

## 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 כך 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 הסגולי

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

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

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

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

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

$$\Delta S = \Delta S_{cool} + \Delta S_{melt} = 37J/K \quad \text{ובסה"כ}$$

2.  $\Delta Q$

$$\Delta Q = 0 \quad \text{– תהליך אדיאבטי}$$

$$\Delta W = -P_{ex} \Delta V = 1.5 \cdot atm \cdot (101 \cdot 10^5 \frac{Pa}{atm}) \cdot 100.0cm^2 \cdot 15cm \cdot \left(\frac{1m^3}{10^6 cm^3}\right) = -227.2J$$

$$\Delta U = \Delta Q + \Delta W = -227.2J$$

$$\Delta U = nC_v \Delta T \Rightarrow \Delta T = \frac{\Delta U}{nC_v} = \frac{-227.2J}{1.5mol \cdot 28.8JK^{-1}mol^{-1}} = -5.3K$$

מכיון שהאנטרופיה היא פונקציית מצב אנחנו יכולים לחשב את שינוי באנטרופיה עבור דרך שונה עבור אותם

נקודות התחלה ונקודת סיום. דרך נוחה לפתור את הבעיה היא לחלק אותה לשני שלבים: קירור בנפח קבוע

והתפשטות איזותרמית:

$$\Delta S = \Delta S_1 + \Delta S_2 = nC_v \int_{T_i}^{T_f} \frac{dT}{T} + RT \int_{V_i}^{V_f} \frac{dV}{V} = nC_v \ln\left(\frac{T_f}{T_i}\right) + nR \ln\left(\frac{V_f}{V_i}\right)$$

$$T_f = 288.15K - 5.26K = 282.9K$$

$$V_i = \frac{nRT}{P_i} = \frac{1.5mol \cdot 8.206m^3 \cdot atm \cdot K^{-1}mol^{-1} \cdot 288.2K}{9.0atm} = 3.942m^3$$

$$V_f = 3.942m^3 + 100cm^2 \cdot 15cm \cdot \left(\frac{m^3}{1000cm^3}\right) = 3.942 + 1.5 = 5.44m^3$$

$$\Delta S = 1.5mol \cdot \left\{ 28.8JK^{-1}mol^{-1} \ln\left(\frac{282.9}{288.2}\right) + 8.314JK^{-1}mol^{-1} \ln\left(\frac{5.44}{3.942}\right) \right\} = 3.2JK^{-1}$$

.3

3. מתוך נתוני כמות הבכסות והקרח ונתני קיבולי התבוס של שני החומרים  
 נמח ט מן הלק, מתקרת היתק וזי התבוס הסוסי של התדכרת המולוסין  
 בכסות, מעט וקרת כ- 0.2 \*  
 נחשב מתוך הנתון כי כמה מקרח היתק לחומר:

כמות התבוס שהבכסות אובדת:  $Q = 0.140 \frac{J}{K \cdot g} \cdot 100g \cdot (273K - 323K) = -1400J$

כמות הקרח שהתבסת:  $1400J = 5580 \frac{J}{mol} \cdot \frac{1}{18} \frac{mol}{g} \cdot M \Rightarrow M = 4.214g$

כמה שמתקרת החומר שהתבסת דעתי היותם קרם מ- 99g נתן להחלט כי התבסת  
 לפני האם' הסוסי של התדכרת תבסת.

נחשב כמה לחשב את הנתון המסוסי:  
של שני החומרים בכסות:

$$\Delta S = \int_{T_1}^{T_2} \frac{dQ}{T} = \int_{T_1}^{T_2} \frac{C_M dT}{T} = C_M \int_{T_1}^{T_2} \frac{dT}{T} = C_M \cdot \ln\left(\frac{T_2}{T_1}\right) = 0.140 \frac{J}{K \cdot g} \cdot 100g \cdot \ln\left(\frac{273}{323}\right) = -4.37 \frac{J}{K}$$

