

מבחן בקורס תרמודינמיקה סטטיסטית (351.3209)

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. למולקולות טבעתיות מסוימות (למשל, trimethylene oxide) יש דרגת-חופש ויברציונית, x , שהאנרגיה הפוטנציאלית שלה מתכונתית לחזקה הרביעית של הקואורדינטה, $\varepsilon_{\text{pot}} = \alpha x^4$. נתונה

$$T = (k_B \beta)^{-1}$$

א. חשבו את האנרגיה הפוטנציאלית הממוצעת של הויברציה בגבול של טמפרטורות גבוהות. (15 נק)

$$\int_{-\infty}^{\infty} dy y^4 e^{-y^4} = \frac{1}{4} \int_{-\infty}^{\infty} dy e^{-y^4} \quad \text{עזרה:}$$

ב. חשבו את האנרגיה הקינטית הממוצעת של הויברציה בגבול של טמפרטורות גבוהות. (10 נק)

ג. חשבו את התרומה הכוללת של הויברציה לקיבול החום בגבול של טמפרטורות גבוהות. (8 נק)

2. נתון גז דו-ממדי של בוזונים חסרי ספין, בעלי מסה m , בנפח (שטח) A , טמפרטורה $T = (k_B \beta)^{-1}$ ופוטנציאל כימי μ .

א. חשבו את צפיפות המצבים (רמז: ראו ההערה בראש הטופס באשר לדברים שחושבו בעבר). (5 נק)

ב. חשבו במדויק את צפיפות החלקיקים הממוצעת, $N(T, A, \mu) / A$. (15 נק)

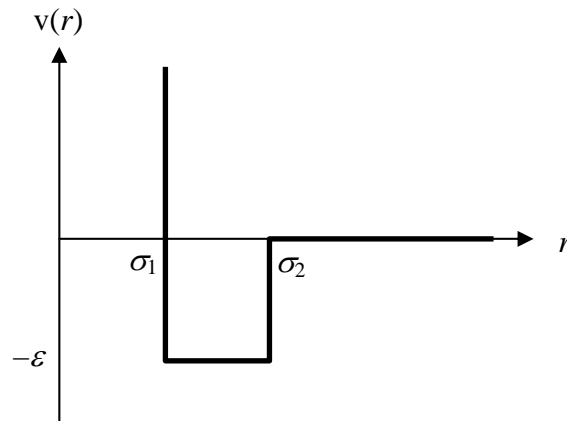
$$\int_0^{\infty} dx \frac{1}{\alpha e^x - 1} = \ln \left(\frac{\alpha}{\alpha - 1} \right) \quad \text{עזרה:}$$

ג. חשבו את הפוטנציאל הכימי כפונקציה של צפיפות החלקיקים, $\mu(T, N / A)$. (6 נק)

ד. מה ניתן להסיק מסעיפים ב' ו-ג' ביחס להתעבות בוזו-איינשטיין של גז זה? (7 נק)

3. נתון גז מונואטומי בעל N אטומים בנפח V ובטמפרטורה T . פוטנציאל האינטראקציה בין האטומים ניתן ע"י (ראו איור):

$$v(r) = \begin{cases} \infty, & r < \sigma_1 \\ -\varepsilon, & \sigma_1 < r < \sigma_2 \\ 0, & r > \sigma_2 \end{cases}$$



- א. חשבו את המקדם הויריאלי השני של הגז. (15 נק)
- ב. במסגרת פיתוח ויריאלי מסדר שני, חשבו את האנרגיה הפנימית של הגז. (10 נק)
- ג. במסגרת אותו קירוב, חשבו את הפלקטואציה הריבועית (השונות) של האנרגיה הפנימית. (8 נק)

4. נתון חלקיק בעל המצבים האפשריים הבאים: מצב יסוד באנרגיה 0, מצב מעורר ראשון באנרגיה ε_1 ושני מצבים מעוררים מנוונים באנרגיה ε_2 . החלקיק בנמצא במגע עם סביבה בטמפרטורה $T = (k_B \beta)^{-1}$.

- א. חשבו את האנרגיה החופשית של הלמהולץ. (10 נק)
- ב. חשבו את האנטרופיה. מצאו את האנטרופיה בגבול של טמפרטורות נמוכות ובגבול של טמפרטורות גבוהות. הסבירו. (13 נק)
- ג. חשבו את קיבול החום. (10 נק)

בהצלחה!