# כימיה פיזיקלית

## פרק 5 - תרמודינמיקה

### תוכן העניינים

1. תרמודינמיקה ..... 1

# תרמודינמיקה

## שאלות

**1)** 2.5 מול של מים מתאדים בנקודת הרתיחה שלהם בלחץ של $1.000\,atm$. המים נמצאים בגליל עם בוכנה, והאידוי מתרחש עקב חימום המערכת. הבוכנה נעה ללא חיכוך, כך שהלחץ הפנימי נשאר קבוע.
מהי העבודה שנעשתה?

**2)** גז אידיאלי, בלחץ $1atm$ וטמפרטורה של $30°C$, מתפשט נגד לחץ חיצוני של $0.3atm$ לתוך כלי שנפחו 2.5 ליטר.
כמה עבודה מבצע הגז?

**3)** גז חומם בכלי עם בוכנה על ידי קבלת חום של $7000\,J$. הגז התפשט כנגד לחץ חיצוני של $750\,torr$, ונפח הכלי גדל מ- $700\,ml$ ל- $1450\,ml$.
מהו השינוי באנרגיה הפנימית של הגז?

**4)** $1.00\,mol$ של גז אידיאלי נמצא בכלי שנפחו 8 ליטר. הלחץ בכלי הוא $3atm$ והטמפרטורה היא $298\,K$. הגז מתפשט לנפח של 20.00 ליטר ולחץ $1.20\,atm$, בשני מסלולים שונים:
מסלול 1 – התפשטות איזותרמית הפיכה.
מסלול 2 – בשני שלבים:
שלב א – הגז מקורר בנפח קבוע עד שהלחץ יורד ל- $1.20\,atm$.
שלב ב – הגז מחומם ומושאר להתפשט כנגד לחץ קבוע של $1.20\,atm$, עד שנפחו מגיע ל 20.00 ליטר.
חשבו את $w, q, \Delta, U$ בכל אחד מהמסלולים.

**5)** מול אחד של גז אידיאלי מתפשט, תוך שמירה על טמפרטורת החדר, מנפח התחלתי של 1 ליטר לנפח סופי של 4 ליטר.
מצאו את העבודה שנעשתה
א. כנגד ואקום.
ב. כנגד לחץ חיצוני של $0.5\,atm$.


לפתרון מלא בסרטוני וידאו היכנסו לאתר www.GooL.co.il
כתבה ופתרה – ד"ר אבלינה ברט ©

**6)** ביחס לתגובות הבאות, קבעו האם האנטרופיה גדלה, קטנה או לא השתנתה:

א. $O_{2(g)} \rightarrow 2O_{(g)}$

ב. $N_{2(g)} + 3H_{2(g)} \rightarrow 2NH_{3(g)}$

ג. $C_{(s)} + H_2O_{(g)} \rightarrow CO_{(g)} + H_{2(g)}$

ד. $Br_{2(g)} \rightarrow Br_{2(l)}$

ה. $H_{2(g)}[p = 5\text{atm}] \rightarrow H_{2(g)}[p = 2\text{atm}]$

**7)** חשבו את שינוי האנטרופיה במערכת, בסביבה וביקום, כאשר 14 גרם של חנקן מכפילים את הנפח בתהליך:

א. התפשטות איזותרמית הפיכה.

ב. התפשטות איזותרמית לא-הפיכה (הלחץ החיצוני הוא 0).

**8)** חשבו את כמות החום ואת שינוי האנטרופיה במעבר של 2 מול אמוניה נוזלית $(NH_3)$ בטמפרטורה של $-40°C$ עד לאמוניה גזית ב-$200°C$, כאשר התהליך נעשה בלחץ קבוע.

נתונים:

$$\Delta H_v^0(NH_3) = 5.56\frac{\text{kcal}}{\text{mol}},\ c_p\left(NH_{3(l)}\right) = 17.9\frac{\text{cal}}{\text{mol}},$$
$$c_p\left(NH_{3(g)}\right) = 8.92\frac{\text{cal}}{\text{mol}},\ t_b\left(NH_{3(l)}\right) = -33.46°C$$

**9)** האנטרופיה של בדיל לבן ואפור בטמפרטורת החדר היא $S^0 = 6.3\frac{\text{cal}}{\text{mol}}{}^0\text{K}$, $S^0 = 6.16\frac{\text{cal}}{\text{mol}}{}^0\text{K}$. שינוי האנתלפיה במעבר מבדיל לבן לאפור הוא $0.53\frac{\text{kcal}}{\text{mol}}$.
איזו צורה של בדיל יציבה יותר?

**10)** נתונים:

| | $\Delta H_f^0\left(\frac{\text{kJ}}{\text{mol}}\right)$ | $\Delta G_f^0\left(\frac{\text{kJ}}{\text{mol}}\right)$ |
|---|---|---|
| $SO_{2(g)}$ | –289.41 | –301.43 |
| $SO_{3(g)}$ | –396.9 | –3171.74 |

א. נסחו תגובה בין $SO_2$ גזי לבין חמצן גזי, לקבלת $SO_3$ גזי.

