

**מבחן בקורס תרמודינמיקה (351.2202)**

פרופ' חיים דימנט

יש לענות על שלוש שאלות מתוך הארבע.

מותר שימוש בכל חומר עזר.

אין צורך לרשום מחדש דברים שנרשמו כבר בספר, במחברת הכתה, בתרגילים או בפתרונותיהם.

כל התוצאות צריכות להיות מבוטאות באמצעות נתוני השאלה בלבד.

משך המבחן שלוש שעות.

1. נתונה תגובה בפאזה גזית:  $\text{Cl}_2 \rightarrow 2\text{Cl}$

הלחץ נשמר קבוע על 1 bar. בתחילת התגובה יש 1000 מול  $\text{Cl}_2$  ו-0 מול Cl. קבוע שיווי-המשקל בטמפרטורה 1000 K הוא  $1.0 \times 10^{-5}$ . בטמפרטורה 1200 K הוא משתנה ל-  $1.7 \times 10^{-3}$ .

א. חשבו את מספר המולים של  $\text{Cl}_2$  שהתפרקו בטמפרטורה 1000 K. (10 נק)

ב. האם התגובה אנדותרמית או אקזותרמית? חשבו את כמות החום הכוללת שנקלטה או נפלטת במהלך התגובה בטמפרטורה 1000 K. הניחו כי חום התגובה (פר מול) אינו משתנה עם הטמפרטורה. (10 נק)

ג. חשבו את העבודה הכוללת שבוצעה במהלך התגובה בטמפרטורה 1000 K. הניחו כי הגזים אידיאליים. (7 נק)

ד. חשבו את השינוי באנרגיה הפנימית במהלך התגובה בטמפרטורה 1000 K. (6 נק)

2. נוזל מסוים רותח בטמפרטורה של 180 K בלחץ של 1 atm. חום האידוי שלו הוא 14 kJ/mol.

א. חשבו את השינוי בלחץ האדים עם שינוי טמפרטורת הרתיחה, בהנחה שהגז אידיאלי. הניחו שהנפח המולרי של הנוזל זניח ביחס לזה של הגז. (9 נק)

ב. חשבו את השינוי בלחץ האדים עם שינוי טמפרטורת הרתיחה, כאשר נתונים הנפחים המולריים של שתי הפאזות:  $v_g = 0.014 \text{ m}^3/\text{mol}$ ,  $v_l = 1.15 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{mol}$ . חשבו את השגיאה היחסית באחוזים של תוצאת סעיף א'. (9 נק)

ג. 1 מול של הגז מקורר ביתר לטמפרטורה של 170 K ואז מתעבה לנוזל. חשבו את השינוי באנטרופיה. קיבולי החום המולריים של שתי הפאזות הם:  $c_p(\text{gas}) = 25.104 \text{ J}/(\text{mol K})$ ,  $c_p(\text{liq}) = 66.8 \text{ J}/(\text{mol K})$ . (15 נק)

3. משוואת המצב של זורם מסוים ניתנת על-ידי הפיתוח הוויריאלי הבא :

$$p = RT \left( \frac{1}{v} - \frac{b}{v^2} + \frac{c}{v^3} \right)$$

כאשר  $p$  הוא הלחץ,  $T$  היא הטמפרטורה,  $v$  הוא הנפח המולרי ו-  $b, c$  הם מקדמים חיוביים, התלויים בטמפרטורה.

א. מהם ערכי הנפח המולרי,  $v_{sp1}$  ו-  $v_{sp2}$ , שביניהם לא תיתכן פאזה יחידה? (10 נק)

ב. מהו הנפח המולרי בנקודה הקריטית,  $v_c$ ? (6 נק)

ג. בהנחה שהפונקציות  $b(T)$  ו-  $c(T)$  ידועות, רשמו את המשוואה שמקיימת הטמפרטורה בנקודה

הקריטית,  $T_c$ . אין לקבל ביטוי סגור עבור  $T_c$ , רק משוואה סתומה. (6 נק)

ד. מהו הלחץ בנקודה הקריטית,  $p_c$ , כפונקציה של  $T_c$  והפרמטרים של הבעיה? (6 נק)

ה. בטאו את ערכו של הגודל  $\frac{p_c v_c}{RT_c}$  כמספר טהור. (5 נק)

4. מנוע דיזל מבוסס על מעגל תרמודינמי בן ארבעה שלבים :

(1 דחיסה אדיאבטית מנפח  $V_1$  לנפח  $V_2$  תוך עליית טמפרטורה מ-  $T_1$  ל-  $T_2$ )

(2 חימום איזוברי מטמפרטורה  $T_2$  לטמפרטורה  $T_3$  תוך עליית נפח מ-  $V_2$  ל-  $V_3$ )

(3 התפשטות אדיאבטית מנפח  $V_3$  חזרה לנפח  $V_1$  תוך ירידת טמפרטורה מ-  $T_3$  ל-  $T_4$ )

(4 קרור איזוכורי מנפח  $V_1$  מטמפרטורה  $T_4$  חזרה לטמפרטורה  $T_1$ .)

הניחו שהתהליכים הם הפיכים ופועלים על גז אידיאלי, המכיל  $n$  מולים, וקיבול החום שלו הוא

$$C_V = \frac{7}{2} nR$$

א. מצאו את ערכו של האינדקס האדיאבטי  $\gamma$ . (4 נק)

ב. בטאו את יחס הנפחים  $V_2/V_1$  באמצעות יחס הטמפרטורות  $T_1/T_2$ .

בטאו את יחס הנפחים  $V_2/V_3$  באמצעות יחס הטמפרטורות  $T_2/T_3$ . (4 נק)

ג. שרטטו סכמתית את המעגל במישור  $T-V$ . (4 נק)

ד. חשבו את החום הזורם אל הגז ואת העבודה המבוצעת עליו בכל אחד מארבעת השלבים. (12 נק)

ה. מצאו את הטמפרטורה  $T_4$  כפונקציה של הטמפרטורות  $T_1, T_2$  ו-  $T_3$ . (9 נק)

**בהצלחה!**