

כימיה פיזיקלית



תוכן העניינים

1. תכונות הגזים (ללא ספר)
2. תרמוכימיה (ללא ספר)
3. שיווי משקל כימי (ללא ספר)
4. שיווי משקל בין הפאזות ותכונות קוליגטיביות 1
5. תרמודינמיקה 5

כימיה פיזיקלית

פרק 1 - תכונות הגזים

תוכן העניינים

1. כללי (ללא ספר)

כימיה פיזיקלית

פרק 2 - תרמוכימיה

תוכן העניינים

1. כללי (ללא ספר)

כימיה פיזיקלית

פרק 3 - שיווי משקל כימי

תוכן העניינים

1. כללי (ללא ספר)

כימיה פיזיקלית

פרק 4 - שיווי משקל בין הפאזות ותכונות קוליגטיביות

תוכן העניינים

1. שיווי משקל בין הפאזות.....1

שיווי משקל בין הפאזות

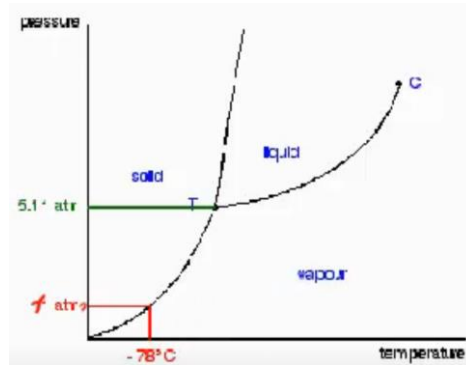
שאלות

- (1) באנליזה של טיפה מתמיסת HCl, בנפח 0.05 מ"ל, נמצאו $1.505 \cdot 10^{19}$ מולקולות HCl. חשבו את הלחץ האוסמוטי (ביחידות kPa), שנוצר על ידי התמיסה בטמפרטורת החדר.
- (2) נתונה תמיסה של אתנול (C_2H_5OH), בריכוז 6.45 M וצפיפות $0.952 \frac{g}{cm^3}$.
 א. חשבו את המולליות, השבר המולי והאחוז המשקלי של האתנול בתמיסה.
 ב. חשבו את הירידה בטמפרטורת הקיפאון של התמיסה.

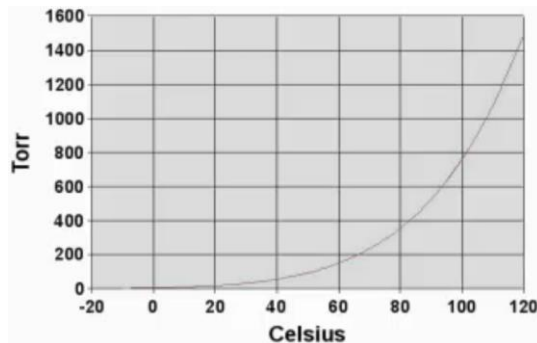
$$K_{f(water)} = 1.86 K \cdot \frac{kg}{mol}$$
- (3) חשבו את נקודת הרתיחה של תמיסה, שהוכנה על ידי ערבוב של 100 גרם של סוכרוז ($C_{12}H_{22}O_{11}$) ו-500 גרם של מים.
 שימו לב כי $K_{b(water)} = 0.51 K \cdot \frac{kg}{mol}$.
- (4) המסת 3 גרם של חומר מסוים ב-100 גרם של CCl_4 , מעלה את נקודת הרתיחה של התמיסה ב- $0.6^\circ C$. נתון שעבור הממס הטהור $K_b = 5.03 K \cdot \frac{kg}{mol}$, $K_f = 3.18 K \cdot \frac{kg}{mol}$, וכן שלחץ אדי הממס הטהור בטמפרטורת החדר הוא 100 mm Hg. חשבו את:
 א. המסה המולרית של המומס.
 ב. הירידה בנקודת הקיפאון.
 ג. ירידת לחץ האדים בטמפרטורת החדר.
- (5) העריכו את השינוי בלחץ האדים של מים, כתוצאה מהכנת תמיסה בעלת ריכוז של 1 m בטמפרטורה של $100^\circ C$.
- (6) 106.3 גרם של תרכובת לא ידועה הומסו ב-863.5 גרם של (C_6H_6). נתון כי לחץ האדים של התמיסה שהתקבלה הוא 86.7 טור, וידוע כי לחץ האדים של בנזן טהור הוא 98.6 טור. מצאו את המסה המולרית של התרכובת.

