Institutionen för tillämpad fysik
Göran Wahnström

Dugga2 i Termodynamik och statistisk fysik, F3

Torsdagen den 26:e november 1998, 8.00-9.45

Namn:

Personnummer:

CTH-kod:

Om du behöver mer plats, skriv på baksidorna.

1. En gas pressas genom en strypventil varvid trycket sjunker från P_1 till P_2 (se figuren). Om värmeförluster till omgivningen kan försummas vilken relation erhålls då från första huvudsatsen för denna process.

2. Vad är det maximala arbetet som kan erhållas då temperaturen för en kropp med värmekapaciteten C_v sänks, vid konstant volym, från T till omgivningens temperatur T_0?

3. Figuren visar principen för ett kylskåp som arbetar mellan två värmereservoarer med de två konstanta temperaturerna T_1 respektive T_2. Bestäm kylskåpets verkningskoefficient β, ($\beta \equiv q_2/w$) som funktion av T_1 och T_2 om alla processer är reversibla (kvasistatiska).

4. En gas, som får behandlas som en idealgas med konstant värmekapacitet, C_p respektive C_V, expanderar genom en dysa. Dysan får antas vara värmeisolerad gentemot omgivningen. Vid inloppet har gasen trycket P_i, temperaturen T_i samt hastigheten V_i. Trycket och temperaturen vid utloppet är P_e respektive T_e. Härled ett uttryck på hastigheten V_e vid utloppet. Uttrycket får innehålla någon eller några av följande storheter; C_p, C_V, P_i, T_i, V_i, P_e samt T_e.

5. För en väteatom gäller att energi-egenvärdena ges av uttrycket

$$E_n = -R\frac{1}{n^2} \; ; \quad n = 1, 2, \ldots$$

där R är en konstant med enhet energi. Förutom huvudkvanttalet n karakteriseras det kvantmekaniska tillståndet av ett l-kvanttal ($l = 0, 1, \ldots, n-1$) och ett m_l-kvanttal ($m_l = -l, \ldots, l-1, l$). Dessutom kan elektronen i väteatomen befinna sig i två olika tillstånd med avseende på spinnet, $m_s = \pm\frac{1}{2}$. Teckna förhållandet mellan besättningen av det första exciterade energinivån och grundnivån vid temperaturen T.

6. För ett fast ämne i den harmoniska approximationen gäller att totala energin kan skrivas som

$$E = \sum_{i=1}^{3N} (\frac{p_i^2}{2m} + \frac{\kappa_i}{2} q_i^2)$$

där N är antalet partiklar. Utnyttja likafördelningslagen och bestäm ett uttryck för värmekapaciteten C_v *per partikel* vid höga temperaturer.

7. Antalet tillgängliga tillstånd för en klassisk idealgas kan skrivas på formen

$$\Omega(E, V, N) = \frac{1}{N!} \int \frac{dq_1 \ldots dp_{3N}}{h^{3N}} \{\theta[E + \delta E - \mathcal{E}] - \theta[E - \mathcal{E}]\}$$

där $\theta[x]$ betecknar Heavisides stegfunktion och $\mathcal{E} = \mathcal{E}(p_1, \ldots, p_{3N})$. Varför har man delat med faktorn N! ?

8. Om man vill bestämma absolutvärden på entropin experimentellt för ett ämne måste man bl.a. bestämma ämnets värmekapacitet C_p från T=0 K. Det är svårt att nå absoluta nollpunkten. Hur skulle du gå tillväga om du ville bestämma entropiändringen mellan T=0 K och T=2 K om du bara hade experimentella värden för C_p för temperaturer T>2 K?

9. För en roterande tvåatomig molekyl gäller att energinivåerna samt degenerationsgraden ges av

$$\epsilon_j = \frac{\hbar^2}{2I} j(j+1) \; ; \quad j = 0, 1, 2, \ldots$$

respektive

$$g_j = 2j + 1$$

Teckna tillståndssumman samt beräkna den i den klassiska gränsen! Om molekylerna är identiska (t.ex. O_2) måste tillståndssumman modifieras. Hur?

10. Rita upp ett schematiskt $P - T$ diagram som visar läget av de tre olika faserna; fast fas, vätska samt gas. Ange också läget av den kritiska punkten samt trippelpunkten.

11. Om trycket ökar sjunker smälttemperaturen för is. De flesta andra ämnen uppför sig tvärtom, vid ökande tryck så ökar också smälttemperaturen. Varför avviker vatten/is från det normala uppförandet?

12. Clausius-Clapeyrons ekvation

$$\frac{dP}{dT} = \frac{\Delta s}{\Delta v}$$

anger lutningen av koexistenskurvan mellan två olika faser. Härled med hjälp av denna ekvation följande uttryck på ångtrycket ovanför en vätskeyta

$$P = P_0 \exp\left(-l/RT\right)$$

där l är förångningsvärmet och får antas vara temperaturoberoende. Ångan, vars specifika volym är mycket större än vätskans, får behandlas som en idealgas och P_0 är en konstant.