

UNIVERSITETET I TRONDHEIM
NORGES TEKNISKE HØGSKOLE
INSTITUTT FOR FYSIKK

Faglig kontakt under eksamen:
Professor J.S.Høye
Tlf. 3654

EKSAMEN I FAG 74305 TERMISK FYSIKK
Onsdag 31.august 1994
kl.0900–1500

Tillatte hjelpemidler: Rottmann: *Mathematische Formelsammlung*
Barnett and Cronin: *Mathematical Formulae*
Godkjent kalkulator.

Oppgave 1

- a) Utled den termodynamiske tilstandslikning

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

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

- b) Et mol 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 den 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 $V = V_0$?

- c) Generelt kan differensen mellom de spesifikke varmer uttrykkes som

$$C_p - C_V = T \left(\frac{\partial p}{\partial T}\right)_V \left(\frac{\partial V}{\partial T}\right)_p .$$

Beregn denne differensen for Van der Waals gassen.

- d) Van der Waals gassen presses nå gjennom en porøs plugg (Joule–Thomson effekten). I utgangspunktet er da volumet $V_0 = 5b$ mens temperaturen er $T_0 = \frac{1}{2} \frac{a}{Rb}$. Hva blir sluttemperaturen $T = T_s$ etter gjennomgang gjennom pluggen når sluttvolumet kan regnes som uendelig stort og $C_V = \frac{3}{2} R$?

Oppgave 2

- a) Utled Clausius–Clapeyrons likning som er et uttrykk for dp/dT ved faselikevekt i et enkomponentsystem.
- b) Fotoner kan betraktes som partikler som fordamper ut fra veggene i et hulrom når hulrommets volum øker ved en gitt temperatur. Hva blir fordampningsvarmen (tilført energi) L ut fra en slik betraktningssmåte for å fylle et hulrom med volum V med fotoner når energitettheten (for indre energi) i dette hulrommet er u , og strålingstrykket er p ? [Anta at volum og indre energi for (tenkte) fotoner før fordampning begge er lik 0.]
Benytt deretter Clausius–Clapeyrons likning til å bestemme temperaturavhengigheten til strålingstrykket $p = p(T)$ når sammenhengen $p = \frac{1}{3}u$ er gitt.
Oppgitt: $G = U - TS + pV$.

Oppgave 3

En mengde vann med masse $m = 0,1\text{g}$ ligger på bunnen av et åpent reagensrør med lengde $L = 10\text{ cm}$ og tverrsnitt $A = 1\text{ cm}^2$. Røret befinner seg videre i en glassklokke med tørremiddel slik at all vanndamp som kommer ut i klokken blir umiddelbart absorbert. Temperaturen er ca. romtemperatur slik at vanndamptrykket ved vannet i bunnen av røret er $p = 20\text{ mm Hg}$ ($1\text{ atm} = 760\text{ mm Hg}$). Etter hvert som vannet fordamper vil det diffundere ut av reagensrøret. Det antas at luften i reagensrøret ligger helt i ro slik at all transport av vanndamp foregår ved diffusjon. Diffusjonskonstanten for vanndamp som har molekylvekt 18 antas å være omtrent som for luft, dvs. $D = 2 \cdot 10^{-5}\text{ m}^2/\text{s}$. Hvor lang tid tar det før alt vannet er fordampet under denne forutsetningen?

[Hint: Anta stasjonære forhold og etabler først sammenhengen mellom diffusjonsstrømmen av vanndamp-partikler og tetthetsgradienten av disse i røret. Se bort fra ende-effekter i røret slik at tetthetsgradienten blir konstant.]

Oppgitt: Gasskonstanten $R = 8,314\text{ J/K}$.

Oppgave 4

Hva er hastighetsfordelingen for partikler med masse m i termisk likevekt ved temperaturen T når en ser bort fra normeringskonstanten?

Partikler av en fortynnet gass som slipper ut av et lite hull i en beholder har en midlere kinetisk energi $E = 2kT$. Vis dette.