

תרמו 1
203-1-2161
מרצה: מיכאל גדלין
מתרגל: יואב זיגדון
מועד ב' 17/02/2022
משך המבחן 4 שעות
חומר עזר: דף נוסחאות מצורף

נא לכתוב במסודר ובכתב יד קריא.

מה צריך להיות בתשובה: (א) כל ההסברים הפיזיקליים ההכרחיים, (ב) כל הביטויים העיקריים, (ג) הסבר קצר לפעולות הנדרשות, (ד) כל הפעולות המתמטיות החשובות להבנה פיזיקלית של הנעשה, (ה) תשובה סופית.

מה לא צריך להיות בתשובה וחייב להישאר בטיוטה בלבד: (א) פיתוחים תאורטיים (למעט שאלה, (1) פעולות מתמטיות טכניות (העברת אגפים, פתרון משוואות, חישוב אינטרגלים וכו'), (ג) סיפורים שלא קשורים לשאלה, (ד) נוסחאות שלא קשורות לשאלה.

בפיתוחים תאורטיים אין לדלג על שלבים פיזיקליים (הנחות, קירובים, שיטות).

נא לשים X על הטיוטה

סך הכל 6 מטלות כדלקמן:

- 3 שאלות פיתוח תאורטי קצרות + יישום מידי, 6 נק' עבור כל שאלה, 18 נק' ביחד.
- 4 שאלות הבנה, 5 נק' עבור כל שאלה, 20 נק' ביחד.
- שתי שאלות בתרמודינמיקה, 18 נק' כל אחת.
- שתי שאלות במכניקה סטטיסטית, 18 נק' כל אחת.
- על כל תשובה מלאה ליותר משלוש מטלות תינתן 1 נק' בנוסף.
- לפיכך, ניתן להגיע למקסימום של 113 נק'.

בהצלחה !

1

- (א) פתחו את משוואת הדו-קיום של שני מצבי צבירה של חומר טהור (קלאזיוס קלפרון).
 (ב) פתחו את תנאי היציבות של פוטנציאל גיבס והוכיחו כי קיבול החום בלחץ קבוע חיובי.
 (ג) פתחו ספקטרום פלאנק. מהי האנרגיה הכי מסתברת של פוטון?

2

- (א) נתונים שני תאים, 1 ו-2. נתון $n_{K^+}^{(1)} > n_{K^+}^{(2)}$ ו- $n_{Na^+}^{(1)} < n_{Na^+}^{(2)}$. איזה פוטנציאל יותר גדול, $\phi^{(1)}$ או $\phi^{(2)}$?
 (ב) מולקולות של חומר A עוברות באופן קוויסטטי מתא 1 לתא 2. בשני התאים יכולים להיות מולקולות מסוגים אחרים אבל הן לא יכולות לעבור מתא לתא. שני התאים נמצאים באותה טמפרטורה. מה ניתן לומר על היחס של פוטנציאלים כימיים $\mu_1^{(A)}/\mu_2^{(A)}$ ועל היחס של הריכוזים $n_1^{(A)}/n_2^{(A)}$?
 (ג) האם פלאקטואציות האנרגיה במכלול גרנד-קנוני גדולות או קטנות מפלאקטואציות האנרגיה במכלול קנוני באותה טמפרטורה? נמקו.
 (ד) מה התלות של לחץ גז הפרמיונים המנוון דו-ממדי בריכוז של הגז?

3

- נתונים שני גופים זהים עם קיבול החום בלחץ קבוע C_P כל אחד ובטמפרטורות שונות, T_1 ו- T_2 . הגופים אינם מתפשטים. ניתן להביא אותם לשיווי משקל תרמי הדדי בשתי דרכים: (א) מעבר חום ישיר בין הגופים, (לא מעורבות של מערכות אחרות, וב) באמצעות מנוע קרנו אשר בהדרגה מעביר אנרגיה מגוף אחד לשני, עד שההעברה איננה אפשרית. מה הוא יחס הטמפרטורות שמתקבלות בשני המקרים? נא לציין באיזו דרך ניתן להשיג טמפרטורה נמוכה יותר.

4

- ישנם n מולים של חומר טהור שיכול ממצב צבירה A למצב צבירה B בטמפרטורה קבועה T ולחץ קבוע p . בהתחלה כל החומר נמצא במצב A. כדי להעבירו למצב B מתחילים להוסיף חום למערכת ולאחר מכן מבודדים את המערכת תרמית. מה היחס n_B/n_A בסוף התהליך אם הפרש האנתלפיות המולריות הוא h והחום שהועבר למערכת הוא Q ?

5

- גז קלסי אידאלי מוחזק בקופסה עם נפח V קבוע. ישנם N_0 אתרי סיפוח בקירות של הקופסה. כל אתר יכול לספח לא יותר משני חלקיקים, כאשר לכל חלקיק אנרגיה ε , $\varepsilon < 0$. המספר הכולל של החלקיקים N קבוע ו- $N > 2N_0$. רשמו את משוואת המצב כמשוואה שבה הנעלם הוא $\xi = e^{\beta\mu}$ וגם את המספר הממוצע של חלקיקים מסופחים.

6

- גז חלקיקי בוחה שבו לכל חלקיק אנרגיה קינטית $\varepsilon = p^2/2m$ בלבד נמצא בטמפרטורה נמוכה, מתחת לטמפרטורת העיבוי. מצאו את התלות של קיבול החום הסגולי (לחלקיק אחד) בטמפרטורה. רמז: הפוטנציאל הכימי במצב זה $\mu = 0$. למה?

א. לא ניתן להסיק מסקנות. לפי הנתונים, לא יכול להיות ששני היונים נמצאים שיווי משקל תרמי דיפוזיוני.

ב. בשיווי משקל מסוג זה פוטנציאלים כימיים שווים. לא ניתן לדעת מהו יחס הריכוזים ללא פרטים נוספים.

ג. בגרנד קנוני שונות האנרגיה נובעת גם בגלל שמספר החלקיקים אינו קבוע.

ד. תלות לחץ זה נובעת מ

$$n \sim \int_0^{p_F} p dp \sim p_F^2 \quad (1)$$

$$P \sim \int_0^{p_F} p^2 p dp \sim p_F^4 \sim n^2 \quad (2)$$

ראו 3

4.14. Problem notes, Lecture

4

$$\Delta H = n_B h = Q \quad (3)$$

$$n_B = \frac{Q}{h} \quad (4)$$

$$n_A = n - n_B \quad (5)$$

$$\frac{n_B}{n_A} = \frac{Q}{nh - Q} \quad (6)$$

ראו 5

10.14 Problem notes, Lecture

6 לחלקיקים במצב המעובה כולם אנרגיה אפס. מצב זה הוא כמו מאגר ומעבר חלקיקים בינו לבין חלקיקים עם אנרגיות חיוביות חופשי ולא דורש אנרגיה. מספר החלקיקים במצב רגיל נקבע ע"י טמפרטורה בלבד, כמו לפוטונים. לכן פוטנציאל כימי מתאפס.

$$U = \frac{V}{h^3} \int_0^\infty \left(\frac{p^2}{2m} \right) \frac{4\pi p^2 dp}{e^{\frac{p^2}{2mT}} - 1} \quad (7)$$

$$U = AT^{5/2}, \quad A = \text{const} \quad (8)$$

$$C = \frac{dU}{dT} = AT^{3/2} \quad (9)$$

ראו את התרגול

File Condensation Bose-Einstein Solids, Debye