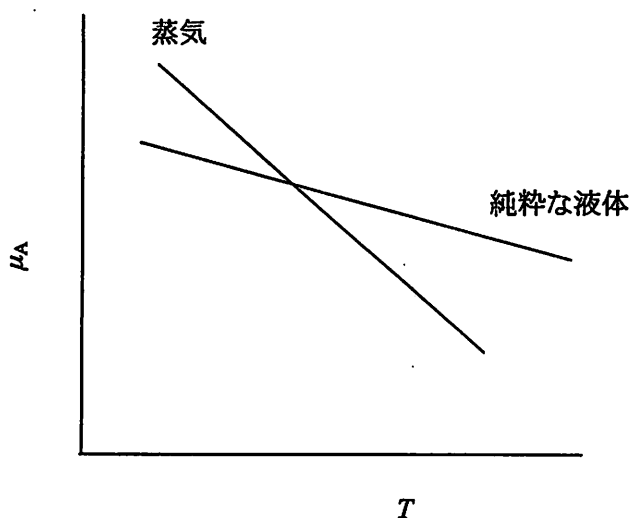


図 溶媒 A の化学ポテンシャル μ_A と温度 T の関係

問 4 「蒸気圧降下」および「沸点上昇」以外の 2 つの束一的性質の名称とその内容を、式と共に説明せよ。なお、式中使用した記号の意味も示すこと。

物理化学

問題 4

(50点)

問1 (1) 以下の文章の中の (①) ~ (⑥) に適切な式を入れよ。

表面張力の測定方法には、滴重法、垂直板法、円環法などいくつかあるが、毛細管法もその1つである。液体に毛細管を垂直に入れる場合を考える。液体が管壁にくっつく場合、つまり管壁が濡れる場合、管壁には液体の薄膜が存在する。この系では、表面張力による表面自由エネルギーの減少と、管内の液体の上昇による自由エネルギーの増加が考えられ、系全体の自由エネルギーが最小となることで平衡に達する。液面が dl だけ上昇すると液体薄膜の表面積の減少は (①) で、表面エネルギーの減少は (②) である。液体を高さ dl だけ持ち上げることによる自由エネルギーの増加分は、 dl だけ上昇した液体の体積 (③) を液面からの高さ l まで持ち上げる力学的エネルギーから計算でき (④) となる。(②) と (④) がつりあうことから、(⑤) が成り立つ。この式から表面張力 γ は (⑥) と計算できる。ただし、液体の密度を ρ 、管の半径を r とする。

(2) 毛細管法において、液体が管壁にくっつかない場合、つまり管壁が濡れない場合、毛細管周囲の液面と毛細管内のメニスカスの位置および形について、その概略を解答用紙の図中に記入せよ。

問2 ある物質が気体から液体へ凝縮する場合、生じる液滴に関する以下の問いに答えよ。ただし、この物質のモル質量を M 、この物質の液体の密度を ρ 、表面張力を γ とする。

- (1) 生じる液滴について微少量 dn だけモル量が増えた場合、半径が r から $r+dr$ に増加するとし、 dr を dn の関数として表せ。
- (2) この物質 dn モルが液体内部にある状態から半径 r の液滴へと移った場合の自由エネルギー変化を求めよ。ただし、その液滴の平衡蒸気圧は P 、液体の標準蒸気圧は P_0 とする。
- (3) 液滴の半径が r から $r+dr$ に増加することによる表面積の増加分の力学的エネルギーと、半径の増加により dn モルだけ液滴において増えた自由エネルギー変化がつりあうことから、その液滴と平衡にある蒸気圧 P と液体の標準蒸気圧 P_0 との比 $\ln P/P_0$ を求めよ。ただし、表面積の増加分において $(dr)^2$ 以下の項は無視できるものとする。
- (4) (3)の結果から、気体の凝縮過程における過飽和の現象を説明せよ。