

**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. אל תוך כלי סגור ומבודד בעל נפח קבוע של 1 ליטר מוכנסים 18 גרם מים בטמפרטורה של  $100^\circ\text{C}$ .

ניתן להניח שהאדים הם גז אידיאלי ולהזניח את נפח הנוזל ביחס לנפח הגז.

א. מהו הלחץ בכלי? נמקו. כמה מולים של אדים מכיל הכלי? (4 נק)

מחממים את הכלי לטמפרטורה של  $103^\circ\text{C}$ . קיבול החום המולרי של מים נוזליים הוא

$18\text{ cal K}^{-1}\text{ mole}^{-1}$ . קיבול החום המולרי בלחץ קבוע של אדי מים הוא  $8.6\text{ cal K}^{-1}\text{ mole}^{-1}$ . חום

האידיוי המולרי של מים הוא  $9720\text{ cal mole}^{-1}$ .

ב. מהו הלחץ בכלי לאחר החימום? כמה מולים של אדים הוא מכיל עתה? (10 נק)

ג. מהו קיבול החום המולרי בנפח קבוע של אדי המים? (4 נק)

ד. כמה חום הוזרם אל הכלי בתהליך? (8 נק)

ה. מהו השינוי באנרגיה הפנימית? מהו השינוי באנתלפיה? (7 נק)

2. א. הוכיחו את הזהות הבאה:  $\left(\frac{\partial\mu}{\partial V}\right)_{T,n} = -\left(\frac{\partial p}{\partial n}\right)_{T,V}$  (9 נק)

ב. הראו כי הזהות שבסעיף א' מתקיימת עבור גז אידיאלי. כלומר, חשבו ישירות את הביטוי שבאגף

שמאל ואת הביטוי שבאגף ימין עבור גז אידיאלי ובדקו האם הם שווים. (12 נק)

ג. הוכיחו כי עבור גז ון דר ואלס מתקיים:

$$\mu = \mu_0 - RT \ln\left(\frac{V}{nb} - 1\right) + \frac{nRTb}{V - nb} - \frac{2an}{V}$$

כאשר  $\mu_0$  אינו תלוי ב- $V$ . (12 נק)

3. נתון מעגל תרמודינמי, המורכב מארבעה תהליכים הפיכים :

(1) התפשטות איזותרמית תוך מגע עם אמבט חם בטמפרטורה  $T_h$  מנפח  $V_1$  לנפח  $V_2$

(2) יצירת מגע עם אמבט קר בטמפרטורה  $T_c$  וקרור איזוכורי בנפח  $V_2$  עד לטמפרטורה  $T_c$

(3) דחיסה איזותרמית תוך מגע עם האמבט הקר מנפח  $V_2$  חזרה לנפח  $V_1$

(4) יצירת מגע עם האמבט החם וחימום איזוכורי בנפח  $V_1$  חזרה לטמפרטורה  $T_h$ .

הניחו שהתהליכים פועלים על גז אידיאלי, המכיל  $n$  מולים, וקיבול החום שלו הוא  $C_V = \frac{3}{2}nR$ .

א. שרטטו דיאגרמה של המעגל במישור  $p-V$ . (5 נק)

ב. חשבו את החום הזורם אל הגז ואת העבודה המבוצעת עליו בכל אחד מארבעת השלבים. (16 נק)

ג. חשבו את העבודה המופקת במהלך מחזור שלם אחד ואת החום הנלקח מן האמבט החם במהלך מחזור שלם אחד. האם היחס ביניהם גדול או קטן מן היעילות של מנוע קרנו הפועל בין אותם שני אמבטים? הסבירו. (12 נק)

4. נתונה ריאקציה בפאזה גזית:  $N_2 + 3H_2 \rightarrow 2NH_3$

המתרחשת בטמפרטורה של  $25^\circ C$  ולחץ של 1 bar. בתחילת הריאקציה יש 1 מול  $N_2$ , 3 מול  $H_2$

ו-0 מול  $NH_3$ , בנפח  $V_i$ . עם הגעה לשיווי משקל יורד הנפח ל-  $V_f = 0.5157 V_i$ . הניחו שהגזים אידיאליים.

א. חשבו את דרגת התקדמות הריאקציה בשיווי משקל. (7 נק)

ב. חשבו את קבוע שיווי המשקל של הריאקציה ואת האנרגיה החופשית הריאקטיבית שלה. (10 נק)

ג. בטמפרטורה של  $35^\circ C$  הנפח בשיווי משקל משתנה ל-  $V_f = 0.5217 V_i$ . חשבו את קבוע שיווי המשקל בטמפרטורה זו. (7 נק)

ד. חשבו את חום הריאקציה (הניחו שאינו משתנה עם הטמפרטורה). (9 נק)

**בהצלחה!**