- 7** המסת 2.441 גרם של חומצה בנזואית (C_6H_5COOH) ב-250 גרם של בנזן (C_6H_6) מורידה את נקודת הקיפאון ב- $0.2048^\circ C$. נתון $K_{f(\text{benzene})} = 5.12 K \cdot \frac{\text{kg}}{\text{mol}}$. מהו מצבה של החומצה בבנזן?
- 8** 18.04 גרם של חומר בלתי-נדיף הומסו ב-100 גרם של מים, ב- $20^\circ C$, ולחץ האדים ירד מ-17.535 mm Hg ל-17.226 mm Hg.
א. מהי המסה המולרית של החומר?
ב. באיזו טמפרטורה התמיסה תקפא? נתון כי $K_f = 1.855 K \cdot \frac{\text{kg}}{\text{mol}}$.
- 9** בכלי שנפחו 20 ליטר קיים שיווי משקל בין אדי אתנול לבין כמות קטנה של אתנול נוזלי. נתון גם כי הטמפרטורה בכלי היא $25^\circ C$, הכלי מכיל אוויר יבש והלחץ הכולל בו הוא 750 טור. ידוע כי לחץ אדי אתנול ב- $25^\circ C$ הוא 58.9 טור. בשלב מסוים הוקטן נפח הכלי ל-5 ליטר בטמפרטורה קבועה.
א. מהו הלחץ החלקי של האתנול בנפח הקטן? הסבירו.
ב. מהו הלחץ הכולל של התערובת בנפח הקטן?
- 10** נתונה תמיסה מימית של מלח $FeCl_x$, שבה השבר המולי של הממס הוא 0.98, ונתון כי טמפרטורת הקיפאון של התמיסה היא $-8.435^\circ C$. קבעו את מטענו של היון החיובי במלח.
נתון כי $K_f(H_2O) = 1.86 K \cdot \frac{\text{kg}}{\text{mol}}$.
- 11** הלחץ האוסמוטי של תמיסה מימית של חלבון הוא 6.1 torr ב- $0^\circ C$. התמיסה הוכנה על ידי הוספת כמות קטנה של חלבון ב-100 מ"ל מים (נפח התמיסה שהתקבלה שווה בקירוב ל-100 מ"ל). נתון שצפיפות התמיסה היא $1.2 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$, וידוע כי הצפיפות של מים היא $1 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$. העריכו את המסה המולקולרית של החלבון.

- 12** להלן דיאגרמת פאזות של פחמן דו-חמצני. ענו על הסעיפים הבאים לפיה:
- מהו מצב הצבירה של פחמן דו-חמצני בתנאים סטנדרטיים?
 - מהו מצב הצבירה של פחמן דו-חמצני בתנאים של 0.75 אטמוספירות ובטמפרטורה של -114°C ?
 - פחמן דו-חמצני נמצא בלחץ של 3883.6 mm Hg ובטמפרטורה של -78°C . הציעו דרך לקבלת פחמן דו-חמצני נוזלי.
 - איזו פאזה צפופה יותר, מוצקה או נוזלית? נמקו.



- 13** היעזרו באיור הבא וקבעו:
- את טמפרטורת הרתיחה של המים, כאשר החלץ החיצוני שווה 80 kPa.
 - אנטרופיית האידוי התקנית, כאשר נתון $\Delta H_{b(\text{water})}^0 = 40700 \frac{\text{J}}{\text{mol}}$.
 - האנרגיה החופשית של האידוי בטמפרטורת החדר.



תשובות סופיות

- (1) 2476
- (2) מולילות: $10 \frac{\text{mol}}{\text{kg}}$, שבר מולי: 0.15, אחוז משקלי: 31.16 g.
- (3) 100.189°C
- (4) א. $252.1 \frac{\text{g}}{\text{mol}}$ ב. 0.38°C ג. 15 mm Hg
- (5) ירידה של 0.02 atm.
- (6) $70.4 \frac{\text{g}}{\text{mol}}$
- (7) עברה התלכדות, $i = 0.5$.
- (8) א. $M_w = 159 \frac{\text{g}}{\text{mol}}$ ב. -2.1°C
- (9) א. 58.9 torr ב. 2823.3 torr
- (10) FeCl_3
- (11) $560224.1 \frac{\text{g}}{\text{mol}}$
- (12) א. גז. ב. מוצק. ג. ראו בסרטון. ד. מוצקה.
- (13) א. $93-95^\circ\text{C}$ ב. $\Delta S_b = 109.05 \frac{\text{J}}{\text{K} \cdot \text{mol}}$ ג. $8203.8 \frac{\text{J}}{\text{mol}}$

