

מבחן בקורס תרמודינמיקה סטטיסטית (351.3209)

פרופ' חיים דימנט

יש לענות על שלוש שאלות מתוך הארבע.

מותר שימוש בכל חומר עזר כולל מחשבון.

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. גז מימן נמצא במגע תרמי עם אמבט חום בטמפרטורה של 1000 K . ניתן להניח שהגז אידיאלי.

תדירות הוויברציה של מולקולת H_2 היא $\omega = 4401\text{ cm}^{-1}$.

א. חשבו את ערכה של פונקציית החלוקה הקנונית הוויברציונית של מולקולת מימן בגז. (5 נק)

ב. מה השבר המולי של המולקולות הנמצאות במצב היסוד הוויברציוני? מה השבר המולי של

המולקולות הנמצאות במצב המעורר הראשון? (12 נק)

אנרגיית הקשר H-H היא 4.52 eV . כך שלמעשה, כל מצב וויברציוני בעל אנרגיה גבוהה מערך זה הוא

בלתי-רלוונטי, שכן המולקולה תתפרק.

ג. בהתחשב בנתון זה, חשבו בכמה משתנים השברים המוליים שחישבתם בסעיף ב'. (16 נק)

$$\text{עזר: } \sum_{n=0}^m q^n = \frac{1-q^{m+1}}{1-q}$$

2. גז אידיאלי מונואטומי קלאסי נמצא בכלי בעל ממדים $L_x \times L_y \times L_z$. אחת מדפנות הכלי מפעילה

פוטנציאל משיכה מהצורה: $V(x, y, z) = u_0(x - L_x)/\ell$, כאשר u_0, ℓ קבועים חיוביים. הגז מוחזק

בטמפרטורה T .

א. חשבו את פונקציית החלוקה הקנונית של הגז בהנחה שהכלי מכיל N אטומים. (11 נק)

ב. חשבו את פונקציית החלוקה הגרנד-קנונית של הגז בהנחה שהפוטנציאל הכימי שלו הוא μ .

(11 נק)

ג. חשבו את מספר האטומים הממוצע בכלי בהנחה שהפוטנציאל הכימי של הגז הוא μ . (11 נק)

3. נתון גז אידיאלי של בוזונים בעלי ספין 0 ומסה m .

א. כתבו ביטוי אינטגרלי מדויק עבור הפוטנציאל הגרנד-קנוני כפונקציה של הטמפרטורה, הנפח והפוטנציאל הכימי. (7 נק)

ב. כתבו ביטוי אינטגרלי מדויק עבור האנטרופיה כפונקציה של הטמפרטורה, הנפח והפוטנציאל הכימי. (7 נק)

ג. חשבו את האנטרופיה כפונקציה של הטמפרטורה והנפח, סמוך לנקודת ההתעבות. (7 נק)

ד. חשבו את האנטרופיה כפונקציה של הטמפרטורה ומספר החלקיקים, סמוך לנקודת ההתעבות. (7 נק)

ה. הסבירו במשפט כיצד תשתנה האנטרופיה של הגז אם מוסיפים חלקיקים אל מעבר לנקודת ההתעבות. (5 נק)

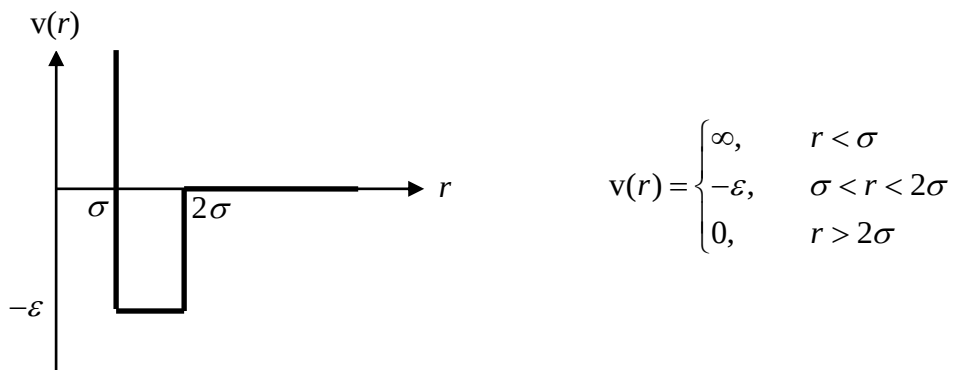
עזר: $\int_0^\infty dx \frac{x^{3/2}}{e^x - 1} = \frac{3}{4} \sqrt{\pi} \zeta(5/2) \approx 1.783$

$$\int_0^\infty dx \frac{x^{1/2}}{e^x - 1} = \frac{1}{2} \sqrt{\pi} \zeta(3/2) \approx 2.315 \quad - \int_0^\infty dx x^{1/2} \ln(1 - e^{-x}) = \frac{1}{2} \sqrt{\pi} \zeta(5/2) \approx 1.189$$

4. הפרמטרים של ון-דר-ואלס נמדדו עבור גז ארגון בטמפרטורה של 300 K:

$$b = 0.03201 \text{ L/mol}, a = 1.355 \text{ atm L}^2/\text{mol}^2$$

הניחו כי פוטנציאל האינטראקציה בין שני אטומי ארגון הוא מהצורה:



א. חשבו מספרית את המקדם הויריאלי השני של ארגון, ביחידות של $\text{\AA}^3$. כתבו בנפרד את תרומת הדחיה ותרומת המשיכה למקדם הויריאלי. (16 נק)

ב. חשבו את פרמטרי הפוטנציאל הבין-אטומי: σ ב- $\text{\AA}$, ו- ε ב-eV. (17 נק)

בהצלחה!