

תרמו 1
203-1-2161
מרצה: מיכאל גדלין
מתרגל: יואב זיגדון
מועד א' 27/01/2022
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 ב) 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) הוכיחו שבתנאים מסוימים פוטנציאל גיבס חייב להיות במינימום. יש לציין את התנאים. מכאן רשמו תנאי שיווי משקל לתגובה כימית $\text{CO}_2 + \text{H}_2 \longleftrightarrow \text{CO} + \text{H}_2\text{O}$
- (ב) הוכיחו שלמחזור קרנו היעילות הגבוהה האפשרית ומצאו אותה.
- (ג) פתחו ביטוי להסתברות מצב מיקרוסקופי של מערכת במכלול גרנד-קנוני. אם $E_a = \varepsilon N_a$ מה ההסתברות של המצב שבו אין חלקיקים?

2

- (א) נניח שגם אשלגן K^+ וגם נתרן Na^+ יכולים לעבור באופן חופשי דרך קרום התא פנימה והחוצה. בשיווי משקל תרמי מה יותר גדול: יחס הריכוזים של אשלגן או יחס הריכוזים של נתרן?
- (ב) האם תוספת מלח לקרח מעלה את טמפרטורת ההתכה או מורידה (באותו לחץ)? נמקו.
- (ג) מערכת נמצאת בשיווי משקל תרמי עם מאגר חום בטמפרטורה קבועה. גודל המערכת ומספר החלקיקים בה נשארים קבועים. האם יכול להיות שההסתברות למצוא את המערכת באנרגיה ε מסוימת $P(\varepsilon)$ גדלה עם האנרגיה, $dP/d\varepsilon > 0$?
- (ד) מה התלות של מספר הפוטונים בטמפרטורה בקרינת גוף שחור?

3

- שתי מסות m זהות של מים בטמפרטורות T_1 ו- T_2 , בהתאמה, מעורבות בתנאי לחץ קבוע וללא מעבר חום עם הסביבה. קיבול החום ליחידת מסה של מים בלחץ קבוע הוא c_p . מהו שינוי האנטרופיה של היקום בעקבות ערבוב זה?

4

האנטרופיה המולרית של גז נתונה ע"י הביטוי

$$s = \ln \left[cv \left(u + \frac{a}{v} \right)^{3/2} \right] + \frac{5}{2}$$

- כאשר v הוא הנפח המולרי, u היא האנרגיה המולרית, ו $a > 0$, $c > 0$ הם קבועים. בתהליך השינוק גז מתפשט מתא עם לחץ גבוה לתא עם לחץ נמוך. האם הגז מתקרר או מתחמם?

5

- גז מורכב מחלקיקים קלסיים שאין ביניהם אינטראקציה. האנרגיה של חלקיק היא $\varepsilon = a|p|^s$ כאשר $|p|$ הוא גודל התנע ו a ו- s הם קבועים חיוביים. הראו שמשוואת המצב היא $PV = \sigma U$ כאשר σ הוא קבוע חיובי. מצאו את σ .

6

- גז חלקיקי פרמי עם מומנט מגנטי נמצא בטמפרטורה $T = 0$ בשדה מגנטי חיצוני. מומנט מגנטי יכול להיות מכוון בכיוון של שדה מגנטי או נגדו בלבד, אנרגיית החלקיק היא

$$\varepsilon_{\pm} = \frac{p^2}{2m} \pm MB$$

- מצאו את התיקון לאנרגיית פרמי (פוטנציאל כימי) ε_F כפונקציה של הריכוז n והשדה המגנטי B בתנאי $MB \ll \varepsilon_F$

3.
 Problem 4-13.
 4.

$$\frac{1}{T} = \left(\frac{\partial s}{\partial u} \right)_v = \frac{3}{2(u + a/v)} \quad (1)$$

$$u = \frac{3}{2}T - \frac{a}{v} \quad (2)$$

$$\frac{P}{T} = \left(\frac{\partial s}{\partial v} \right)_u = \frac{1}{v} - \frac{3a}{2v^2(u + a/v)} \quad (3)$$

$$P = \frac{T}{v} - \frac{a}{v^2} \quad (4)$$

$$h = u + Pv = \frac{5}{2}T - \frac{2a}{v} \quad (5)$$

$$T = \frac{2}{5}h + \frac{4a}{5v} \quad (6)$$

$$\left(\frac{\partial T}{\partial v} \right)_h < 0 \quad (7)$$

$$P = \frac{2h}{5v} - \frac{a}{5v^2} \quad (8)$$

$$\left(\frac{\partial P}{\partial v} \right)_h = -\frac{2h}{5v^2} + \frac{2a}{5v^3} = \frac{2a}{5v^3} \left[3 - \frac{5v}{2a}T \right] \quad (9)$$

If

$$\left(\frac{\partial P}{\partial v} \right)_h < 0 \rightarrow \frac{5v}{2a}T > 3 \quad (10)$$

that means that when pressure decreases the volume increases and the gas cools.

5.
 Problem 9-26.
 6.

$$n = \frac{4\pi}{3h^3}(p_{+,max}^3 + p_{-,max}^3) \quad (11)$$

$$\varepsilon_F = \frac{p_{+,max}^2}{2m} - MB = \frac{p_{-,max}^2}{2m} + MB \quad (12)$$

$$n = \frac{4\pi}{3h^3}(2m)^{3/2} [(\varepsilon_F + MB)^{3/2} + (\varepsilon_F - MB)^{3/2}] \quad (13)$$

$$n \approx \frac{8\pi}{3h^3}(2m)^{3/2}\varepsilon_F^{3/2} \left(1 + \frac{3}{8} \frac{(MB)^2}{\varepsilon_F^2} \right) \quad (14)$$