

## תרמודינאמיקה – פתרון תרגיל מספר 5

1. א. החום הדרוש להמיס את כל הקרח הינו  $\Delta Q = L \cdot m = 6000 \frac{J}{mol} \cdot \frac{1}{18} \frac{mol}{g} \cdot 400g = 133200J$

לעומת זאת, אם נקרר את כל התה עד לטמפרטורה  $0^{\circ}C$  נקבל:

$$\Delta Q = C \cdot m \cdot \Delta T = 75 \frac{J}{K \cdot mol} \cdot \frac{1}{18} \frac{mol}{g} \cdot 600g \cdot 50K = 125000J$$

כלומר, במים לא אצורה מספיק אנרגיה כדי להמיס את כל הקרח. המצב הסופי של המערכת אם כן הוא מים וקרח בש"מ בתערובת ב  $0^{\circ}C$ .

ב. כמות הקרח שהותך מתקבלת ע"י שימוש בכל האנרגיה שהיתה אצורה במים וחלוקתו בחום

$$m = \Delta Q / L = \frac{125000J}{6000 \frac{J}{mol} \cdot \frac{1}{18} \frac{mol}{g}} = 376g$$

הסגולי של הקרח:  $376g$

השינוי הכולל באנטרופיה מתקבל מקירור המים ומהתכת הקרח  $\Delta S = \Delta S_{cool} + \Delta S_{melt}$  כאשר

$$\Delta S_{melt} = \frac{Q_{melt}}{T_{melt}} = \frac{125000J}{273K} = 457 \frac{J}{K}$$

$$dq_{cool} = C_p n dT = 75 \frac{J}{K \cdot mol} \cdot \frac{1}{18} \frac{mol}{g} \cdot 600g dT = 2500 \frac{J}{K} dT$$

$$\Delta S_{cool} = \int_{323}^{273} \frac{dq_{cool}}{T} = \int_{323}^{273} C_p n \frac{dT}{T} = 2500 \frac{J}{K} \ln\left(\frac{273}{323}\right) = -420 \frac{J}{K}$$

$$\Delta S = \Delta S_{cool} + \Delta S_{melt} = 37J / K$$

ובסה"כ  $37J / K$

2. נחשב תחילה את הטמפרטורה הסופית:

$$\Delta Q = C \cdot m \cdot \Delta T = (80g + 20g) \cdot 4.184 \frac{J}{K \cdot g} \cdot (T_f - 293)K = -2000g \cdot 0.140 \frac{J}{K \cdot g} \cdot (T_f - 373)K$$

$$T_f = \frac{122591.2J + 104440J}{418.4 \frac{J}{K} + 280 \frac{J}{K}} = 325K$$

נשתמש בחוק השני:

$$dq_p = C_p n dT$$

$$\Delta S = \int dS = \int_{T_1}^{T_2} \frac{dq}{T} = \int_{T_1}^{T_2} C_p n \frac{dT}{T} = C_p n \ln\left(\frac{T_2}{T_1}\right)$$

א. שינוי האנטרופיה של הכספית:  $\Delta S_{Hg} = 0.140 \frac{J}{K \cdot g} \cdot 2000g \ln\left(\frac{325K}{373K}\right) = -38.57 \frac{J}{K}$

ב. שינוי האנטרופיה של המים והקלורי מטר:

$$\Delta S_{H_2O+calorimeter} = 4.184 \frac{J}{K \cdot g} \cdot 100g \ln\left(\frac{325K}{273K}\right) = 43.37 \frac{J}{K}$$

ג. השינוי הכולל:  $\Delta S_{total} = \Delta S_{H_2O+calorimeter} + \Delta S_{Hg} = 43.37 \frac{J}{K} - 38.57 \frac{J}{K} = 4.8 \frac{J}{K}$

3. מתוך יחסי כמות החום הכסומה והקרח ויחסי קיבולי החום של שני החומרים נגזר כי  $T_2 < T_1$ , התקרת הקרח ויחסי החום הכסומה של האדרכת המוסיין בכסומה, מניב וקרת ב-  $0.2^{\circ}\text{C}$ .  
 נחשב מתוך הנתונים כמה מקרח הותר לחימום:

כמות החום שהכסומה איבדה:  $Q = 0.140 \frac{\text{J}}{\text{kg}} \cdot 100 \text{kg} \cdot (273\text{K} - 373\text{K}) = -14000 \text{J}$

כמות הקרח שהתמכת:  $14000 \text{J} = 5980 \frac{\text{J}}{\text{kg}} \cdot \frac{1}{18} \frac{\text{mol}}{\text{g}} \cdot M \Rightarrow M = 4.214 \text{kg}$

במקום שבו הקרח שהתמכת עבר החימום קטן מ-  $5980 \text{J/kg}$  ניתן להניח כי התמכת לפני האם' הסומה של המינימום הקרח. נחשב כמה מקרח נחשב את הנתונים הנפסקים:

האנרגיה שהשתנתה בכסומה:  $\Delta S = \int_{T_1}^{T_2} dS = \int_{T_1}^{T_2} \frac{C_M dT}{T} = C_M \ln \frac{T_2}{T_1} = 0.140 \frac{\text{J}}{\text{kg}} \cdot 100 \text{kg} \cdot \ln \left( \frac{273}{373} \right) = -4.37 \frac{\text{J}}{\text{K}}$

השינוי באנרגיית החום של הכסומה:  $\Delta U = C_M \cdot \Delta T = Q = -1.4 \text{kJ}$

2. השינוי הכולל האנטלפיה:

השינוי הכולל האנטלפיה מורכב משינוי האנטלפיה של הכסומה (מחום בלבד):

ושינוי האנטלפיה של הקרח שמתך לחום:

$\Delta S_{\text{total}} = \Delta S_{\text{כסומה}} + \Delta S_{\text{קרח}} = \Delta S_{\text{כסומה}} + \frac{Q_{\text{קרח}}}{T_2} = -4.37 \frac{\text{J}}{\text{K}} + \frac{14000 \text{J}}{273\text{K}} = 0.76 \frac{\text{J}}{\text{K}}$

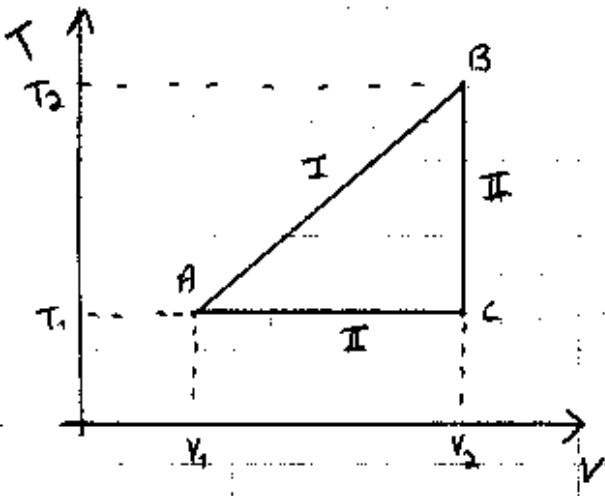
3. השינוי הכולל האנטלפיה החמה:

מאזינה לא התבצעה עבודה נכונה וכן שיהיו מנוגדת האנרגיה

או הנומולו תישאר בסביבה ולא תהיה התקנת החום של המנומולו

מתקבל כי לא היה שינוי באנרגיית החמה:  $\Delta U_{\text{total}} = 0 \text{J}$

\* החישוב עם הקלורטרי און בספר עם האפיקוריה של אנו המערה.