כימיה פיזיקלית

פרק 5 - תרמודינמיקה

תוכן העניינים

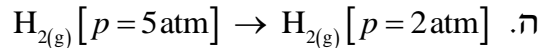
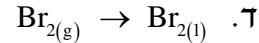
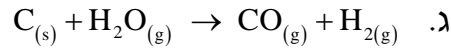
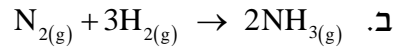
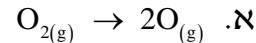
1. תרמודינמיקה 5

תרמודינמיקה

שאלות

- (1) 2.5 מול של מים מתאדים בנקודת הרתיחה שלהם בלחץ של 1.000 atm. המים נמצאים בגליל עם בוכנה, והאיידוי מתרחש עקב חימום המערכת. הבוכנה נעה ללא חיכוך, כך שהלחץ הפנימי נשאר קבוע. מהי העבודה שנעשתה?
- (2) גז אידיאלי, בלחץ 1 atm וטמפרטורה של 30°C , מתפשט נגד לחץ חיצוני של 0.3 atm לתוך כלי שנפחו 2.5 ליטר. כמה עבודה מבצע הגז?
- (3) גז חומס 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 3 atm 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 , Δ , 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.

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



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 $-40^\circ C$ עד לאמוניה גזית ב- $200^\circ C$, כאשר התהליך נעשה בלחץ קבוע.

$$\Delta H_v^0(NH_3) = 5.56 \frac{\text{kcal}}{\text{mol}}, \quad c_p(NH_{3(l)}) = 17.9 \frac{\text{cal}}{\text{mol}}$$

נתונים:

$$c_p(NH_{3(g)}) = 8.92 \frac{\text{cal}}{\text{mol}}, \quad t_b(NH_{3(l)}) = -33.46^\circ C$$

9) האנטרופיה של בדיל לבן ואפור בטמפרטורת החדר היא $S^0 = 6.3 \frac{\text{cal}}{\text{mol}} \text{ } ^\circ K$,

$S^0 = 6.16 \frac{\text{cal}}{\text{mol}} \text{ } ^\circ K$. שינוי האנטלפיה 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 תקינים?

ג. חשבו את שינוי האנטרופיה עבור התגובה הנתונה.

ד. מהו תחום הטמפרטורות שבו התהליך הוא ספונטני?

11 נתונה תגובה $H_{2(g)} + CO_{2(g)} \rightarrow H_2O_{(g)} + CO_{(g)}$, ונתונים :

$$\Delta G_f^0(CO_{2(g)}) = -397.4 \text{ kJ}, \Delta G_f^0(CO_{(g)}) = -137.15 \text{ kJ}, \Delta G_f^0(H_2O_{(g)}) = -228.58 \text{ kJ}$$

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 (K_p, K_c) עבור המערכת הנתונה,

בטמפרטורת החדר.

ב. חשבו את ΔG^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 (K_p, K_c) בטמפרטורה הנתונה.

ב. חשבו את ΔG^0 עבור תגובה זו בטמפרטורת החדר.

ג. חשבו את ΔG^0 עבור תגובה זו בטמפרטורת החדר, כאשר נתונים

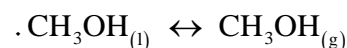
$$P(H_2) = 0.25 \text{ atm}, P(CO) = 1.20 \text{ atm},$$

הלחצים החלקיים :

$$P(H_2O) = 0.66 \text{ atm}, P(CO_2) = 0.78 \text{ atm}$$

14 נתונים שני גדלים , ונתון שיווי המשקל הבא :

$$\Delta G_f^0(CH_3OH_{(l)}) = -39.73 \frac{\text{kcal}}{\text{mol}}$$

$$\Delta G_f^0(CH_3OH_{(g)}) = -38.69 \frac{\text{kcal}}{\text{mol}}$$


א. חשבו את ΔG^0 עבור תהליך זה בטמפרטורת החדר.