ב. איזו תחמוצת יציבה יותר בנוכחות חמצן, בתנאים תקניים?

ג. חשבו את שינוי האנטרופיה עבור התגובה הנתונה.

ד. מהו תחום הטמפרטורות שבו התהליך הוא ספונטני?


לפתרון מלא בסרטוני וידאו היכנסו לאתר www.GooL.co.il
כתבה ופתרה – ד"ר אבלינה ברט ©

**11)** נתונה תגובה $H_{2(g)}+CO_{2(g)} \rightarrow H_2O_{(g)}+CO_{(g)}$, ונתונים: $\Delta G_f^0\left(CO_{2(g)}\right)=-397.4\,kJ, \Delta G_f^0\left(CO_{(g)}\right)=-137.15\,kJ, \Delta G_f^0\left(H_2O_{(g)}\right)=-228.58\,kJ$.

א. האם התגובה ספונטנית בטמפרטורת החדר?

ב. חשבו את קבוע שיווי המשקל של התגובה הנתונה.

**12)** כמות בלתי-ידועה של $PCl_5$ חוממה בכלי שנפחו 12 ליטר, ונתונה תגובה אפשרית, $PCl_{5(g)} \rightarrow PCl_{3(g)}+Cl_{2(g)}$. נמצא שבשיווי משקל הכלי מכיל 0.21 מול $PCl_5$, 0.32 מול $PCl_3$ ו- 0.32 מול של $Cl_2$.

א. חשבו את קבוע שיווי המשקל $\left(K_p,K_c\right)$ עבור המערכת הנתונה, בטמפרטורת החדר.

ב. חשבו את $\Delta G^0$ עבור תגובה זו.

**13)** מול 1 של CO גזי ומול אחד של מים גזיים עורבבו במיכל בנפח 10 ליטר, שחומם עד $1000°C$, והתרחשה התגובה $CO_{(g)}+H_2O_{(g)} \rightarrow CO_{2(g)}+H_{2(g)}$. בשיווי משקל נמצאו 0.57 מול של CO.

א. חשבו את קבוע שיווי המשקל $\left(K_p,K_c\right)$ בטמפרטורה הנתונה.

ב. חשבו את $\Delta G^0$ עבור תגובה זו בטמפרטורת החדר.

ג. חשבו את $\Delta G^0$ עבור תגובה זו בטמפרטורת החדר, כאשר נתונים הלחצים החלקיים: $P\left(H_2\right)=0.25\,atm,\ P\left(CO\right)=1.20\,atm,\ P\left(H_2O\right)=0.66\,atm,\ P\left(CO_2\right)=0.78\,atm$.

**14)** נתונים שני גדלים $\Delta G_f^0\left(CH_3OH_{(l)}\right)=-39.73\frac{kcal}{mol}$, $\Delta G_f^0\left(CH_3OH_{(g)}\right)=-38.69\frac{kcal}{mol}$, ונתון שיווי המשקל הבא: $CH_3OH_{(l)} \leftrightarrow CH_3OH_{(g)}$.

א. חשבו את $\Delta G^0$ עבור תהליך זה בטמפרטורת החדר.

ב. מהו $\Delta G$ בשיווי משקל?

ג. האם הטמפרטורה שבה תהליך הרתיחה של $CH_3OH$ ספונטני נמוכה, גבוהה או שווה לטמפרטורת החדר? נמקו.


לפתרון מלא בסרטוני וידאו היכנסו לאתר www.GooL.co.il
כתבה ופתרה – ד"ר אבלינה ברט ©

**15)** נתונים:

$$\Delta H_f^0\left(CH_{4(g)}\right)=-74.8\frac{kJ}{mol},\ \Delta H_f^0\left(CO_{2(g)}\right)=-393.5\frac{kJ}{mol},\ \Delta H_f^0\left(H_2O_{(l)}\right)=-285.9\frac{kJ}{mol}$$

$$S^0\left(CH_{4(g)}\right)=186.2\,J/K\,mol,\ S^0\left(CO_{2(g)}\right)=213.6\,J/K\,mol$$

$$S^0\left(O_{2(g)}\right)=205\ J/K\,mol,\ S^0\left(H_2O_{(l)}\right)=70\ J/K\,mol$$

א. חשבו את $\Delta G^0$ לתגובת השריפה של מתאן ב- $800^\circ K$.

ב. האם התהליך ספונטני?

ג. איך תשפיע הקטנת הטמפרטורה על מידת הספונטניות של התהליך? נמקו.

**16)** 100 גרם של בנזן מתאדים בנקודת הרתיחה שלו, $80.2^\circ C$, ב- $760\,mm\,Hg$, כאשר חום האידוי הוא $94.4\frac{cal}{g}$. נתון שמסה מולרית של בנזן היא $78\frac{g}{mol}$.

