

תרמודינאמיקה - תרגיל כיתה מספר 11

1. משוואת המצב האוניברסאלית עבור גז ואן דר וואלס הינה:

$$P^*(T^*, \bar{V}^*) = \frac{8}{3} \frac{T^*}{\bar{V}^* - \frac{1}{3}} - \frac{3}{(\bar{V}^*)^2}$$

כאשר עבור $T^* = 0.9$ נתון $\bar{V}_\ell^* = 0.6$, $\bar{V}_g^* = 2.24$, $P_{g\ell}^* = 0.66$.

כמו כן, האנרגיה החופשית של הלמהולץ עבור גז ואן דר וואלס ניתנת על ידי:

$$\bar{A}(T, \bar{V}) = \bar{A}_0(T) - RT \ln(\bar{V} - b) - \frac{a}{\bar{V}}$$

א. מה הביטוי האוניברסאלי (בעזרת P^* , \bar{V}^*) של האנרגיה החופשית של הלמהולץ?

$$A^* = \frac{b}{a} \bar{A}$$

ב. מה הם הנפחים (והלחצים המתאימים) של הנקודות הסטציונאריות של משוואת המצב

$$T^* = 0.9 ?$$

ג. בעזרת הנתונים ותוצאות הסעיף הקודם, ציירו את גרף $P(\bar{V})$ ב $T^* = 0.9$.

ד. בחרו נקודה (לחץ ונפח מתאימים) בתחום המטאסטבילי והראו שהאנרגיה של גז ואן דר

וואלס בנקודה זו גבוהה מהאנרגיה שהייתה לו נפרד לנוזל ולגז.

2. הראו שעבור חומר טהור לא יתכן שיווי משקל בין יותר משלוש פאזות. הראו שבמרחב הפאזות,

שתי פאזות מפורדות על ידי קו (פונקציה פרמטרית) המגדיר תלות פרמטרית בין שני משתנים תרמודינאמיים.

3. כמה פאזות יכולות להיווצר במערכת בת שלושה מרכיבים שיכולים להגיב ביניהם באופן יחיד?

4. מהו השינוי בנקודת הרתיחה של מים ב- 100°C לכל שינוי של 1 Pa בלחץ האטמוספרי?

נתון: ב- 100°C וב- 1.01325 bar

$$\Delta \bar{H}_{\text{H}_2\text{O}(l) \rightarrow \text{H}_2\text{O}(g)} = 40.69 \text{ kJ mol}^{-1}$$

$$\bar{V}_{\text{H}_2\text{O}(l)} = 0.019 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3 \text{ mol}^{-1}; \bar{V}_{\text{H}_2\text{O}(g)} = 30.199 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3 \text{ mol}^{-1}$$

5. מהי טמפרטורת הרתיחה של מים בגובה 2 ק"מ מעל פני הים?

הניחו כי מתקיימת המשוואה הברומטריית $P = P^\circ e^{\frac{-gMh}{RT}}$ כאשר

$$M = 0.0289 \frac{\text{Kg}}{\text{mole}}$$

$$T_{2km} = 300 \text{ K}$$

אנטלפיית האידוי המולרית של המים אינה תלויה בטמפרטורה וערכה

$$\Delta \bar{H}_{H_2O(l) \rightarrow H_2O(g)} = 44.0 \text{ kJ mol}^{-1}$$

6. חשבו מהו השינוי הנדרש בלחץ כדי לשנות את טמפרטורת הקיפאון של מים ב-1°C. נתון כי ב-0°C

חום ההיתוך של קרח הינו $\Delta \bar{H}_{H_2O(s) \rightarrow H_2O(l)} = 333.5 \text{ J gr}^{-1}$ וצפיפות המים הינה

$$\rho_{H_2O(s)} = 0.9168 \frac{\text{gr}}{\text{cm}^3} \quad \text{וצפיפות הקרח הינה} \quad \rho_{H_2O(l)} = 0.9998 \frac{\text{gr}}{\text{cm}^3}$$

שאלה (מספר 4) ממבחן מועד א' תשס"ח

7. נקודת הרתיחה הנורמאלית של אבץ הינה ב-1173K וחום האיזוי בטמפרטורה זו הינו $\Delta H = 27.4 \text{ kcal / mol}$. נתון כי אדי האבץ מתנהגים כגז אידיאלי כאשר האנתלפיה של הגז נתונה

$$H(g) = H(g, 1173K) + \frac{5}{2} R(T - 1173) \text{ ע"י}$$

$$H(l) = H(l, 1173K) + 7.1 \times 10^{-3} (T - 1173) + 0.55 \times 10^{-6} (T^2 - 1173^2)$$

(הטמפרטורה בקלווין והאנתלפיה ב-kcal/mol).

ענו על השאלות הבאות (ניתן להזניח את נפח הנוזל המולרי ביחס לגז):

א. מהו קיבול החום בלחץ קבוע ובנפח קבוע של הגז? (3 נק')

ב. מהו קיבול החום בנפח קבוע של הנוזל? (3 נק')

ג. מהו לחץ אדי האבץ ב-773K? (12 נק')

ד. מה הייתה התוצאה בסעיף ג' אילו הזנחתם את תלות חום האיזוי בטמפרטורה? (7 נק')

8. בתנאים סטנדרטיים, לקרח צפיפות 0.92 גרם למ"ל וחום התכה מולארי של 6009 ג'אול.

א. מה הטמפרטורה בה קופאים מים בלחץ 50 אטמוספרות?

אדם במשקל 70 ק"ג מחליק על קרח על גבי להב באורך 7.6 ס"מ ורוחב 0.25 מ"מ.

ב. מה טמפרטורת הקרח מתחת ללהב? מהו ההסבר לכך שהאדם מחליק?