ב. מהו ΔG בשיווי משקל?

ג. האם הטמפרטורה שבה תהליך הרתיחה של CH_3OH ספונטני נמוכה,

גבוהה או שווה לטמפרטורת החדר? נמקו.

(15) נתונים:

$$\Delta H_f^0(\text{CH}_{4(g)}) = -74.8 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}}, \quad \Delta H_f^0(\text{CO}_{2(g)}) = -393.5 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}}, \quad \Delta H_f^0(\text{H}_2\text{O}_{(l)}) = -285.9 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}}$$

$$S^0(\text{CH}_{4(g)}) = 186.2 \text{ J/K mol}, \quad S^0(\text{CO}_{2(g)}) = 213.6 \text{ J/K mol}$$

$$S^0(\text{O}_{2(g)}) = 205 \text{ J/K mol}, \quad S^0(\text{H}_2\text{O}_{(l)}) = 70 \text{ J/K mol}$$

- א. חשבו את ΔG^0 לתגובת השריפה של מתאן ב- 800°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°C , ב- 760 mm Hg , כאשר חום האידיוי הוא $94.4 \frac{\text{cal}}{\text{g}}$. נתון שמסה מולרית של בנזן היא $78 \frac{\text{g}}{\text{mol}}$. מה ערכם של הגדלים הבאים:

- א. עבודה שמתבצעת בתהליך הפיך, W .
- ב. כמות החום, Q .
- ג. שינוי האנרגיה הפנימית, ΔU .

- (17) מול אחד של גז אידיאלי מונו-אטומי עובר תהליך הפיך, שבו מוכפל נפחו. שינוי האנתלפיה בתהליך הוא $\Delta H^0 = 500 \text{ cal}$, והחום שעובר בו הוא

$$Q = 400 \text{ cal}. \quad \text{נתון גם כי } c_p = 5 \frac{\text{cal}}{\text{mol}} \cdot \text{deg}$$

- א. חשבו את הטמפרטורה והלחץ הסופיים, אם הטמפרטורה ההתחלתית היא 20°C , והלחץ ההתחלתי הוא 1 atm .
- ב. חשבו את העבודה שבוצעה, ואת השינוי באנרגיה הפנימית של הגז.

- (18) מול של גז אידיאלי מתפשט מנפח של 10 ליטר ומטמפרטורה של 25°C ,

$$\text{לנפח של } 50 \text{ ליטר וטמפרטורה של } 100^\circ \text{C}. \quad \text{נתון } c_p = 6.5 \frac{\text{cal}}{\text{mol}} \cdot \text{deg}$$

- התהליך מתרחש בשני מסלולים:
- מסלול א – הגז חומם בנפח קבוע ל- 100°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°C .
- חשבו עבור שני המסלולים את ΔU , W , q .

תשובות סופיות

$$W = -7747.31 \text{ j} \quad (1)$$

$$W = -53195.6 \text{ J} \quad (2)$$

$$\Delta U = 6925 \text{ J} \quad (3)$$

$$\text{מסלול ראשון: } W = -2224.47 \text{ j}, q = 2224.47 \text{ J}, \Delta U = 0 \quad (4)$$

$$\text{מסלול שני: } W = -1459.08 \text{ j}, q = 1459.08 \text{ J}, \Delta U = 0$$

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

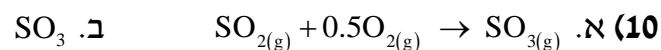
$$\text{א. גדלה. ב. קטנה. ג. גדלה. ד. קטנה. ה. גדלה.} \quad (6)$$

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

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

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

(9) בדיל לבן.



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

$$K = 2.8 \cdot 10^{-5} \quad \text{ב.} \quad \text{א. לא.} \quad (11)$$

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

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

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

$$\Delta G_{800}^0 = -696.4 \text{ kJ} \quad \text{ב.} \quad \text{כן.} \quad \text{ג. ראו בסרטון.} \quad (15)$$

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

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

$$\text{מסלול ראשון: } W = -1193.4 \text{ cal}, q = 1532.4 \text{ cal}, \Delta U = 339 \text{ cal} \quad (18)$$

$$\text{מסלול שני: } W = -953.49 \text{ cal}, q = 1292.5 \text{ cal}, \Delta U = 339 \text{ cal}$$