מה ערכם של הגדלים הבאים:

א. עבודה שמתבצעת בתהליך הפיך, $W$.

ב. כמות החום, $Q$.

ג. שינוי האנרגיה הפנימית, $\Delta U$.

**17)** מול אחד של גז אידיאלי מונו-אטומי עובר תהליך הפיך, שבו מוכפל נפחו. שינוי האנתלפיה בתהליך הוא $\Delta H^0=500\,cal$, והחום שעובר בו הוא $Q=400\,cal$. נתון גם כי $c_p=5\frac{cal}{mol}deg$.

א. חשבו את הטמפרטורה והלחץ הסופיים, אם הטמפרטורה ההתחלתית היא $20^\circ C$, והלחץ ההתחלתי הוא $1atm$.

ב. חשבו את העבודה שבוצעה, ואת השינוי באנרגיה הפנימית של הגז.

**18)** מול של גז אידיאלי מתפשט מנפח של 10 ליטר ומטמפרטורה של $25^\circ C$, לנפח של 50 ליטר וטמפרטורה של $100^\circ C$. נתון $c_p=6.5\frac{cal}{mol}\cdot deg$.

התהליך מתרחש בשני מסלולים:

מסלול א – הגז חומם בנפח קבוע ל- $100^\circ C$ ואז התפשט באופן הפיך איזותרמי לנפח של 50 ליטר.

מסלול ב – הגז התפשט באופן הפיך איזותרמי לנפח של 50 ליטר ואז חומם בנפח קבוע ל- $100^\circ C$.

חשבו עבור שני המסלולים את $q,\ W,\ \Delta U$.


לפתרון מלא בסרטוני וידאו היכנסו לאתר www.GooL.co.il
כתבה ופתרה – ד"ר אבלינה ברט ©

## תשובות סופיות

**1)** $W=-7747.31\,\text{j}$

**2)** $W=-53195.6\,\text{J}$

**3)** $\Delta U=6925\,\text{J}$

**4)** מסלול ראשון: $W=-2224.47\,\text{j},\ q=2224.47\,\text{J},\Delta U=0$,
מסלול שני: $W=-1459.08\,\text{j},\ q=1459.08\,\text{J},\Delta U=0$.

**5)** א. $W=0$ ב. $W=-151.987\,\text{J}$

**6)** א. גדלה. ב. קטנה. ג. גדלה. ד. קטנה. ה. גדלה.

**7)** א. $\Delta S_{\text{system}}=2.88\,\text{J/k},\ \Delta S_{\text{enviroment}}=-2.88\,\text{J/k},\ \Delta S_{\text{universe}}=0$

ב. $\Delta S_{\text{system}}=2.88\,\text{J/k},\ \Delta S_{\text{enviroment}}=0,\ \Delta S_{\text{universe}}=2.88\,\text{J/k}$

**8)** $Q=15519.03\,\text{cal},\ \Delta S=71.77\,\text{cal/K}$

**9)** בדיל לבן.

**10)** א. $SO_{2(g)}+0.5O_{2(g)}\rightarrow SO_{3(g)}$ ב. $SO_3$

ג. $\Delta S^0=-0.094\dfrac{\text{kJ}}{\text{mol}}$ ד. $T<1047.76\,\text{K}$

**11)** א. לא. ב. $K=2.8\cdot10^{-5}$

**12)** א. $K_c=0.04,\ K_p=0.98$ ב. $\Delta G^0=-50.03\,\text{J/mol}$

**13)** א. $K_c=K_p=0.57$ ב. $\Delta G^0=1392\,\text{J/mol}$ ג. $\Delta G^0=-2078.8\,\text{J/mol}$

**14)** א. $\Delta G^0=1.04\,\text{kJ/mol}$ ב. $\Delta G=0$ ג. גבוהה.

**15)** א. $\Delta G^0_{800}=-696.4\,\text{kJ}$ ב. כן. ג. ראו בסרטון.

**16)** א. $W=-3756.12\,\text{j}$ ב. $Q=9440\,\text{cal}$ ג. $\Delta U=8541.7\,\text{cal}$

**17)** א. $T=373\,\text{K},\ P_2=0.64\,\text{atm}$ ב. $W=-63.1\,\text{cal},\ \Delta U=336.92\,\text{cal}$

**18)** מסלול ראשון: $W=-1193.4\,\text{cal},\ q=1532.4\,\text{cal},\Delta U=339\,\text{cal}$,
מסלול שני: $W=-953.49\,\text{cal},\ q=1292.5\,\text{cal},\Delta U=339\,\text{cal}$.


לפתרון מלא בסרטוני וידאו היכנסו לאתר www.GooL.co.il
כתבה ופתרה – ד"ר אבלינה ברט ©