(4)  
 גזם אדיאטור  
 זגור שני האנליטי:

גזם II  
 החלק הניגוד בין A ל-B  
 זגור האנליטי  
 גזם כגור  
 $\Delta U = 0$

וכיון טרופיק  
 $\Delta U = q + w$

$q = -w$

$w = - \int_{V_1}^{V_2} P dV$

גזם אדיאטור

$= - \int_{V_1}^{V_2} \frac{RT}{V} dV = -RT \ln(V_2/V_1) \Rightarrow q = -w = +RT \ln(V_2/V_1)$

$\Delta S = \frac{q_{rev}}{T} = \frac{RT \ln(V_2/V_1)}{T} = R \ln(V_2/V_1)$

החלק השני הניגוד בין A ל-B  
 גזם אדיאטור

$dq = c_v dT$

$\Delta S = \int_{T_1}^{T_2} \frac{dq}{T}$   
 $= \int_{T_1}^{T_2} \frac{c_v dT}{T} = c_v \ln(T_2/T_1)$

גזם אדיאטור

$\Delta S_{II} = \Delta S_{AC} + \Delta S_{CB} = R \ln(V_2/V_1) + c_v \ln(T_2/T_1)$

נחשב את העבודה באמצעות  $W = \int PdV$

נחשב את העבודה באמצעות

$$dU = dq + dw = dq - PdV$$

כל מה שאנחנו רוצים

$$dU = C_v dT$$

$$C_v dT = dq - PdV \quad | + PdV$$

המשוואה

$$dq = C_v dT + PdV$$

נחשב את  $dS$

$$dS = \frac{dq}{T} = \frac{C_v dT}{T} + \frac{PdV}{T}$$

$$P = \frac{RT}{V} \quad \text{כל מה שאנחנו רוצים}$$

כל

$$dS = \frac{C_v dT}{T} + \frac{RT}{V \cdot T} dV = \frac{C_v dT}{T} + \frac{R}{V} dV$$

כאשר  $T$  הוא פונקציה של  $V$

המשוואה

$$\frac{T_2 - T_1}{V_2 - V_1} = \frac{T_2 - T_1}{V_2 - V_1}$$

$$T = \underbrace{\frac{T_2 - T_1}{V_2 - V_1}}_a \cdot V + \underbrace{T_1 - V_1 \frac{T_2 - T_1}{V_2 - V_1}}_b$$

המשוואה

$$T = aV + b$$

$$dT = a dV$$

נחשב את  $dS$

$$dS = \frac{C_v \cdot a dV}{aV + b} + \frac{R}{V} dV$$

כל מה שאנחנו רוצים

$$\Delta S = \int_{V_1}^{V_2} dS = \int_{V_1}^{V_2} \frac{C_v a dV}{aV + b} + \frac{R}{V} dV$$

$$= C_v a \ln \left( \frac{aV_2 + b}{aV_1 + b} \right) + R \ln \frac{V_2}{V_1}$$

$$\Delta S_T = C_v \ln \left( \frac{T_2/T_1}{V_2/V_1} \right) + R \ln \left( \frac{V_2}{V_1} \right) \rightarrow \text{כל מה שאנחנו רוצים}$$

5. עבור גז אידיאלי :

$$dq = C_v dT + PdV = C_v dT + \frac{nRT}{V} dV$$

$$dS = \frac{dq}{T} = C_v \frac{dT}{T} + \frac{nR}{V} dV$$

$$\Delta S = \int (C_v \frac{dT}{T} + \frac{nR}{V} dV) = \int_{T_1}^{T_2} C_v \frac{dT}{T} + \int_{V_1}^{V_2} nR \frac{dV}{V} = C_v \ln\left(\frac{T_2}{T_1}\right) + nR \ln\left(\frac{V_2}{V_1}\right)$$

$$C_v = \frac{3}{2} nR$$

$$\Delta S = nR \left( \frac{3}{2} \ln\left(\frac{T_2}{T_1}\right) + \ln\left(\frac{V_2}{V_1}\right) \right)$$

$$\Delta S = 2 \text{mole} \cdot 8.314 \frac{\text{J}}{\text{K} \cdot \text{mole}} \left( \frac{3}{2} \ln\left(\frac{298}{250}\right) + \ln\left(\frac{10}{20}\right) \right) = -7.14 \frac{\text{J}}{\text{K}}$$

6 הפתרונות הם :

א.  $\Delta S < 0$ ב.  $\Delta S > 0$ ג.  $\Delta S > 0$ ד.  $\Delta S < 0$ ה.  $\Delta S < 0$ ו.  $\Delta S > 0$ ז.  $\Delta S < 0$ ח.  $\Delta S > 0$