

פיזיקה תרמית - שבוע 2, הרצאה 3

25 באוקטובר 2020

0.1 עוד הגדרות

0.1.1 משתנים אקסטנסיביים

משתנים אשר גודלם יחסי לגודל המערכת. נוח לחשוב על חיבור של 2 מערכות זהות, כעת נבחן תכונה מסוימת ונראה האם היא משתנה או לא.
למשל אנרגיה $E \rightarrow 2E$, נפח $V \rightarrow 2V$, מס' חלקיקים

0.1.2 משתנים אינטנסיביים

משתנים אשר גודלם אינם גדלים באופן יחסי לגודל המערכת.
למשל טמפרטורה $T \rightarrow T$, לחץ P , צפיפות $n = \frac{N}{V}$, פוטנציאל כימי μ .
ניתן לקחת משתנה אקסטנסיבי ולחלק במס' החלקיקים ונקבל משתנה אינטנסיבי.

0.1.3 משתני מצב

כל הנ"ל הם משתנים מצב, משתנים שערכם תלוי אך ורק במצב שיווי המשקל ולא בתהליך או המסלול הספציפי שהוביל למצב שיווי המשקל.
דוגמא ללא משתנה מצב: המהירות של החלקיק ה-105.

0.1.4 תהליך קווי-סטטי

תהליך שמבוצע בקצב איטי מספיק ("אינפיניטסימלי"), כך שלאורך המסלול המע' מספיקה להגיע לשיווי משקל בכל נקודה.

$$T_{\text{תהליך}} \ll T_{\text{רקסציה}}$$

מחוץ לשיווי משקל \Leftarrow המערכת אינה "הומוגנית", P, T, \dots לא יהיו אחידים במרחב.
נרצה להיות בתהליך איטי מספיק כך שמהמערכת בכל רגע נמצאת במצב שיווי משקל. נוכל להגדיר את טמפ' ולחץ אחידים בכל המיכל.

0.1.5 תהליך רוורסבלי

תהליך קווי-סטטי אשר ניתן לבצע את סדר הפעולות בסדר ההפוך ולהגיע למצב המקורי של הסביבה והמערכת. תהליך ללא דיסיפציה (איבוד אנרגיה מהמערכת, ע"י חיכוך). "בוכנה משומנת" שדוחסת את המערכת לאט, בה אין איבוד אנרגיה בדחיסה/שחרור.

מעטה נניח שהתליכים קווי-סטטים וברסביליים.

כעת, ננסה להבין כיצד משתני המצב משתנים לאורך המסלול התרמו דינמי.

נבחן כיצד הנפח $V(P, T)$ משתנה בשינוי קטן ב P, T .

נניח $V(P)$ (לא נכון!), אז $dV = \frac{dV}{dP} \cdot dP$. אבל זה כמובן לא נכון ונגזור לפי כל המשתנים.

$$dV = \left(\frac{\partial V}{\partial T} \right)_P dT + \left(\frac{\partial V}{\partial P} \right)_T dP$$

פונקציות היגב - בשינוי משתנה אחד, כמה השאר ישתנה.

0.1.6 מקדם ההתפשטות התרמית

$$\beta(T, P) = \frac{1}{V} \left(\frac{\partial V}{\partial T} \right)_P$$

(נחלק ב V כדי לקבל גודל אינטנסיבי). לא תמיד חיובי, מים מתחת ל 4° .

0.1.7 קומפרסביליות איזותרמית

$$-\kappa(T, P) = \frac{1}{V} \left(\frac{\partial V}{\partial P} \right)_T$$

המינוס שם כדי שנקבל גודל חיובי.

כלומר

$$dV = \beta(T, P) V dT - \kappa(T, P) V dP$$

עבור גז אידאלי

$$\beta = \frac{1}{V} \frac{N_{kB}}{P} = \frac{1}{T}$$

$$\kappa = \frac{1}{V} \frac{N_{kB} T}{P^2} = \frac{1}{P}$$

$$dV = \frac{V}{P} dT - \frac{V}{T} dP$$

הדרך הפשוטה ביותר לשנות את האנרגיה של המערכת היא באמצעות עבודה.

$$W = F \cdot \Delta x \Leftarrow$$

נרצה לכתוב את העבודה כפונקציה של הלחץ בגז.

$$W = \underbrace{P \cdot A}_F \cdot \Delta x = -P \Delta V$$

אם $\Delta V < 0$, העבודה חיובית (מקטינים את הנפח), ולהפך.

$P(V)$ לאורך המסלול, העבודה היא השטח מתחת לגרף (אקא אינטגרל)

$$W = - \int_{V_i}^{V_f} P(V) dV$$

הערות:

1. עבודה היא אינה פונ' מצב. זהו הגדול הראשון שאני טריוויאלי שאנו פוגשות שהוא לא פונקציה מצב. תלויה באופן ישיר לתהליך התרמודינמי. מתארת שינוי אנרגטי במהלך התהליך.
2. העבודה היא תלוית מסלול באופן הכללי. ידע על נק' הקיצון לא מעדי על כמה עבודה נעשתה. נכון גם ברישום אינפיניטסימלי. (כי זה לא דיפרנציאל שלם). נתאר שינוי עבודה קטן ע"י δW
3. הרישום $W = - \int P dV$ דורש תהליך רוורסבילי, כי צריך לדעת את הלחץ על הדפנות בכל שלב בשביל החישוב הזה.

0.2 החוק הראשון של התרמודינמיקה

החוק הראשון הוא חוק שימור אנרגיה, והוא מבדיל בין שני מקורות לשינוי אנרגיה: עבודה וחום. δ אינו דיפרנציאל שלם.

$$du = \delta W + \delta Q$$

בכדי לקבל תחושה של ההבדל בין עבודה וחום, נבחן מקרי קצה - תהליך שבו כל שינוי האנרגיה מגיע מעבודה:

0.2.1 תהליך אדיאטרי

= מבודד תרמית, אין מעבר אנרגיה בין המע' לבין הסביבה. כל השינוי יהיה של העבודה, והיא כן תהיה דיפרנציאל שלם כי היא שווה לדיפרנציאל שלם של האנרגיה.

$$\Delta u_{adi} = \Delta W = u_f - u_i$$

מע' שאינה מבודדת תרמית תהיה תלויה מסלול, לכן יש אינסוף אפשרויות לעבודה עבור מסלולים שונים. החום מייצג את שינוי האנרגיה שנובע מהפרש הטמפ' בין הסביבה למערכת. תהליך ספונטני. ובהתאם לחוק השני, שינוי זה הוגדר כ"שארית" = שינוי האנרגים שאינו נובע מעבודה.

$$\delta Q = \Delta u - \delta W$$

הערות

1. חום חיובי אומר שנכנסה אנרגיה למע', ולהפך.
2. חום אינו משתנה מצב. תיאור של שינוי אנרגיה במהלך תהליך תרמודינמי.
3. חום אינו דיפרנציאל שלם. תלוי מסלול
4. חום מייצג מעבר אנרגיה ספונטני. נובע מתהליכים אקראיים, אין לו "סוכן" מכוון. העבודה היא תהליך מכוון. לא ניתן לשלוט על כיוון הזרימה של האנרגיה.