

**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.  
משך המבחן שלוש שעות.

1. נוזל המכיל בועות של גז A ונוזל המכיל בועות של גז B מתערבבים. הכלי כולו מוחזק בטמפרטורה  $T = 25^\circ\text{C}$  ולחץ  $p = 1 \text{ bar}$ . הניחו ששני הגזים הם אידיאליים, ושהם כלואים בתוך הבועות ללא יכולת לפעפע החוצה. נתבונן בבועה של גז A ברדיוס 1 mm ובועה של גז B ברדיוס 2 mm.

א. כמה מולים של גז נמצאים בכל אחת מן הבועות? (4 נק)

עתה שתי הבועות נפגשות ומתלכדות לאחת.

ב. מהו רדיוס הבועה החדשה? (5 נק)

ג. מהו השינוי באנרגיה הפנימית הכוללת של הגז? (5 נק)

ד. מהו השינוי באנטרופיה של הגז מכל אחת מהבועות? מהו השינוי באנטרופיה הכוללת של הגז?  
(7 נק)

ה. מהו השינוי באנרגיה החופשית של גיבס הכוללת של הגז? האם התהליך ספונטני? (7 נק)

ו. מתח הפנים מוסיף לכל בועה אנרגיה בשיעור  $\gamma A$ , כאשר A הוא שטח הבועה, ו-  $\gamma = 0.072 \text{ N/m}$  הוא מתח הפנים בין הנוזל לגז. מהו השינוי באנרגיית שטח הפנים? השוו לתוצאת סעיף ה' והסיקו מי הגורם המשפיע על תהליך ההתלכדות בדוגמא זאת – הגזים או מתח הפנים. (5 נק)

2. א. הוכיחו את הזהות הבאה:

$$\left(\frac{\partial S}{\partial V}\right)_{T,n} = \frac{\alpha_p}{\kappa_T}$$

כאשר  $\alpha_p$  הוא מקדם ההתפשטות התרמית ו-  $\kappa_T$  הקומפרסיביליות האיזותרמית. (11 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. (11 נק)

(סעיף ג' בעמוד הבא)

ג. עבור נחושת בטמפרטורה של  $T = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$  ידועים הערכים הבאים :

$$\alpha_p = 1.6 \times 10^{-5}\text{ K}^{-1}, \kappa_T = 7 \times 10^{-12}\text{ Pa}^{-1}$$

דוחסים גוש נחושת מנפח של 1 סמ"ק לנפח של 0.99 סמ"ק באופן איזותרמי הפיך. מהי כמות החום שזרמה מגוש הנחושת אל הסביבה? (11 נק)

3. כלי בנפח של 1 ליטר מכיל 0.2 גרם מים. הכלי סגור ומוחזק בטמפרטורה קבועה של  $25\text{ }^{\circ}\text{C}$ . לחץ האדים של מים בטמפרטורה זו הוא 0.032 bar. חום האיידוי של מים הוא 40.65 kJ/mol. קיבול החום המולרי של אדי מים הוא  $c_V = 3R$ . קיבול החום המולרי של מים נוזליים הוא 75.36 J/(mol K), והניחו שאינו תלוי בטמפרטורה. מותר להזניח את נפח הנוזל ביחס לנפח הכלי כולו.

א. מהו משקל הנוזל ומהו משקל האדים בכלי? (6 נק)

מחממים את הכלי לטמפרטורה של  $30\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

ב. מהו הלחץ בכלי בתום התהליך? (6 נק)

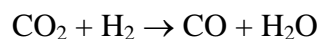
ג. מהו משקל הנוזל ומהו משקל האדים בתום התהליך? (3 נק)

ד. מהי כמות החום הכוללת שזרמה אל הכלי? (הדרכה: חישוב מדויק הוא מסובך; בצעו חישוב מקורב תוך פירוט הנחותיכם). (6 נק)

ה. מהו השינוי באנרגיה הפנימית, ב-Joules, האצורה בגז? (שימו לב שכמות הגז משתנה) (6 נק)

ו. מהו השינוי באנרגיה הפנימית, ב-Joules, האצורה בנוזל? (6 נק)

4. קבוע שיווי-המשקל של הראקציה בפאזה גזית הבאה :



בטמפרטורה 1400 K ולחץ 1 bar הוא  $K = 2.15$ . הניחו שהגזים אידיאליים.

א. חשבו את הפרש האנרגיה החופשית הראקטיבית. (6 נק)

ב. בתחילת התגובה יש 1 מול  $\text{CO}_2$ , 1 מול  $\text{H}_2$ , 0.5 מול  $\text{H}_2\text{O}$  ו-0 מול  $\text{CO}$ .

מהי דרגת התקדמות הראקציה בשיווי-משקל? (11 נק)

ג. בתנאים הנ"ל חשבו את השבר המולי של  $\text{H}_2$  בשיווי-משקל. (6 נק)

ד. כשהטמפרטורה עולה ל-1600 K, קבוע שיווי-המשקל משתנה ל- $K = 2.98$ . חשבו את חום הראקציה. (10 נק)

**בהצלחה!**