NTNU

Institutt for fysikk

Faglig kontakt under eksamen:
Professor Johan S. Høye
Telefon: 91839082

Eksamen i TFY4165 Termisk Fysikk

Onsdag 13. august 2008
09:00–13:00

Tillatte hjelpemidler: Alternativ **C**
Typegodkjent kalkulator.
Rottman: *Matematisk formelsamling*

Sensurfrist: 1. september
(Hver av oppgavene 1, 2 og 3 teller like mye.)

Dette oppgavesettet er på 4 sider.

Oppgave 1

a) Utled den termodynamiske likningen

$$\left(\frac{\partial U}{\partial V}\right)_T = T\left(\frac{\partial p}{\partial T}\right)_V - p.$$

[Hint: Benytt den termodynamiske identitet og at dS for entropien er et totalt differensial.]

b) Et mol av en gass følger Van der Waals tilstandslikning

$$p = \frac{RT}{V-b} - \frac{a}{V^2}$$

der a og b er konstanter. Den spesifikke varme C_V er konstant uavhengig av temperaturen T og volumet V. Bestem uttrykket for indre energi U, og vis at det blir

$$U = C_V T - \frac{a}{V}.$$

Finn også uttrykket for entropien S når $S = S_0$ ved $T = T_0$ og $V = V_0$?

Oppgitt: $TdS = dU + p\,dV.$

Oppgave 2

a) Utled Maxwellrelasjonen

$$\left(\frac{\partial V}{\partial T}\right)_p = -\left(\frac{\partial S}{\partial p}\right)_T,$$

og vis deretter at

$$\left(\frac{\partial H}{\partial p}\right)_T = V - T\left(\frac{\partial V}{\partial T}\right)_p.$$

[Hint: Etabler først uttrykket for differensialet dG der G er Gibbs fri energi.]

b) Vis at Joule-Thompson koeffisienten kan uttrykkes som

$$\mu_{JT} = \left(\frac{\partial T}{\partial P}\right)_H = \frac{1}{C_p}\left[T\left(\frac{\partial V}{\partial T}\right)_p - V\right].$$

c) For lave tettheter eller store volum V er tilstandslikningen for et mol av en ikke-ideell gass gitt ved

$$p = \frac{RT}{V} + \frac{B(T)}{V^2}$$

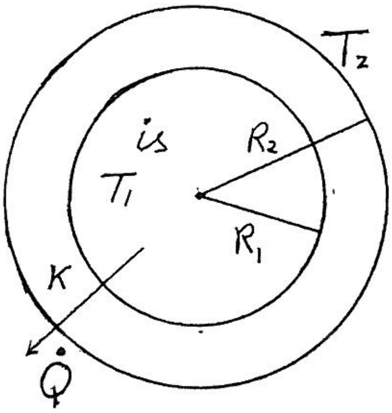
der $B(T)$ er en funksjon av T alene (dvs. uavhengig av V). Beregn Joule-Thompson koeffisienten $\mu_{JT} = \mu_{JT}(T, V)$ for denne gassen når C_p anses gitt, og la $V \to \infty$ i svaret.

Oppgitt: $H = U + pV$, $G = U - TS + pV$,

$$\left(\frac{\partial x}{\partial y}\right)_z \left(\frac{\partial z}{\partial x}\right)_y \left(\frac{\partial y}{\partial z}\right)_x = -1.$$

Oppgave 3

a)



Betrakt varmeledning gjennom et kuleskall. Vis ved innsetting at

$$T = T(r) = \frac{A}{r} + B$$

der r er avstanden fra origo er løsning av varmeledningslikningen for stasjonære forhold

$$\nabla^2 T = 0.$$

Bestem koeffisientene A og B når temperaturen er $T = T_1$ ved $r = R_1$ og $T = T_2$ ved $r = R_2$.

Den totale varmestrømmen gjennom overflata på kula er proporsjonal med temperaturforskjellen og kan skrives på formen

$$\dot{Q} = D(T_1 - T_2).$$

Bestem den totale varmestrømmmen $\dot{Q}$ og med det koeffisienten D når varmeledningsevnen er κ?

b) Betrakt ei hul kule med indre radius $R_1 = 10\,\text{cm}$ og ytre radius $R_2 = 15\,\text{cm}$. Mellom radiene R_1 og R_2 består kula av et isolerende materiale slik at koeffisienten D funnet under punkt a) får verdien $D = 0{,}18\,\text{W/K}$. Hva er varmeledningsevnen κ til det isolerende materialet?

Hulrommet innenfor radien R_1 er i utgangspunktet helt fylt med is på smeltepunktet $T_1 = 0^o\text{C}$. Ved ytterradien R_2 er temperaturen $T_2 = 20^o\,\text{C}$. Hvor lang tid t tar det før all isen har smeltet når smeltevarmen eller latent varme for is er $L = 333\,\text{kJ/kg}$ og egenvekten til is er $0{,}92\,\text{kg/dm}^3$?

c) Betrakt nå ei tilsvarende kule der begge radiene er endret med faktoren $\alpha = 1{,}2$. (Dette betyr at radiene er endret til henholdvis $12\,\text{cm}$ og $18\,\text{cm}$.) Denne nye kula er også i utgangspunktet helt fylt med is der T_1 og T_2 er de samme som tidligere. Videre er det samme type isolasjonsmateriale som tidligere mellom de nye verdiene på de to radiene. Hvor lang tid t_α vil det nå ta før all isen har smeltet? [Hint: Benytt sammenheng mellom tid og avstand ved varmeledning.]

Oppgitt: $\nabla^2 = \dfrac{\partial^2}{\partial r^2} + \dfrac{2}{r}\dfrac{\partial}{\partial r}$ (med kulesymmetri), $\mathbf{j} = -\kappa \nabla T$.