

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 ריאקציה בפאזה גזית: $N_2 + O_2 \rightarrow 2NO$

המתרחשת בטמפרטורה של 1400 K בתוך כלי בנפח 1 liter. חום הריאקציה הוא 181.8 kJ/mol.

אנרגיית גיבס הריאקטיבית הסטנדרטית היא 145.96 kJ/mol. בתחילת הריאקציה יש 3 מול N_2 ,

1 מול O_2 ו-0 מול NO. הניחו שהגזים אידיאליים.

א. חשבו את הלחץ בכלי בתחילת הריאקציה ועם הגעתה לשיווי משקל. (5 נק)

ב. חשבו את דרגת התקדמות הריאקציה ואת מספרי המולים של שלושת המרכיבים עם הגעת

הריאקציה לשיווי משקל. (12 נק)

ג. חשבו את החום שעבר מ/אל הסביבה במהלך הריאקציה. (5 נק)

ד. בכמה תשתנה כמות ה-NO בשיווי משקל, אם משנים את הטמפרטורה ל-1600 K? הניחו כי

חום הריאקציה נותר ללא שינוי. (11 נק)

2. חומר נוזלי או גזי נמצא בכלי המוחזק בלחץ p_1 . מחברים את הכלי לכלי שני המוחזק בלחץ נמוך יותר,

$p_2 < p_1$. כתוצאה מכך עובר כל החומר אל הכלי השני, נפח הכלי הראשון יורד מ- V_1 ל-0 ונפח הכלי

השני עולה מ-0 ל- V_2 . המערכת כולה מבודדת תרמית.

א. חשבו את העבודה שבוצעה על המערכת ואת השינוי באנרגיה הפנימית שלה. (6 נק)

ב. הוכיחו כי אין שינוי באנתלפיה. (10 נק)

ג. אם החומר הוא גז אידיאלי, הוכיחו כי אין שינוי בטמפרטורה. (10 נק)

ד. עבור n מולים של גז אידיאלי חשבו את השינוי באנטרופיה. (7 נק)

$$\left(\frac{\partial H}{\partial p}\right)_{T,n} = V(1 - T\alpha_p) \quad \text{א. הוכיחו את הזהות הבאה:} \quad 3.$$

כאשר α_p הוא מקדם ההתפשטות התרמית. (נק 12)

$$\mu_{JT} \equiv \left(\frac{\partial T}{\partial p}\right)_H \quad \text{ב. מגדירים את מקדם ג'אול-תומסון:}$$

$$\mu_{JT} = V(T\alpha_p - 1) / C_p \quad \text{הוכיחו את הזהות הבאה:}$$

כאשר C_p הוא קיבול החום בלחץ קבוע.

הדרכה: כתבו את השינוי באנתלפיה כפונקציה של השינויים בטמפרטורה ובלחץ והשתמשו בסעיף א'. (נק 12)

ג. מהו ערכו של מקדם ג'אול-תומסון עבור גז אידיאלי? (נק 9)

4. מנוע Otto 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 איזוכורי מנפח V_2 מטמפרטורה T_2 לטמפרטורה T_3

3) התפשטות אדיאבטית מנפח V_2 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

$$C_V = \frac{5}{2} nR$$

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

ב. חשבו את החום הזורם אל הגז ואת העבודה המבוצעת עליו בכל אחד מארבעת השלבים. (שימו לב

כי מנתוני השאלה ניתן למצוא את ערכו של המקדם האדיאבטי γ). (נק 12)

ג. בטאו את יחס הנפחים V_1/V_2 באמצעות יחס הטמפרטורות T_1/T_2 . (נק 5)

ד. בטאו את יחס הטמפרטורות T_3/T_4 באמצעות יחס הטמפרטורות T_1/T_2 . (נק 5)

ה. חשבו את נצילות המנוע כפונקציה של יחס הטמפרטורות T_1/T_2 . (נק 6)

בהצלחה!