השטח שלמת התמחת של הכסות:  $\Delta U = C_M \cdot \Delta T = Q = -1.4kJ$

2. השנוי הנתני באנטרוסיה:

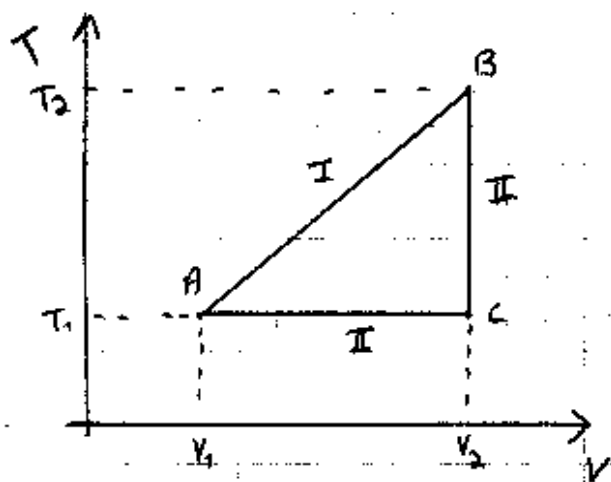
השנוי הנתני באנטרוסיה מוכח משנוי האנטרוסיה של הכסות (הנתון בספר)  
 וישנו האנטרוסיה של הקרח שמתק לחומר:

$$\Delta S_{total} = \Delta S_{כסות} + \Delta S_{הקרח} = \Delta S + \frac{Q_{הקרח}}{T} = -4.37 \frac{J}{K} + \frac{1400J}{273K} = 0.76 \frac{J}{K}$$

3. השנוי הנתני באנטרוסיה התמחת:

התדכרת לא התבסת עלולת נסת וכמה שהנו התדכרת חומר  
 בו הנתוסי חוסם הסוסי ולכן מתק היתק הנתון של התמחתות  
התקם כי לא היה שנוי באנטרוסיה התמחת של התדכרת ההקרח:  $\Delta U_{total} = 0J$

\* התבוס של הקרחוסי מן הפתח של האנטרוסיה של החומר.



(4)

נתון א - הפני באנטרופיה  
עזר שני האנטרופיה:

גוף II

החלק א הגוף בין A ל-B  
זוהי התהליך אנטרופיה  
גוף כשר:  $\Delta U = 0$   
וכיון טמפרטורה

$$\Delta U = q + w$$

$$q = -w$$

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

נתון א - אנטרופיה

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

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

החלק ב הגוף א הגוף בין B ל-C  
זוהי תהליך אנטרופיה קבוע

$$dq = c_v dT$$

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

אנטרופיה באנטרופיה עזר גוף II

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

: I Work done by gas → work

work done → work

$$du = dq + dw = dq - pdv$$

work done

$$du = c_v dT$$

$$c_v dT = dq - pdv \quad / + pdv$$

work

$$dq = c_v dT + pdv$$

: ds → work

$$ds = \frac{dq}{T} = \frac{c_v dT}{T} + \frac{pdv}{T}$$

$$p = \frac{RT}{V} \quad \text{work done by gas}$$

↓

$$ds = \frac{c_v dT}{T} + \frac{RT}{VT} dv = \frac{c_v dT}{T} + \frac{R}{V} dv$$

: V → T → work done by gas

work done

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

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

work

$$T = av + b$$

$$dT = a dv$$

: ds → work done

$$ds = \frac{c_v \cdot a dv}{av + b} + \frac{R}{V} dv$$

work done by gas

$$\Delta S = \int ds = \int_{V_1}^{V_2} \frac{c_v a dv}{av + b} + \frac{R}{V} dv$$

$$= c_v \ln \left( \frac{av_2 + b}{av_1 + b} \right) \cdot \frac{1}{a} + R \ln \frac{V_2}{V_1}$$

$$\Delta S_T = c_v \ln (T_2/T_1) + R \ln (V_2/V_1) \rightarrow \text{work done by gas } \Delta S = 0 \text{ work}$$

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.  $\Delta S > 0$